

الصيانة الهندسية

Engineering Maintenance

الصف الثاني عشر • كتاب الطالب • الفصل الدراسي الثاني



الصيانة الهندسية

Engineering Maintenance

الصف الثاني عشر • كتاب الطالب • الفصل الدراسي الثاني



الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ - ٢٠٢٦ م



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه الله ورعاه-



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيب الله ثراه-

(المحافظات والولايات)





النَّشِيدُ الْوَطَنِيُّ

يَا رَبَّنَا احْفَظْ لَنَا
وَالشَّعْبَ فِي الْأَوْطَانِ
وَلْيَدُمُ مُؤَيَّدًا
جَلَالَةَ السُّلْطَانِ
بِالْعِزِّ وَالْأَمَانِ
عَاهِلًا مُمَجَّدًا

بِالنُّفُوسِ يُفْتَدَى

يَا عُمَانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبِيِّ
فَارْتَقِي هَامَ السَّمَاءِ
أَوْفِيَاءُ مِنْ كِرَامِ الْعَرَبِ
وَأَمْلِي الْكُونَ الضِّيَاءِ

وَأَسْعِدِي وَأَنْعَمِي بِالرِّخَاءِ

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. وتحتوي الوحدات المضمنة في هذا الكتاب على المحتوى المعرف 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).



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 500 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 هيكل 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.

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 بالمرجعات التعليمية للالتحاق بسوق العمل ومؤسسات التعليم العالي، وتطبيقاً 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 تهيئهم 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 ممثلاً بالجمعية العمانية للطاقة (أوبال) بصفتها شريكاً استراتيجياً 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) استناداً 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 متوافقاً مع خصوصية البيئة العمانية والهوية الثقافية للمجتمع العماني، إذ يعدّ مصدراً معرفياً ومهارياً خصباً متضمناً تطبيقاتاً 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

1..... تقديم

الوحدة الأولى

المكونات والأنظمة الميكانيكية

5..... (Mechanical Components and Systems)

الوحدة الثانية

الاختبارات الميكانيكية وتشخيص الأعطال

49..... (Mechanical Testing and Fault Diagnosis)

الوحدة الثالثة

مقدمة في الإلكترونيات

81..... (Introduction to Electronics)

الوحدة الرابعة

فحص وتقييم أجهزة القياس وأنظمة التحكم في العمليات

Inspecting and Assessing Measuring

135..... (Instrumentation and Control Equipment)

الوحدة الخامسة

أساسيات أجهزة القياس

181..... (Fundamentals of Measurement Instruments)

الوحدة الأولى

المكونات والأنظمة الميكانيكية

Mechanical Components and Systems



محتويات الوحدة الأولى

الدرس الأول

8.....المكونات الميكانيكية (Mechanical Components)

الدرس الثاني

20.....المضخات (Pumps)

الدرس الثالث

28.....الصمامات (Valves)

الدرس الرابع

42.....ضواغط الهواء (Air Compressors)

48.....أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يعدد أنواع المكونات الميكانيكية.
- يميز بين أنواع المكونات الميكانيكية ووظائف كل منها.
- يحدد أنواع الوصلات الميكانيكية.
- يصنّف أنواع المضخات.
- يحدد المكونات الرئيسية للمضخات.
- يوضح أهمية الصمامات في الأنظمة الميكانيكية.
- يذكر المكونات الرئيسية للصمام.
- يصنف الصمامات حسب الوظيفة.
- يفسر المخططات الصناعية التي تحتوي على رموز الصمامات والمضخات.
- يحدد الأنواع المختلفة لضواغط الهواء.
- يطبق أعمال الصيانة الوقائية على المضخات، والصمامات، والضواغط.

ملخص الوحدة

صممت هذه الوحدة لتمكين الطلبة من تعرّف المكونات الميكانيكية ودورها في تصميم الأنظمة الصناعية وتشغيلها، وتعرّف الوصلات والمحمل والحشيات، وتمكنهم من فهم طريقة عمل المضخات والصمامات وضواغط الهواء، وأنواعها، وتصنيفها حسب دورها في الأنظمة الميكانيكية، بالإضافة إلى استعراض الأعطال المحتملة وطرق معالجتها، وتدريبهم على استخدامها باتباع تدابير السلامة.

المكونات الميكانيكية

(Mechanical Components)

تُعَدُّ القوة والحركة من العناصر الأساسية في كل الأنظمة الميكانيكية، إذ تعتمد المعدات الميكانيكية على تحويلهما إلى أداء مهام محددة بدقة وكفاءة، وتُستخدم القوة للرفع أو الدفع، وتكون الحركة على صورة دوران أو نقل أو اهتزاز، وكل ذلك يتم توظيفه لتحقيق وظيفة محددة داخل النظام.



وتُعَدُّ المعدات الميكانيكية (Mechanical Equipment) من الركائز الأساسية في المجالات الصناعية والهندسية، إذ تُستخدم القوة والحركة لأداء مهام محددة، مثل: الرفع أو النقل أو التشغيل أو التبريد، وتتكوّن هذه المعدات من أنظمة ميكانيكية مترابطة تعمل بتناغم لتحقيق وظيفة معينة، مثل: نظام النقل في السيارة أو نظام الضغط في المضخة، وتتكون المعدات من مجموعة من المكونات الميكانيكية التي تؤدي وظائف فرعية دقيقة تسهم في عمل النظام بكفاءة، ومن أمثلتها: التروس، والأعمدة، والمحامل، والبراغي، والصواميل، والزنبركات، والروابط،

والصمامات، والمضخات، والضواغط، وعادةً ما تُصنع هذه المكونات من المعادن أو البلاستيك أو المطاط، ولكل مكون وظيفة محددة، فعلى سبيل المثال، تعمل التروس على نقل الحركة الدورانية، بينما تسهم الصمامات والمضخات والضواغط في التحكم في تدفق الموائع وضغطها ونقلها.



المكون الميكانيكي (Mechanical Component):

هو جزء أساسي من النظام أو الجهاز الميكانيكي، يُستخدم لنقل الحركة أو القوة، أو التحكم بها لتحقيق وظيفة محددة ضمن آلية معينة.

تصنيف المكونات الميكانيكية (Classification of Mechanical Components)

تُصنف المكونات الميكانيكية بناءً على وظيفتها أو الغرض منها كالآتي:

الغرض الأساسي	الوصف	المكون الميكانيكي
نقل الطاقة والحركة	تحويل الحركة الدورانية أو الخطية من جزء إلى آخر، وتغيير السرعة أو العزم.	التروس، والأحزمة، والسلاسل، والكامات.
ربط المكونات (الوصلات)	تثبيت المكونات الميكانيكية معاً، ونقل الحركة بين أجزاء مختلفة.	الوصلات (Couplings)، والبراغي (Bolts) والصواميل (Nuts)، والروابط (Linkages).
الدعم وتقليل الاحتكاك	دعم الحركة الدورانية أو الخطية، وتقليل الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة.	المحامل (Bearings).
التحكم في السوائل والضغط	تنظيم تدفق وضغط السوائل والغازات داخل النظام.	الصمامات (Valves)، والمضخات (Pumps)، والضواغط (Compressors).
الحماية ومنع التسرب	منع تسرب السوائل أو الغازات، والحفاظ على ضغط النظام.	الحشوات والأختام (Gaskets and Seals).

مكونات نقل الطاقة (Power Transmission Components)

تعد هذه المكونات من العناصر الأساسية في الأنظمة الميكانيكية التي تعمل على نقل الطاقة من مصدرها إلى الأجزاء المختلفة من الآلة؛ لتمكينها من أداء وظائفها المحددة، وتأتي بأشكال مختلفة، ومن أكثرها شيوعاً الآتي:

■ الأحزمة/السيور (Belts)

■ السلاسل/الجنائز (Chains)

■ التروس (Gears)

■ الأحزمة/السيور (Belts)

الأحزمة/السيور هي حلقات مرنة (Looped Stripes)، تعمل على ربط البكرات (Pulleys) ميكانيكياً ونقل الطاقة عبرها، وتُستخدم عادةً للمسافات الطويلة بين البكرات لتوفر تشغيلاً سلساً للآلة، وللأحزمة/السيور ثلاثة أنواع كالآتي:

أنواع الأحزمة/السيور	الوصف	الاستخدام	شكل توضيحي
الأحزمة المسطحة (Flat Belts)	أحزمة مسطحة تُصنع عادةً من مواد مرنة، مثل: المطاط (Rubber)، أو الجلد (Leather)، وتحمل قدرًا معتدلاً من النقل.	مناسبة لنقل القدرة المعتدلة عبر مسافات قصيرة، ويجب شدها جيدًا؛ لضمان كفاءة التشغيل	
الأحزمة ذات الشكل V (V-Belts)	أحزمة على شكل V لتلائم الأخاديد الموجودة في البكرات؛ مما يزيد الاحتكاك ويعزز الثبات، ويتيح نقل طاقة أعلى مقارنة بالأحزمة المسطحة.	شائعة في التطبيقات الصناعية، مثل: الآلات وأنظمة السيارات؛ لنقل القدرة بكفاءة أعلى.	
أحزمة التوقيت/أحزمة التزامن (Timing Belts)	أحزمة مزودة بأسنان تتشابك مع بكرات مسننة لتحقيق مزامنة دقيقة لحركة الأعمدة (Shafts)، وتسمى أيضًا بالسيور المسننة.	تُعدُّ مثالية للتطبيقات التي تكون فيها الدقة في التوقيت والتموضع، مثل: المحركات والروبوتات وأنظمة النقل الدقيقة.	



أحمال الصدمات (Shock Loads):

هي الأحمال المفاجئة والعالية التي تُطبق على المعدات أو المكونات الميكانيكية بشكل سريع ومؤقت، وغالبًا تكون أعلى بكثير من الأحمال التشغيلية العادية؛ مما قد يؤدي إلى إجهاد أو تلف الأجزاء إذا لم تكن مصممة لتحملها.

■ السلاسل/الجنائز (Chains)

السلاسل/الجنائز هي عبارة عن سلسلة من الصفائح المعدنية المرتبطة (Metal Plates)، أو الأسطوانات (Rollers) التي تتشابك مع العجلات المسننة (Sprockets) المثبتة على المحاور، ويمكنها نقل طاقة عالية بسرعات منخفضة نسبيًا، وهي مناسبة للتطبيقات التي تتعرض إلى أحمال الصدمات (Shock Loads)، ومن أنواعها الآتي:

أنواع السلاسل/الجنائز	الوصف	شكل توضيحي
السلاسل الأسطوانية (Roller Chains)	تتكون من أسطوانات موضوعة بين الروابط الداخلية والخارجية؛ لتقليل الاحتكاك (Friction)، وهي النوع الأكثر شيوعًا.	
السلاسل الورقية (Leaf Chains)	تحتوي على صفائح جانبية بدون أسطوانات؛ مما يوفر تصميمًا أكثر إحكامًا، ولكن مع وجود احتكاك أعلى.	

■ التروس (Gears)

التروس هي عجلات مسننة تتشابك فيما بينها لنقل الحركة الدورانية (Rotary Motion) وتغيير اتجاهها أو سرعتها، وتوفر كفاءة عالية وضبط دقيق للسرعة، ولكنها تقتصر عمومًا على المسافات المركزية القصيرة بين الأعمدة، ومن أنواعها الشائعة ما يأتي:

أنواع التروس	الوصف	شكل توضيحي
الترس المستوي (Spur Gear)	يتميز بوجود أسنان موازية لمحور الدوران، وهو النوع الأكثر شيوعًا، وتسمى بالتروس العدلة.	
الترس الحلزوني (Helical Gear)	ترس بأسنان مائلة تسمح بنقل الحركة بسلاسة وهدوء بين الأعمدة المتوازية، وتسمى بالتروس المائلة.	
الترس المخروطي (Bevel Gear)	ترس أسطواني مخروطي الشكل ينقل الحركة بين الأعمدة المتقاطعة عادةً بزاوية 90°.	
الترس الدودي (Worm Gear)	يتكون من ترس على شكل برغي يتشابك مع ترس مستوٍ؛ مما يسمح بخفض سرعة الدوران بشكل أسرع.	
ترس الرف والجناح/ الترس المسنن والعجلة المسننة (Rack and Pinion)	يتكون من ترس خطي (Rack) يتفاعل مع ترس دوار (Pinion) يحول الحركة الدورانية إلى حركة خطية، أو العكس، ويستخدم بشكل شائع في أنظمة التوجيه الميكانيكية، وتسمى بالتروس والجريدة المسننة.	

الوصلات (Couplings)

الوصلات هي أجهزة ميكانيكية تستخدم لربط عمودين معاً لنقل القوة أو الحركة الدورانية، وتقوم بالوظائف الآتية:

- **ربط الأعمدة (Connecting Shafts):** تعمل على توصيل عمودين منفصلين لنقل الطاقة.
- **تعويض عدم المحاذاة (Accommodating Misalignment):** يمكن للوصلات التعويض عن عدم المحاذاة الطفيف بين الأعمدة، الذي يحدث نتيجة بعض العوامل، مثل: التمدد الحراري، أو الاهتزاز، أو عيوب التصنيع.
- **فصل الأعمدة (Disconnecting Shafts):** تسمح بعض الوصلات بالفصل السهل لأغراض الصيانة أو الإصلاح.
- **حماية الأعمدة (Protecting Shafts):** يمكنها امتصاص أحمال الصدمات أو الاهتزازات؛ مما يحمي الأعمدة المتصلة من التلف.

وتوجد عدة أنواع من الوصلات، ومن أكثرها شيوعاً الآتي:

أنواع الوصلات	الوصف	شكل توضيحي
الوصلة الأسطوانية (Sleeve Coupling)	تسمى أيضاً وصلة الأكمام، وهي نوع من الوصلات الصلبة، أي أنها تقوم بوصل عمودين بشكل ثابت، وتنقل الحركة الدورانية دون تغيير السرعة أو الاتجاه.	
وصلة الأكمام المنقسمة (Split Muff Coupling)	هي نوع من الوصلات الصلبة المستخدمة لتوصيل عمودين لنقل الحركة الدورانية، وهي تشبه الوصلة الأسطوانية، ولكنها تتميز بتصميم يسهّل عملية التركيب والإزالة.	

أنواع الوصلات	الوصف	شكل توضيحي
الوصلة ذات الحواف (Flanged Coupling)	هي نوع من الوصلات الميكانيكية تتكون من حواف دوارة يتم ربطها باستخدام مسامير أو براغي؛ مما يتيح نقل الحركة بين الأعمدة بشكل موثوق، وتستخدم لربط عمودين، ونقل العزم (Torque) بينهما، ويعزز تصميم هذا النوع من الوصلات قدرة الوصلة على نقل العزم العالي، ويوفر دعماً واستقراراً إضافيين.	
وصلة أولدهام (Oldham Coupling)	تسمى أيضاً وصلة أولدهام المفصلية، وهي نوع من الوصلات الميكانيكية المرنة التي تسمح بنقل العزم بين عمودين مع تعويض الانحرافات الشعاعية، والمحورية، والزوايا (Radial, Axial Angular Misalignments).	
الوصلة العمومية (Universal Coupling)	تُعرف أيضاً باسم المفصل العمومي (Universal Joint)، أو وصلة كاردان (Cardan Joint)، وتعمل على ربط عمودين بزاوية لنقل العزم مع السماح بالانحراف الدوراني (Rotational Misalignment).	

المحامل (Bearings)

المحمل هو مكون ميكانيكي أساسي يسمح بحركة نسبية مقيدة بين الأجزاء، وخصوصاً الحركة الدورانية أو الخطية، ويقلل الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة، ويحافظ على محاذاتها بشكل صحيح، ويؤدي المهام الآتية:

- **تقليل الاحتكاك:** يقلل من قوة الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة؛ لتكون عملية التشغيل أكثر سلاسة وكفاءة، حيث إن ذلك يقلل من استهلاك الطاقة الناتج عن الاحتكاك الزائد، ويحد من ارتفاع درجة حرارة الأجزاء المتحركة، ويطيل عمر المعدات، ويقلل من الحاجة إلى الصيانة المتكررة.

■ **الحفاظ على الوضع:** تعمل المحامل على محاذاة المكونات بشكل صحيح، مما يضمن حركتها على طول المسار المقصود، وذلك لمنع تلامس المكونات، أو الالتصاق بين الأجزاء.

وهناك أربعة أنواع شائعة للمحامل، وهي كالآتي:

أنواع المحامل	الوصف	شكل توضيحي
المحمل الكروي (Ball Bearing)	يُعد النوع الأكثر شيوعاً، ويعمل هذا النوع من المحامل باستخدام كرات تدور بين الحلقات الداخلية والخارجية.	
محمل الأسطوانات (Roller Bearing)	عبارة عن أسطوانات تدور بين الحلقات الداخلية والخارجية.	
المحمل الإبري (Needle Bearing)	عبارة عن أسطوانات رفيعة توفر قدرة تحمل عالية مع مساحة صغيرة.	
المحمل المخروطي (Tapered Bearing)	يتميز هذا المحمل بتصميمه المخروطي، مع وجود حلقات داخلية وخارجية ذات مسارات مخروطية وأسطوانات.	

الحشيات والأختام (Gasket and Seals)

تُعد الحشيات والأختام مكونات أساسية تستخدم لمنع التسرب (Leakage) في الآلات والمعدات، وعلى الرغم من أنهما يتشاركان في هذا الهدف، إلا أنهما يختلفان في تطبيقاتهما وتصاميمهما.



الحشية (Gasket):

هي طبقة رقيقة توضع بين سطحين متلاصقين ساكنين لتكون بمثابة سد ثابت بينهما؛ لمنع تسرب السوائل، أو الغازات، أو المواد الأخرى، مثل: الغبار.

■ الحشيات (Gaskets)

تُعد الحشيات (Gaskets) من العناصر الحيوية في الأنظمة الميكانيكية، حيث تؤدي دورًا أساسيًا في الآتي:

- منع تسرب السوائل أو الغازات.
- تحمل الضغط والحرارة في النظام.
- حماية الأسطح المعدنية من التآكل المباشر.



الحشية بين حافتين



الحشية

وتتعدد أنواع الحشيات بحسب المادة المصنوعة منها لتلائم مختلف ظروف التشغيل والضغط ودرجات الحرارة، ويوضح الجدول الآتي هذه الأنواع:

حشيات معدنية (Metallic Gaskets)

	المادة المصنوعة منها	الفولاذ، والنحاس، والألمنيوم، والنيكل.
	الاستخدام	تستخدم في أنظمة الضغط العالي ودرجات الحرارة المرتفعة، مثل أنظمة البخار والمحركات.
	المميزات	■ مقاومة عالية للحرارة والضغط. ■ عمر تشغيلي طويل.
	العيوب	■ تحتاج إلى أسطح دقيقة ومستوية. ■ تكلفتها عالية.

حشيات غير معدنية (Non-Metallic Gaskets)

	المادة المصنوعة منها	المطاط (Rubber)، والأسبستوس البديل، والألياف، والتفلون.
	الاستخدام	تُستخدم في الأنظمة التي تعمل بضغط منخفض ودرجات حرارة معتدلة، مثل: أنظمة المياه وأنظمة التبريد.
	المميزات	■ سهولة التركيب. ■ عزل جيد. ■ مرونة عالية.
	العيوب	■ غير مناسبة للحرارة أو الضغط العالي.

الحشيات المركبة (Composite Gaskets)



المادة المصنوعة منها	مزيج من المعدن والمطاط أو الألياف.
الاستخدام	تستخدم في التطبيقات الصناعية المتوسطة والعالية الضغط، مثل الأنابيب والمبادلات الحرارية.
المميزات	- تجمع بين المتانة والمرونة. - أداء ممتاز تحت ظروف متنوعة.
العيوب	- أغلى من الأنواع غير المعدنية. - تحتاج تركيب دقيق.



الأختام (Seals):

هي عناصر تُستخدم لمنع تسرب السوائل أو الغازات في المعدات والأنظمة المختلفة، وتحافظ على الإحكام بين الأجزاء لضمان الكفاءة ومنع الفقد أو التلوث.



حلقة الختم

■ الأختام (Seals)

تُعد الأختام مكونات أساسية مصممة لاستيعاب درجة معينة من الحركة بين الأجزاء، وتستخدم الأختام لإنشاء سد ديناميكي بين الأجزاء المتحركة؛ مما يمنع تسرب السوائل أو الغازات، وتؤدي الأختام دوراً حيوياً في الحفاظ على كفاءة المعدات الميكانيكية وسلامتها، وتكمن أهميتها في الآتي:

- منع تسرب الزيوت والسوائل.
- حماية المحامل والأجزاء الداخلية من الأوساخ والشوائب.
- تقليل الحاجة إلى الصيانة.
- تقليل من التلف الناتج عن التسربات.

وتتقسم الأختام بشكل أساسي إلى نوعين حسب طبيعة الحركة بين الأسطح، وهما كالآتي:

مثل: الأختام الدوارة التي تعمل مع المحاور المتحركة.		أختام ديناميكية (Dynamic Seals)
مثل: الحشيات التي تعمل بين الأسطح الثابتة.		أختام ثابتة (Static Seals)

المضخات

(Pumps)

المضخات هي أجهزة تُستخدم لنقل السوائل، مثل: الماء أو الزيت من مكان إلى آخر، وتُستخدم المضخات في حياتنا اليومية في كثير من المجالات، مثل: رفع المياه للشرب، وأنظمة الري، وتشغيل التكييف، بالإضافة إلى العمليات الصناعية المختلفة التي تتطلب نقل السوائل بكفاءة وأمان.



مبدأ عمل المضخات (Pumps Working Principle)

المضخة جهاز ميكانيكي يستخدم لتحريك السوائل، مثل: (الماء، أو الزيت، أو الغاز، أو المواد الكيميائية) من مكان إلى آخر أو لزيادة ضغطها، وتعمل المضخة على دفع السائل من منطقة ذات ضغط منخفض إلى منطقة ذات ضغط أعلى، وذلك باستخدام الطاقة الميكانيكية الناتجة عن محرك كهربائي أو محرك احتراق (داخلي).

أنواع المضخات (Types of Pumps)

تتقسم المضخات إلى أنواع متعددة حسب آلية العمل والغرض منها، ويوضح الجدول الآتي أبرز هذه الأنواع:

شكل توضيحي	الوصف	نوع المضخة
	تستخدم قوة الطرد المركزي، وهي القوة الناتجة عن دوران السائل بعيداً عن محور الدوران، لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى ضغط وسرعة للسائل.	المضخات الطاردة المركزية (Centrifugal Pumps)
	تعتمد على دوران مكونات داخلية (مثل التروس) لتحريك السائل بشكل مستمر.	المضخات الدورانية (Rotary Pumps)
	تعمل بحركة ذهاب وإياب لمكبس لضغط وتحريك السائل، وهي مناسبة للضغوط العالية والكميات الصغيرة من السوائل.	المضخات الترددية (Reciprocating Pumps)
	تضخ كمية محددة من السائل في كل دورة حركة، سواء كانت دورانية أو ترددية.	مضخات الإزاحة (Displacement Pumps)
	تستخدم لولباً دواراً لنقل السوائل بشكل سلس ومتواصل، وهي مناسبة للسوائل عالية اللزوجة.	المضخات اللولبية (Screw Pumps)

المكونات الأساسية للمضخة (Pump Components)

تتكون المضخة من عدة أجزاء رئيسية، يختلف شكلها حسب نوع المضخة (طرد مركزي، أو إزاحة إيجابية، أو غاطسة، أو غيرها) لكن المكونات الأساسية تبقى متشابهة، وتتمثل هذه الأجزاء فيما يأتي:

المكون	الوصف	الوظيفة	شكل توضيحي
هيكل المضخة (Pump Casing)	الغلاف الخارجي للمضخة.	يوجه حركة السائل من فتحة دخول السائل إلى فتحة الخروج، ويحمي الأجزاء الداخلية.	
الدوّار (Impeller)	المسؤول عن نقل الطاقة الميكانيكية إلى السائل.	يزيد من سرعة السائل وضغطه أثناء التشغيل.	
العمود (Shaft)	يربط الدوّار بالمحرك.	ينقل القدرة الميكانيكية من المحرك إلى الدوّار.	
المحامل (Bearings)	تدعم العمود أثناء دورانه.	تقلل الاحتكاك، وتحافظ على ثبات الحركة.	
مانعات التسرب (Seals)	مكونات مرنة تُصنع عادةً من المطاط أو البولييمرات، تُركّب بين الأجزاء المتحركة أو الثابتة؛ لتشكيل حاجز محكم يمنع مرور الموائع.	تحمي الأجزاء الداخلية من دخول الهواء أو الأتربة، وتمنع تسرب السوائل من داخل المضخة.	

المكون	الوصف	الوظيفة	شكل توضيحي
غلاف المحمل (Bearing Housing)	هيكل معدني صلب يُشكّل غلافًا خارجيًا للمحمل، يُصمم بدقة لاحتوائه وتثبيتته داخل النظام الميكانيكي.	يحتوي المحامل ويوفر لها التثبيت، ويسهل عملية التزييت.	
فتحة المدخل (Suction Nozzle)	فتحة كبيرة تقع في الجزء السفلي من المضخة، مخصصة لدخول السائل إلى جسم المضخة.	تسمح بدخول السائل إلى المضخة.	
فتحة المخرج (Discharge Nozzle)	مكان خروج السائل بعد ضخه وزيادة ضغطه.	تسمح بخروج السائل بعد ضخه مع زيادة الضغط.	
الختم (Seal)	يتكوّن من أجزاء مرنة وثابتة تُركّب بإحكام؛ لتشكيل حاجز يمنع مرور السوائل أو الغازات.	منع تسرب السائل من داخل المضخة عبر المحور إلى الخارج.	

مراحل عمل المضخة (Pump Operation Stages)

تمر المضخة بعدة مراحل أساسية لتحريك السائل من المصدر إلى المكان المطلوب، حيث تتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حركة وضغط، وتشمل هذه المراحل الآتي:

1 مرحلة السحب/الشفط (Suction Stage):

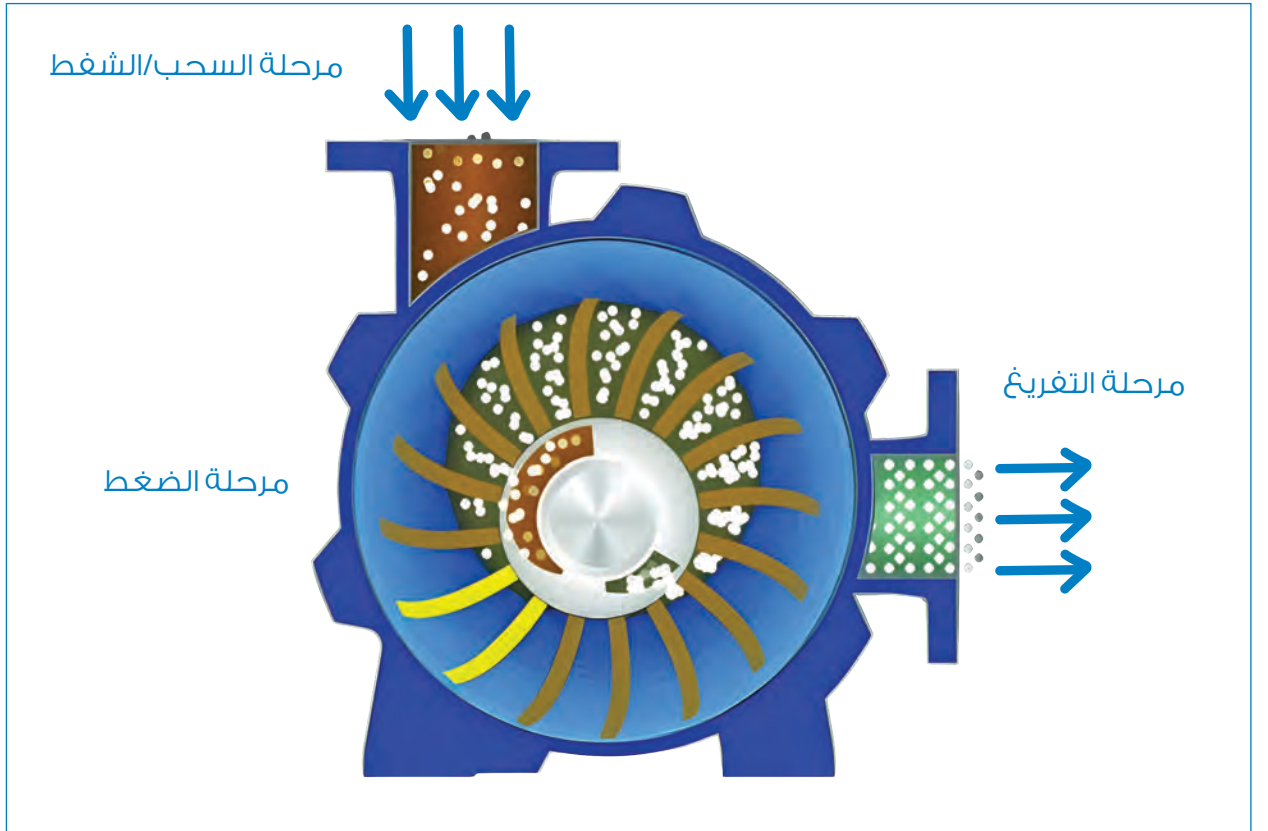
يُسحب السائل من المصدر، مثل: الخزان أو البئر، إلى داخل المضخة عبر فتحة المدخل (Suction Nozzle).

2 مرحلة الضغط (Compression/Pressure Stage):

تُحول الطاقة الميكانيكية المنقولة من المحرك عبر العمود (Shaft) والدوار (Impeller) إلى طاقة ضغط في السائل؛ مما يزيد من سرعته وضغطه داخل المضخة.

3 مرحلة التفريغ (Discharge Stage):

يخرج السائل المضغوط من المضخة عبر فتحة المخرج (Discharge Nozzle) إلى المكان المقصود، مثل: شبكة التوزيع أو النظام الصناعي.



مراحل عمل المضخة

العوامل المؤثرة في أداء المضخة (Factors Affecting Pump Performance)

يتأثر أداء المضخات بعدة عوامل فيزيائية وتشغيلية تؤثر في قدرتها على نقل السوائل بكفاءة، ومن أهم هذه العوامل ما يأتي:

- **اللزوجة (Viscosity):** كلما كانت السوائل أكثر لزوجة (مثل الزيوت)، تزداد صعوبة تحريكها.
- **درجة الحرارة (Temperature):** تؤثر درجة الحرارة على لزوجة السائل وحجمه، فقد يتغير الأداء إذا كانت السوائل ساخنة جداً أو باردة جداً.
- **الطول والارتفاع (Length and Head):** عند ضخ السوائل لمسافات طويلة أو في أنابيب ذات ارتفاعات عالية، يحتاج الأمر إلى مضخة أكثر قوة.
- **الانسداد (Clogging):** تراكم الشوائب أو الجسيمات في المضخة قد يقلل من كفاءتها.

صيانة المضخات (Pumps Maintenance)

تحتاج المضخات إلى صيانة دورية للحفاظ على أدائها وكفاءتها، وتتمثل هذه الصيانة في الآتي:

- **فحص التآكل:** يجب فحص الأجزاء المتحركة، مثل: المكابس والمحامل بانتظام.
- **تنظيف المرشحات (Filters):** التأكد من عدم انسداد مرشحات المضخة.
- **زيت التشحيم:** التأكد من أن الأجزاء المتحركة في المضخة مشحمة بشكل جيد لتقليل الاحتكاك.
- **فحص التسريبات:** ينبغي إصلاح أي تسريبات في المضخة أو الأنابيب للحفاظ على الأداء.



صيانة المضخات

الأعطال الشائعة في المضخات (Common Faults in Pumps)

يوضح الجدول الآتي بعض الأعطال الشائعة في المضخات والأسباب المحتملة لها وطرق علاجها:

العطل	الأسباب المحتملة	طرق العلاج
انخفاض الضغط	تسرب، أو انسداد، أو تلف في الدوّار.	تنظيف/استبدال، أو فحص مانعات التسرب.
ضوضاء/اهتزاز زائد	خطأ في المحاذاة، أو التجويف، أو تلف في المحامل.	ضبط المحاذاة، أو فحص التجويف، أو استبدال المحامل.
سخونة المضخة	نقص التزييت، أو احتكاك زائد.	التحقق من التزييت، أو فحص المحامل، أو تعديل الحمل.
تسرب السائل	تلف في الختم، أو خطأ في التركيب.	استبدال الختم، أو التأكد من التركيب الصحيح.

تطبيقات على استخدام المضخة (Pumps Applications)

تُعد المضخات من أهم المعدات الميكانيكية في حياتنا اليومية وفي المجالات الصناعية والهندسية، وهناك العديد من التطبيقات لاستخدام المضخات كالآتي:



1 نقل المياه وتوزيعها، مثل:

- رفع المياه من الآبار والخزانات.
- ضخ المياه في شبكات الإمداد العامة ومحطات التحلية.



2 الزراعة والري، مثل:

- تشغيل أنظمة الري الحديثة.
- توفير المياه للمزارع بكفاءة عالية.



3 الصناعات المختلفة، مثل:

- الصناعات الكيميائية لنقل المواد السائلة.
- الصناعات البترولية لضخ النفط والغاز.
- الصناعات الغذائية، مثل الألبان والعصائر.



4 التبريد والتكييف، مثل:

- تدوير المياه أو المبردات داخل الأنظمة.
- الحفاظ على درجات الحرارة المطلوبة.



5 الحفاظ على استمرارية العمليات الصناعية، مثل:

- ضمان التدفق المستمر للسوائل اللازمة للإنتاج.
- استمرار العمليات الحيوية داخل المصانع.



6 السلامة وحماية البيئة، مثل:

- تصريف مياه الأمطار.
- معالجة مياه الصرف الصحي.

الصمامات

(Valves)



الصمامات هي أجهزة تتحكم في تدفق السوائل، والغازات، أو المواد الصلبة المائعة (Fluidized Solids) أو العوالق (Slurries)، أو تنظمها أو توجهها عن طريق فتح الممرات المختلفة، أو إغلاقها، أو سدها جزئياً، وتكمن أهميتها في الآتي:

■ التحكم بالتدفق (Flow Control):

الصمامات ضرورية للتحكم في معدل وحجم تدفق السوائل في خطوط الأنابيب، وذلك لضمان كفاءة العملية، ومنع فيضان السوائل.

■ العزل والإغلاق (Isolation and Shut-off):

توفر الصمامات وسيلة لعزل أجزاء من خط الأنابيب أو النظام بأكمله، وفي حالة الصيانة أو حالات الطوارئ أو الإصلاحات، تسمح الصمامات بإغلاق تدفق السوائل؛ لضمان السلامة.

■ تنظيم الضغط (Pressure Regulation):

تُستخدم الصمامات لضبط الضغط داخل النظام وتنظيمه، حيث يمكن للمشغلين إدارة مستويات الضغط لتلبية متطلبات محددة، وذلك من خلال التحكم في فتح الصمام، وإغلاقه.

■ التحكم بالاتجاهات (Directional Control):

تُستخدم الصمامات أيضاً لتوجيه تدفق السوائل في اتجاه معين، وهو أمر بالغ الأهمية للعمليات التي تحتاج إلى إعادة توجيه التدفق إلى أجزاء مختلفة من النظام.

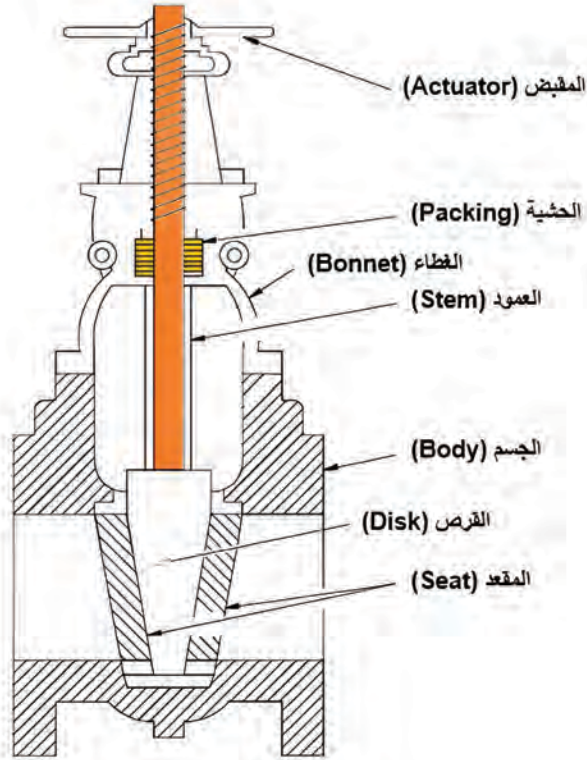
■ الخلط والتجانس (Mixing and Blending):

تتطلب بعض العمليات خلطاً دقيقاً للسوائل أو المواد الكيميائية المختلفة، وتُسهّل الصمامات ذلك من خلال التحكم في نسب كل مكون.

المكونات الرئيسية للصمامات (Key Components of Valves)

على الرغم من التصاميم والوظائف المختلفة للصمامات، إلا أن معظمها تشترك في مجموعة من المكونات الأساسية، وهي كالاتي:

الجسم (Body)	يمثل غلاف الصمام الأساسي، وغالبًا ما يكون مصنوعًا من مواد متينة مثل المعادن لتحمل الضغط، ويحتوي على مسار التدفق للسائل، ويوفر نقطة اتصال بنظام الأنابيب، ويختلف شكله حسب نوع الصمام.
الغطاء (Bonnet)	يثبت الغطاء على الجسم، ويوفر إمكانية الوصول إلى الأجزاء الداخلية للصمام للصيانة، ويغلق غلاف الجسم.
الأجزاء الداخلية للصمام (Valve Trim)	يشير هذا المصطلح إلى جميع المكونات الداخلية التي تتفاعل مباشرة مع السائل المتدفق، وتشمل: ■ القرص أو السد (Disc/Plug): يعمل هذا الجزء المتحرك على تنظيم التدفق عن طريق فتح الممر داخل جسم الصمام، أو إغلاقه، أو سده جزئيًا. ■ المقعد (Seat): يشكل المقعد سطحًا مانعًا للتسرب مقابل القرص؛ مما يضمن إغلاقًا محكمًا خاليًا من التسرب عند إغلاق الصمام، ويمكن استبدال حلقات المقعد في حالة تآكلها. ■ العمود (Stem): هو جزء يشبه الساق يربط بين القرص وآلية التشغيل، مثل المقبض أو المشغل (Handle/Actuator) خارج جسم الصمام، حيث ينقل حركة الدوران أو الرفع من المقبض إلى القرص لتنفيذ وظيفة الصمام. ■ الحشية (Packing): تعمل الحشية على منع التسرب من الفراغ بين العمود والغطاء، وعادة ما تكون حلقة من الجرافيت، أو مادة ليفية مثل الكتان، أو مركب آخر مثل التفلون (Teflon).
المقبض أو المشغل (Handle or Actuator)	هذا الجزء هو الآلية الخارجية المستخدمة لتشغيل الصمام، وهو عبارة عن مقبض بسيط بالنسبة للصمامات اليدوية، أما في التطبيقات الآلية فيعمل المحرك، أو الأسطوانة الهوائية (Pneumatic Cylinder) على فتح الصمام، أو إغلاقه عن بعد.



مكونات الصمام

تصنيف الصمامات (Classification of Valves)

تصنف الصمامات بشكل عام على أساس وظيفتها (Function)، وحركتها (Motion).

■ تصنيف الصمامات بناءً على وظيفتها

تصنف الصمامات بناءً على وظيفتها كالآتي:

التصنيف	الوصف المختصر	أمثلة
صمامات الإيقاف (Shut-off Valves)	تستخدم لفتح أو غلق التدفق بالكامل دون تنظيمه.	صمام السد/البوابة (Gate Valve)، وصمام الكرة (Ball Valve).
صمامات التنظيم (Regulating Valves)	تتحكم في معدل التدفق أو الضغط داخل النظام.	صمام الإبرة (Needle Valve)، وصمام الفراشة (Butterfly Valve).

التصنيف	الوصف المختصر	أمثلة
صمامات الأمان (Safety/Relief Valves)	تحمي النظام من الضغط الزائد بتفريغ تلقائي.	صمام الأمان (Safety Valve)، وصمام التخفيف (Relief Valve).
صمامات عدم الرجوع (Non-return Valves)	تسمح بالتدفق في اتجاه واحد فقط وتمنع الارتداد.	صمام الفحص (Check Valve).

■ تصنيف الصمامات بناءً على حركتها

تصنف الصمامات حسب حركتها إلى نوعين كالآتي:

التصنيف	الوصف	أمثلة
صمامات ذات حركة خطية (Linear Motion Valves)	يُفتح أو يُغلق المسار بحركة مستقيمة للقرص أو الساق.	صمام السد/البوابة (Gate Valve)، وصمام الإبرة (Needle Valve)، وصمام جلوب (Globe Valve).
صمامات ذات حركة دوّارة (Rotary Motion Valves)	يعمل القرص أو العنصر الدوّار بزاوية عادة (90°) للتحكم في التدفق.	صمام الكُرّة (Ball Valve)، وصمام الفراشة (Butterfly Valve)، وصمام السدادة (Plug Valve).

أنواع الصمامات (Types of Valves)

تتقسم الصمامات إلى عدة أنواع، كما يوضحها الجدول الآتي:

صمام السد/البوابة (Gate Valve)



الوصف
هو نوع من الصمامات المستخدمة لإغلاق التدفق تماماً، أو السماح له بالمرور عبر خط الأنابيب.

طريقة التشغيل
تستخدم صمامات السد صفيحة مسطحة أو بوابة (Gate) تنزلق إلى الأعلى والأسفل لفتح مسار التدفق أو إغلاقه، وهي متعددة الدورات؛ لأنها تعتمد على الحركة الخطية، مما يعني أنها تتطلب عدة دورات من العجلة اليدوية أو المشغل (Handwheel/Actuator) لفتح الصمام أو إغلاقه بالكامل.

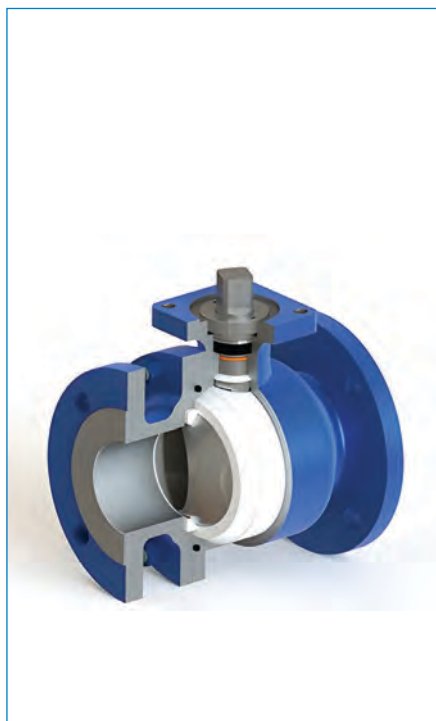
صمام جلوب (Globe Valve)



الوصف
صمام يتكون من جسم صلب يحتوي على غرفة داخلية وقرص متحرك ينزلق عمودياً لتنظيم التدفق.

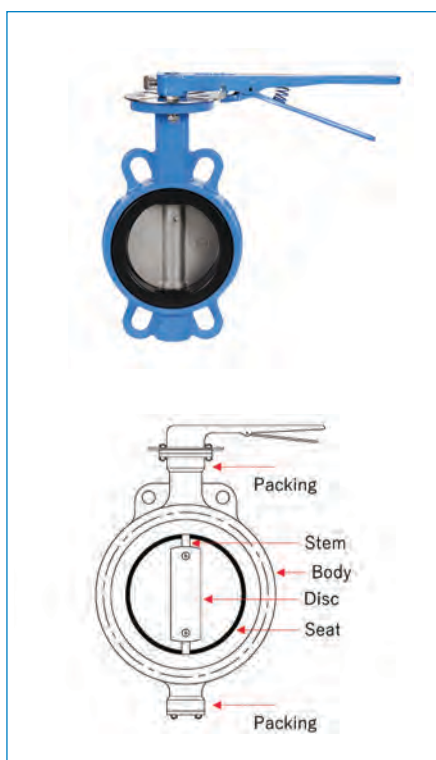
طريقة التشغيل
يتكون هذا الصمام من قرص يتحرك إلى الأعلى والأسفل لتنظيم التدفق، حيث يضغط هذا القرص على مقعد (Seat) ثابت؛ ليكون بمثابة ختم (Seal) محكم عند إغلاقه، ويحدد موضع القرص حجم فتحة التدفق.

صمام الكرة (Ball Valve)



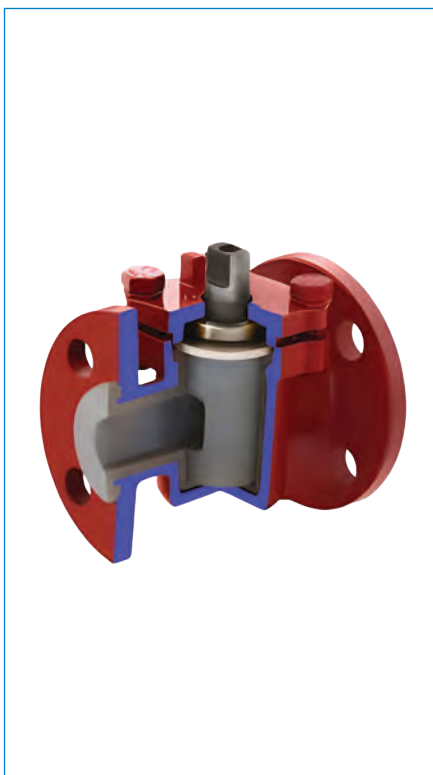
الوصف	صمام الكرة هو نوع من الصمامات التي تتكون من كرة مجوفة بها ثقب في مركزها للتحكم في تدفق السوائل أو الغازات في الأنابيب.
طريقة التشغيل	تدور الكرة المجوفة داخل جسم الصمام، وعندما يتماشى الثقب الموجود فيها مع فتحة الأنبوب يتدفق السائل بحرية، وعندما تدور الكرة بمقدار 90 درجة تُغلق الفتحة؛ مما يوقف التدفق، حيث تدور الكرة ربع دورة (Quarter-turn)؛ مما يجعل هذا النوع من الصمامات سهل الاستخدام، وسريع للغاية.

صمام الفراشة (Butterfly Valve)



الوصف	يتميز صمام الفراشة بتشغيله الفعال بربع دورة، وقدرته على تنظيم التدفق، وتعود تسميته بهذا الاسم؛ نظرا لاحتوائه على قرص يشبه جناح الفراشة، وهو العنصر الأساسي في الصمام.
طريقة التشغيل	يدور القرص داخل جسم الصمام، وعندما يتماشى مع مسار التدفق، يمر السائل من خلاله بأقل قدر من العوائق، ولإيقاف التدفق يدور القرص ربع دورة إلى موضع عمودي على مسار التدفق؛ مما يوقفه بشكل فعال.

صمام السدادة (Plug Valve)



الوصف
صمام السدادة هو نوع من الصمامات المعروف بتصميمه البسيط، وقدرته الموثوقة على إغلاق مسار التدفق.

طريقة التشغيل
يتكون من سدادة أسطوانية أو مخروطية تدور داخل جسم الصمام، وعندما يتماشى الممر الموجود في مركزها مع الفتحات الموجودة في جسم الصمام، يتدفق السائل بحرية، وعندما تدور السدادة بمقدار 90 درجة، يعمل الجزء الصلب من السدادة على إغلاق مسار التدفق، وهي مشابهة لصمام الكرة من حيث سهولة الاستخدام، وتشغيلها بربع دورة.

صمام الأمان (Safety Relief Valve)



الوصف
يستخدم صمام الأمان في الأنظمة ذات الضغط العالي لمنع الأعطال الكارثية.

طريقة التشغيل
يتكون هذا الصمام من آلية زنبركية تضغط على القرص أو السدادة لتغلق الفتحة، فإذا كان ضغط النظام أقل من ضغط التشغيل المحدد، فإن قوة الزنبرك تبقى الصمام مغلقاً، وعندما يرتفع الضغط فوق نقطة الضبط، تتغلب قوة الضغط على قوة الزنبرك؛ مما يرفع القرص أو السدادة ويسمح بخروج السائل الزائد، وبمجرد أن يقل الضغط مرة أخرى عن نقطة الضبط، يدفع الزنبرك القرص أو السدادة إلى الأسفل مرة أخرى، ويعيد غلق الصمام، ويوقف تدفق سائل التفريغ.

صمام الحجاب الحاجز (Diaphragm Valve)



يتكون هذا النوع من الصمامات من غشاء مرن (Flexible Membrane) -مصنوع من مادة مرنة أو بلاستيكية، ويوجد داخل جسم الصمام- يسمى الحجاب الحاجز للتحكم في تدفق السوائل أو الغازات، والذي يعمل كحاجز بين السائل المتدفق وآلية الصمام الداخلية.

الوصف

يتحكم العمود وآلية التشغيل (يدوية، أو هوائية، أو هيدروليكية، أو كهربائية) بحركة الحجاب الحاجز الذي يحتوي على فتحة مركزية تتماشى مع مسار التدفق، فعندما يتم رفعه يمر السائل عبر الفتحة، وعندما يتم ضغط الحجاب الحاجز إلى الأسفل باتجاه المقعد، فإنه يكون بمثابة ختم (Seal) يوقف التدفق.

طريقة التشغيل

صمام الإبرة (Needle Valve)



يُستخدم هذا الصمام للتحكم الدقيق في معدل تدفق السوائل أو الغازات.

الوصف

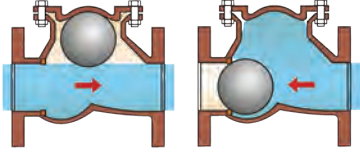
تتحرك الإبرة ببطء للدخول إلى المقعد والخروج منه من خلال تدوير العجلة اليدوية، حيث تتسع الفتحة تدريجياً عند خروج الإبرة؛ مما يسمح بتدفق المزيد من السائل، ويقل التدفق عند تحريك الإبرة للداخل، وتسمح الأسنان الدقيقة (Fine Threads) على اللولب بإجراء تعديلات دقيقة جداً في موضع الإبرة؛ مما يسمح بالتحكم الدقيق في معدل التدفق.

طريقة التشغيل

صمام الفحص (Check Valve)



صمام فحص متأرجح



صمام فحص كروي

الوصف

يُسمى هذا النوع أيضاً بصمام عدم الرجوع (Non-Return Valve)، أو الصمام أحادي الاتجاه (One-Way Valve)، وهو صمام بسيط، ولكنه مهم في أنظمة الأنابيب، وتتمثل وظيفته الأساسية في ضمان تدفق السوائل أو الغازات في اتجاه واحد محدد، ومنع أي تدفق عكسي، فعلى سبيل المثال، يستخدم هذا الصمام لمنع تدفق المياه الملوثة إلى مصدر المياه النظيفة.

طريقة التشغيل

عادة ما يحتوي هذا الصمام على فتحتين: مدخل للسائل ومخرج له، ويوجد داخل غرفة جسم الصمام (Chamber) عنصر الإغلاق الذي غالباً ما يكون قرصاً أو كرة، ويكون مُحاذياً لممر السائل في حالة الإغلاق، فعندما يتدفق السائل في الاتجاه المقصود من المدخل إلى المخرج، يعمل ضغط الماء على دفع عنصر الإغلاق ليفتحه؛ مما يسمح بمرور السائل، وعندما يتوقف التدفق، يقل الضغط العلوي، فيعمل الزنبرك (Spring)، أو الجاذبية (Gravity)، أو كلاهما على سحب القرص أو الكرة للإغلاق، ووقف التدفق.

صمام القدم أو صمام السحب السفلي (Foot Valve)

	الوصف هو نوع من صمامات الفحص المخصصة للاستخدام مع المضخات، ويستخدم في أسفل الأنبوب لمنع دخول الهواء.	
	طريقة التشغيل عند تشغيل المضخة تنشأ قوة سحب (Suction)، ويعمل فرق الضغط على سحب القرص؛ مما يسمح للسائل بالدخول إلى المضخة، وتقوم المصفاة (Strainer Filters) بتصفية أي كتل أو أوساخ (Debris) أثناء هذه العملية، وبمجرد إيقاف تشغيل المضخة، يتساوى الضغط داخل الأنبوب أو حتى يقل، ثم يعمل الزنبرك أو الجاذبية على دفع القرص للإغلاق؛ مما يفلق الصمام ويمنع السائل من العودة إلى خارج المضخة، ثم تكون المضخة جاهزة للعملية التالية.	

رموز الصمامات المستخدمة في مخططات الأنابيب والأجهزة (Valve Symbols used in Piping and Instrumentation Diagram (P&ID))

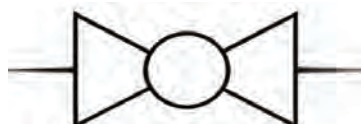
يمثل نوع الصمام عن طريق إضافة شكل إلى المركز حيث تلتقي النقاط، ويوضح الجدول الآتي رموز الصمامات الأكثر شيوعاً في مخططات الأنابيب والأجهزة (P&ID):



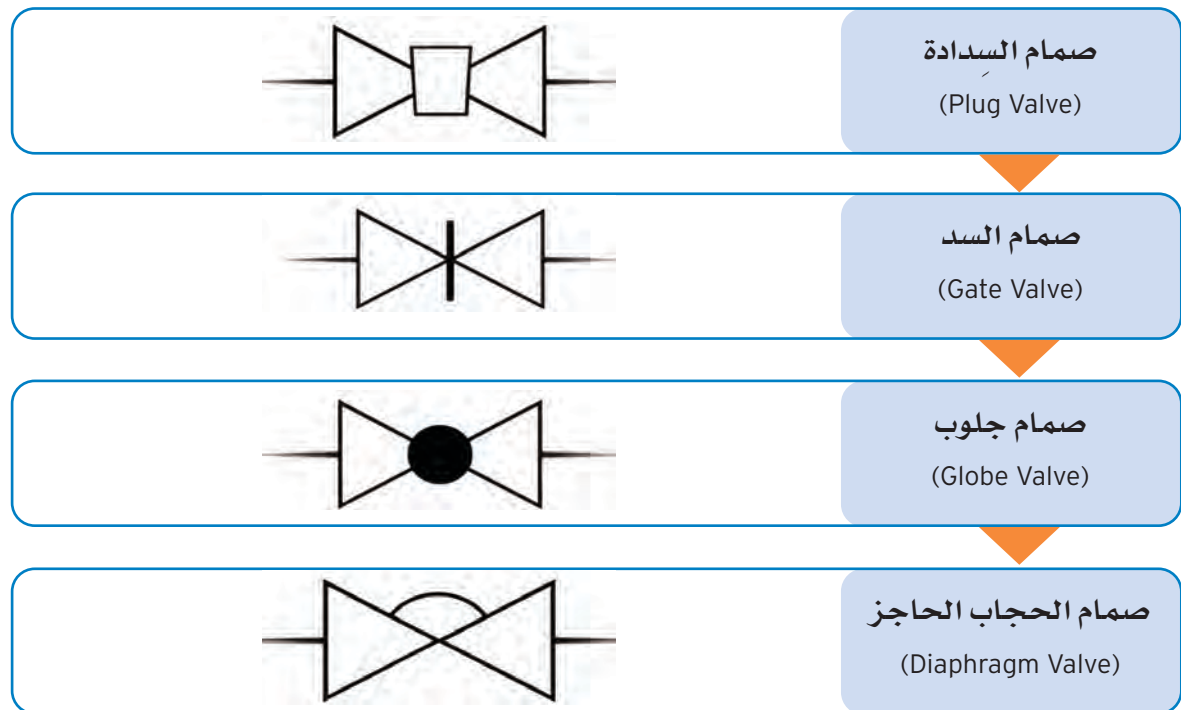
صمام الإبرة
(Needle Valve)



صمام الفراشة
(Butterfly Valve)



صمام الكرة
(Ball Valve)



الأعطال الشائعة في الصمامات (Common Faults in Valves)

تتنوع أعطال الصمامات ما بين ميكانيكية وتشغيلية، وتحتاج إلى تشخيص دقيق؛ لضمان كفاءة الأداء وسلامة النظام، ويوضح الجدول الآتي بعض الأعطال والأسباب المحتملة وطرق علاجها:

العطل	الأسباب المحتملة	طرق العلاج
الصمام لا يفتح بالكامل	صعوبة دوران العجلة اليدوية (صمام السد).	- تشحيم أسنان العمود (Stem Threads). - فحص الالتصاق (Binding) بين البوابة والمقعد. - التأكد من تثبيت العجلة اليدوية بشكل صحيح على العمود.
	انسداد (Plugged) القرص أو المقعد (صمام جلوب).	- تنظيف القرص والمقعد. - إزالة أي أوساخ/رواسب (Debris).
	وجود أوساخ/رواسب في تجويف الكرة (صمام الكرة).	تنظيف تجويف الكرة.

طرق العلاج	الأسباب المحتملة	العطل
■ تحرير السدادة باستخدام القوة المناسبة بحذر.	التصاق السدادة (Seized Plug) (صمام السدادة).	
■ تحرير الإبرة باستخدام القوة المناسبة بحذر.	التصاق الإبرة (صمام الإبرة).	
■ تنظيف آلية الفتح.	وجود أوساخ/رواسب في آلية الفتح (صمام الفحص).	
■ زيادة الضغط العلوي إذا أمكن، مع مراعاة حدود النظام.	الضغط العلوي غير كافٍ (صمام الفحص).	
■ إصلاح المقعد أو استبداله.	تلف المقعد أو تأكله (صمام السد، وصمام جلوب، وصمام الفراشة، وصمام السدادة).	الصمام لا يغلق بإحكام
■ إعادة حشو الصمام وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة.	تركيب الحشية (Packing) غير صحيح (صمام السد، وصمام جلوب).	
■ استبدال الأختام.	تلف الأختام أو تأكلها (صمام الكرة).	
■ شد مسامير الجسم إلى عزم الدوران المحدد.	مسامير الجسم غير مشدودة بشكل صحيح (صمام الكرة، وصمام الفراشة).	
■ استبدال الحجاب الحاجز.	وجود تسريب من الحجاب الحاجز (صمام الحجاب الحاجز).	
■ استبدال المكونات التالفة.	تلف أسطح الأختام أو تأكلها (صمام الفحص).	

العطل	الأسباب المحتملة	طرق العلاج
التدفق منخفض أو مقيد	الصمام مغلق جزئيًا.	■ التأكد من فتح الصمام بالكامل.
	انسداد القرص أو المقعد (صمام جلوب).	■ تنظيف القرص والمقعد. ■ إزالة أي أوساخ.
	وجود أوساخ/رواسب عالقة في الصمام (أي نوع).	■ تنظيف الصمام.
	الصمام صغير الحجم.	■ استبدال الصمام بحجم أكبر، وذلك باستشارة متخصص.
	تلف الأجزاء الداخلية أو تأكلها (أي نوع).	■ إصلاح المكونات التالفة أو استبدالها.
الضوضاء أو الاهتزاز المفرط	يحدث التجويف غالبًا نتيجة اختيار حجم صمام غير مناسب، أو بسبب انخفاض في الضغط العالي داخل النظام.	■ تقليل انخفاض الضغط عبر الصمام، واستشارة متخصص لتحديد حجم الصمام المناسب.
	ارتخاء المكونات (أي نوع).	■ شد المكونات.
	تلف الأجزاء الداخلية (أي نوع).	■ إصلاح المكونات التالفة أو استبدالها.
التآكل	التآكل الخارجي.	■ تنظيف الصمام، وإعادة طلائه.
	التآكل الداخلي المؤثر على الوظيفة (أي نوع).	■ استبدال الصمام.
تقلبات الضغط	وجود تسريب في الصمام.	■ فحص الحشيات أو الأختام التالفة.

أساليب التشخيص والمعالجة للصمامات (Valves Diagnosis Techniques)

يُعد تشخيص أعطال الصمامات بدقة خطوة أساسية لضمان استمرارية وكفاءة الأنظمة الصناعية، وفيما يأتي أبرز أساليب التشخيص المستخدمة:

1 الفحص البصري (Visual Inspection)، وذلك من خلال الآتي:

- التحقق من التسريبات حول الجسم أو الوصلات.
- ملاحظة علامات التآكل أو الصدأ أو التشققات.
- التأكد من الوضعية الصحيحة لمشغل الصمام (يدوي/آلي).

2 الاختبار التشغيلي (Functional Testing)، ويشمل الآتي:

- فتح وإغلاق الصمام يدوياً أو باستخدام المشغل للتحقق من الاستجابة.
- اختبار تدفق الوسط أثناء تشغيل الصمام؛ للتأكد من عدم الانسداد أو التسرب الداخلي.

3 فحص التسرب (Leakage Testing):

- يتم باستخدام سوائل كشف التسرب أو أجهزة كشف إلكترونية.
- يمكن اختبار التسرب في منطقتين:
- المنطقة الخارجية: تشمل الختم وجسم الصمام للكشف عن أي تسرب خارجي.
- المنطقة الداخلية: التحقق من تسرب السائل عبر المقعد أثناء إغلاق الصمام.

4 الفحص بالضغط (Pressure Testing):

- يُستخدم للتحقق من قدرة الصمام على تحمل الضغط المحدد.
- يتم الاختبار عادة باستخدام هواء أو ماء حسب نوع الصمام.

5 التحليل الصوتي والاهتزازي (Acoustic/Vibration Analysis):

- يستخدم أجهزة متخصصة لسماع صوت تدفق غير طبيعي أو اهتزاز يشير إلى تلف داخلي مثل (القرص أو المقعد).

6 التحليل الكهربائي أو النيوماتيكي (إذا كان الصمام آلياً):

- فحص الجهد والتيار للمشغلات الكهربائية.
- اختبار الإشارات والتحكم في صمامات الملف اللولبي (Solenoid Valves).
- التحقق من ضغط التشغيل في الأنظمة النيوماتيكية أو الهيدروليكية.

ضواغط الهواء

(Air Compressors)



الأنظمة النيوماتيكية
(Pneumatic Systems)

هي أنظمة ميكانيكية
تستخدم الهواء المضغوط
لنقل الطاقة وتشغيل
المعدات أو التحكم في
الحركات الميكانيكية.

تُعد ضواغط الهواء من المكونات الأساسية في الأنظمة الصناعية والميكانيكية، حيث توفر مصدرًا للطاقة الهوائية اللازمة لتشغيل الأدوات والمعدات، مثل: المفكات الهوائية، والأنظمة النيوماتيكية، التي تعتمد على الهواء المضغوط، إضافةً إلى دورها الحيوي في خطوط الإنتاج المؤتمتة في المصانع، ويعتمد الأداء العام لأي نظام هوائي بشكل كبير على كفاءة الضاغط المستخدم.



ضواغط الهواء (Air Compressors):

هي أجهزة ميكانيكية تعمل على ضغط الهواء وتقليل حجمه لزيادة ضغطه، بحيث يمكن استخدامه كمصدر للطاقة في التطبيقات الصناعية المختلفة.



الوظائف الأساسية لضواغط الهواء

(Key Functions of Air Compressors)

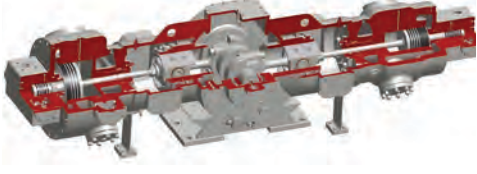
تعتمد كفاءة العديد من الأنظمة على مدى قدرة ضواغط الهواء في أداء وظائفها الأساسية، والتي تشمل الآتي:

- سحب الهواء من المحيط وضغطه وتحويله إلى طاقة قابلة للاستخدام في الأدوات والمعدات.
- تخزين الهواء في خزانات للاستعمال حسب الحاجة.
- تحقيق ضغط محدد وثابت لتوفير كفاءة تشغيل عالية.
- دعم الأنظمة الصناعية مثل التحكم الآلي، والفرامل الهوائية، والدهانات الرشاشة.

أنواع ضواغط الهواء (Types of Air Compressors)

تختلف ضواغط الهواء في تصميمها وطريقة عملها بحسب الاستخدام المطلوب، سواء كان صناعياً ثقيلًا أو تشغيلياً خفيفاً، وتُصنف هذه الضواغط إلى عدة أنواع، وفقاً لطريقة التشغيل ومراحل الضغط، كالآتي:

■ أنواع ضواغط الهواء وفق طريقة التشغيل

النوع	الوصف	شكل توضيحي
ضواغط ترددية (Reciprocating Compressors)	تعتمد على حركة مكبس داخل أسطوانة لضغط الهواء.	
ضواغط دورانية (Rotary Compressors)	تستخدم دوائر أو لولب لضغط الهواء باستمرار وبكفاءة عالية.	
ضواغط لولبية (Screw Compressors)	نوع شائع في المصانع، يعتمد على مسننات حلزونية لضغط الهواء.	
ضواغط طرد مركزي (Centrifugal Compressors)	تستخدم في التطبيقات الكبيرة، حيث يُضغط الهواء باستخدام قوة الطرد المركزي.	

■ أنواع ضواغط الهواء وفق مراحل الضغط

المرحلة	شكل توضيحي
مرحلة واحدة (Single Stage)	 للضغط المنخفض إلى المتوسط، وغالبا ما توظف في التطبيقات الخفيفة والمتوسطة.
مرحلتان أو أكثر (Multi-Stage)	 للضغط العالي أو عند نقل الهواء لمسافات طويلة.

المكونات الرئيسية لضواغط الهواء (Key Components of Air Compressors)



ضواغط الهواء

تتكوّن ضواغط الهواء من عدة مكونات رئيسية تعمل بتكامل لضغط الهواء وتخزينه وتوزيعه بكفاءة، ويُعد فهم هذه المكونات ضرورياً لتشغيل الضاغط بشكل آمن وصيانيته بفاعلية، وفيما يأتي أبرز الأجزاء الأساسية ووظيفة كل منها:

شكل توضيحي	المكونات
	المحرك (Motor) المصدر الرئيسي للطاقة (كهربائي أو ديزل) لتشغيل الضاغط.
	وحدة الضغط (Compression Unit) ■ المكبس أو اللولب (Piston/Screw): لضغط الهواء. ■ الأسطوانة أو الغلاف (Cylinder/Casing): يحتوي الهواء ويوجه تدفقه. ■ العمود (Shaft): ينقل الحركة من المحرك إلى آلية الضغط. ■ المحامل (Bearings): تدعم الحركة الدورانية وتقلل الاحتكاك.
	صمامات السحب والتصريف (Inlet and Discharge Valves) تتحكم في دخول الهواء وخروجه من وإلى غرفة الضغط.
	الخزان (Receiver/Air Tank) لتخزين الهواء المضغوط، وتنظيم الضغط قبل الاستخدام.
	مبرد الهواء (After Cooler) يخفض حرارة الهواء المضغوط، ويقلل الرطوبة.
	فاصل الرطوبة (Moisture Separator) يزيل الماء الناتج عن تكثف الهواء داخل النظام.

المكونات	شكل توضيحي
المرشحات (Filters)	تُستخدم لتنقية الهواء من الشوائب والزيوت.
نظام التحكم (Control System)	ينظم عملية التشغيل والإيقاف، وينظم ضغط التشغيل تلقائيًا.

الأعطال الشائعة في ضواغط الهواء (Common Faults in Air Compressors)

يوضح الجدول الآتي بعض الأعطال الشائعة التي قد تواجه ضواغط الهواء أثناء التشغيل مع الأسباب المحتملة وطرق علاجها:

المعطّل	الأسباب المحتملة	طرق العلاج
انخفاض ضغط الهواء	تسرب، أو تلف في الصمام، أو انسداد في المرشح.	فحص الصمامات أو المرشحات وتنظيفها، أو استبدال الأجزاء التالفة.
ضوضاء أو اهتزاز زائد	خطأ في المحاذاة، أو تآكل المكبس أو اللولب.	ضبط المحاذاة، أو استبدال الأجزاء التالفة.
ارتفاع حرارة الضاغط	حمل زائد، أو تبريد غير كافٍ، أو تزييت ناقص.	تعديل الحمل، أو تنظيف مبرد الهواء، أو التزييت المناسب.
تسرب الزيت أو الهواء	تلف في مانعات التسرب أو الحشيات.	استبدال الحشيات أو الختم.
توقف مفاجئ	خلل كهربائي، أو ضغط عالٍ جدًا.	فحص الخلل الكهربائي، أو ضبط نظام حماية الضغط.

أساليب التشخيص والمعالجة لضواغط الهواء (Air Compressors Diagnosis Techniques)

تُعد عملية التشخيص الدقيق والصيانة المنتظمة من أهم العوامل التي تضمن استمرارية عمل ضواغط الهواء بكفاءة عالية وتقلل من احتمالية الأعطال المفاجئة، وفيما يأتي أبرز الأساليب المستخدمة لتشخيص الأعطال في ضواغط الهواء ومعالجتها:

■ الفحص الدوري البصري، وتكمن أهميته في الآتي:

- التحقق من التسريبات حول الصمامات والوصلات.
- التأكد من ثبات الأجزاء وعدم وجود اهتزازات أو أصوات غير طبيعية.

■ التحقق من الضغط، وذلك من خلال الآتي:

- استخدام أجهزة قياس الضغط (المانومتر) لمراقبة ضغط التشغيل.
- مقارنة القيم بالضغط المصمم عليه النظام.

■ فحص المرشحات، وذلك من خلال الآتي:

- تنظيف أو تغيير مرشحات الهواء.
- فحص مرشح الزيت في الأنظمة التي تستخدم زيتاً للتشحيم.

■ الفحص الكهربائي، وذلك من خلال الآتي:

- اختبار الجهد الكهربائي وتيار المحرك.
- فحص اللوحات الكهربائية والوصلات.

■ المراقبة الحرارية، وذلك من خلال الآتي:

- استخدام مقياس حرارة بالأشعة تحت الحمراء لفحص درجة حرارة مكونات الضاغط.
- التحقق من حرارة المحرك، ومبرد الهواء.

■ الصيانة الوقائية، وذلك من خلال الآتي:

- تغيير الزيت (في الأنواع التي تتطلب ذلك) حسب عدد ساعات التشغيل.
- إحكام ربط جميع البراغي والصواميل.
- تنظيف المبردات من الغبار.



أسئلة الوحدة

- عرف المكون الميكانيكي.
- فرق بين المعدات الميكانيكية والمكونات الميكانيكية.
- اذكر أنواع كلٍّ من السلاسل والتروس.
- اذكر أنواع المكونات الميكانيكية.
- ما وظائف الحشيات؟
- اذكر أنواع مانعات التسرب.
- ما المكونات الأساسية للمضخة؟
- اذكر أنواع المضخات.
- اذكر الأعطال الشائعة في المضخات وطرق استكشافها.
- ما أهمية الصمامات في العملية الصناعية؟
- وضح المكونات الرئيسية للصمام.
- اذكر بعض الأعطال الشائعة في الصمامات.
- حدد المكونات الأساسية لضواغط الهواء.
- اذكر أنواع ضواغط الهواء.
- اشرح خطوات فحص ضواغط الهواء وتشخيص الأعطال الشائعة.

الوحدة الثانية

الاختبارات الميكانيكية وتشخيص الأعطال

Mechanical Testing and Fault Diagnosis



محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

مقدمة في الاختبارات الميكانيكية

52 (Introduction to Mechanical Testing)

الدرس الثاني

الاختبار الحراري

56 (Thermal Test)

الدرس الثالث

اختبار الاهتزاز

60 (Vibration Test)

الدرس الرابع

اختبار سرعة دوران المحرك وتحليل الزيت

63 (Engine Speed and Oil Analysis Test)

الدرس الخامس

تقنيات تحديد الأعطال (منهج النقاط الست ومنهج استبدال الوحدات)

68 (Fault Finding Techniques (Six-Point Method & Unit Substitution))

الدرس السادس

إعداد التقارير الميكانيكية

73 (Preparation of Mechanical Reports)

79 أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يوضح الأهداف الأساسية لإجراء الاختبارات الميكانيكية.
- يتعرف أهم الخواص الميكانيكية التي تُقاس في الاختبارات.
- يتعرف الاختبارات الحرارية.
- يذكر أهداف الاختبارات الحرارية.
- يتعرف أنواع معدّات الاختبار الحراري المختلفة ووظائفها.
- يذكر التطبيقات الصناعية لمعدّات الاختبار الحراري.
- يتعرف الأدوات والمعدّات المستخدمة في اختبار الاهتزاز.
- يُقيم أثر الاهتزاز في العمر التشغيلي للأجهزة والمعدّات.
- يتعرف أدوات تحليل الزيت، ودورها في تقييم حالة المحركات والمعدّات.
- يُطبّق اختبار سرعة دوران المحرك.
- يشرح خطوات منهج النقاط الست في تحليل الأعطال.
- يُطبّق منهج استبدال الوحدات في تحديد مصدر الخلل.
- يقارن بين منهج النقاط الست ومنهج استبدال الوحدات.
- يُظهر دقة وشفافية في تحليل البيانات وتوثيقها.
- يسجّل البيانات بطريقة صحيحة.
- يحلّل البيانات بطريقة منظمة وموثوقة.
- يُعدّ تقريراً فنياً يتضمن نتائج التحليل والاستنتاجات والتوصيات.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تزويد الطلبة بفهم متكامل لأهم الخواص الميكانيكية، مثل: الصلادة، والمتانة، والليونة، ومقاومة الشد، وسلوك المواد تحت الأحمال المختلفة، كما تتناول الوحدة الاختبارات الميكانيكية المستخدمة لقياس هذه الخواص، بما في ذلك الاختبارات الحرارية، واختبارات الاهتزاز، وسرعة دوران المحركات وتحليل الزيت، وتُركز الوحدة على منهج النقاط الست، ومنهج استبدال الوحدات، بالإضافة إلى تدريب الطلبة على تحليل البيانات، وتوثيقها، وإعداد التقارير بشكل مهني ودقيق.

مقدمة في الاختبارات الميكانيكية

(Introduction to Mechanical Testing)

يُعد الاختبار الميكانيكي وسيلة لتقييم قدرة المواد على تحمّل الأحمال ومقاومة التشوهات التي قد تتعرض لها أثناء الاستخدام، فهو يُتيح الكشف عن خواصها الأساسية، مثل: القوة، والصلادة، والمرونة، والمتانة، بما يضمن سلامة المنتج وكفاءة أدائه، وتعمل الاختبارات الميكانيكية على تعريض المواد لظروف اختبارية تحاكي بيئات التشغيل الواقعية؛ مما يتيح للمهندسين الحصول على بيانات دقيقة تساعد في اختيار المواد المناسبة، وتحسين التصميم، وتعزيز عمليات مراقبة الجودة في مجالات متعددة، كصناعة السيارات، والإنشاءات، والأجهزة الطبية.



وتهدف الاختبارات الميكانيكية إلى تعرّف السلوك الميكانيكي للمواد تحت تأثير القوى والأحمال المختلفة؛ وذلك من أجل الآتي:

- تحديد الخواص الميكانيكية، مثل: مقاومة الشد، والمتانة، والصلابة، والمرونة.
- التحقق من جودة المواد، ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية المطلوبة.
- اختيار المواد المناسبة للتطبيقات الصناعية المختلفة حسب ظروف التشغيل.
- تقييم كفاءة التصميم، وضمان قدرتها على تحمل الأحمال الواقعية.
- الكشف عن العيوب أو نقاط الضعف التي قد تؤثر في أداء المنتج وسلامته.
- دعم عمليات البحث والتطوير؛ لتحسين الخواص الميكانيكية للمواد وابتكار مواد جديدة.

الاختبار الميكانيكي (Mechanical Testing):
عملية تجريبية تهدف إلى تحليل سلوك المواد عند تعرّضها لقوى أو أحمال مختلفة (مثل: الشد، أو الضغط، أو القص، أو الالتواء) من أجل تحديد خواصها الميكانيكية، مثل: القوة، والصلابة، والمتانة، والمرونة.



الخواص الميكانيكية التي يتم اختبارها (Testing Mechanical Properties)

تُعد الخواص الميكانيكية أساساً لفهم سلوك المواد تحت تأثير القوى والأحمال المختلفة، فهي تحدد مدى ملاءمتها للاستخدامات الصناعية المتنوعة، ويوضح الجدول الآتي هذه الخواص، وطرق اختبارها:

الخاصية الميكانيكية	المفهوم	طريقة القياس/الاختبار المناسب
مقاومة الشد (Tensile Strength)	قدرة المادة على تحمل قوى الشد قبل أن تنكسر.	اختبار الشد (Tensile Test) لتحديد حد المرونة وحد الكسر.
مقاومة الضغط (Compressive Strength)	قدرة المادة على مقاومة القوى الضاغطة دون أن تنهار أو تتشوه بشكل دائم (Permanent Deformation).	اختبار الضغط (Compression Test)، ويُستخدم عادة للخرسانات والمعادن الهشة.
المتانة (Toughness)	قدرة المادة على امتصاص الطاقة قبل أن تتعرض للكسر أو الانهيار.	اختبار الصدمة (Impact Test)، مثل اختبار شاربي (Charpy) أو إيزود (Izod).
الصلادة (Hardness)	مقاومة السطح للخدش أو التآكل أو الاختراق.	اختبارات الصلادة، مثل برينيل (Brinell)، أو فيكرز (Vickers)، أو روكويل (Rockwell).
الصلابة/الصلابة المرنة (Stiffness/Rigidity)	مقاومة المادة للتشوه تحت تأثير قوة ميكانيكية صغيرة.	اختبار الانحناء أو قياس التشوه تحت قوة محددة (Flexural/Bending Test).
المرونة (Elasticity)	قدرة المادة على العودة إلى شكلها الأصلي بعد إزالة الحمل.	معامل المرونة (Young's Modulus) في اختبار الشد.
الليونة (Ductility)	قدرة المادة على الاستطالة أو التشكيل بدون كسر.	اختبار الشد لتحديد نسبة الاستطالة والانكماش.
مقاومة القص (Shear Strength)	قدرة المادة على مقاومة القوى الجانبية التي تسبب انزلاق الطبقات.	اختبار القص (Shear Test).

الخاصية الميكانيكية	المفهوم	طريقة القياس/الاختبار المناسب
الزحف (Creep)	الانحناء أو التشوه البطيء للمادة تحت حمل ثابت وحرارة مرتفعة لمدة طويلة.	اختبار الزحف (Creep Test) تحت حمل ودرجة حرارة ثابتين.
مقاومة الإجهاد (Fatigue Strength)	مقاومة المادة للأحمال المتكررة أو المتغيرة عبر الزمن قبل الانهيار.	اختبار الإجهاد (Fatigue Test) لتحديد عدد الدورات قبل الفشل.
المتانة الحرارية (Thermal Strength)	مقاومة المادة للتغيرات الميكانيكية عند درجات حرارة عالية أو منخفضة.	اختبارات الحرارة العالية (High Temperature Test) أو الصدمة الحرارية (Thermal Shock Test).
قابلية الطرق (Malleability)	قدرة المادة على التشكل أو التسطيع تحت الضغط دون أن تتكسر.	اختبار الطرق (Hammering/Compression Test) على شكل رقائق أو صفائح رقيقة.

التطبيقات الصناعية للاختبارات الميكانيكية (Mechanical Testing Industrial Applications)

تؤدي الاختبارات الميكانيكية دوراً محورياً في مختلف القطاعات الصناعية، ومنها الآتي:



1 صناعة السيارات:

- اختبار متانة هيكل السيارات لتحمل الصدمات.
- قياس مقاومة المواد للاهتزاز والحرارة.



2 قطاع البناء والإنشاءات:

- فحص قوة الخرسانة والصلب المستخدم في الهياكل.
- التأكد من مطابقة المواد للمواصفات القياسية للأمان.



3 الصناعات الجوية والفضائية:

- اختبار مقاومة سبائك الألومنيوم والتيتانيوم للأحمال العالية.
- ضمان خفة الوزن مع المحافظة على القوة.



4 الأجهزة الطبية:

- اختبار متانة المواد المستخدمة في الأطراف الصناعية وزراعة العظام.
- التأكد من توافق المواد مع المتطلبات الصحية والميكانيكية.



5 الصناعات الثقيلة والطاقة:

- فحص التوربينات، وأجهزة توليد البخار (المراجل)، وخطوط الأنابيب لمقاومة الضغط والحرارة.
- تقييم المواد المستخدمة في منصات النفط والغاز.

الاختبار الحراري

(Thermal Test)



الاختبارات الحرارية

(Thermal Tests):

مجموعة من الإجراءات التي تهدف إلى دراسة تأثير الحرارة في خواص المواد، مثل: القوة، والصلابة، والمتانة، والتوصيل الحراري.

تُعد الاختبارات الحرارية عنصراً أساسياً في تقييم أداء المواد والمكونات عند التعرض لدرجات حرارة مختلفة، سواء كانت مرتفعة أو منخفضة، إذ يُساعد فهم استجابة المواد للحرارة على اختيار المواد المناسبة، وتصميم المنتجات بكفاءة، وضمان سلامتها أثناء التشغيل في ظروف مختلفة، وتجري هذه الاختبارات باستخدام مجموعة من الأجهزة والمعدات المصممة خصيصاً لمحاكاة الظروف الحرارية الواقعية.

وتهدف الاختبارات الحرارية إلى الآتي:

- تحديد نطاق درجات الحرارة التي يمكن للمواد تحملها.
- الكشف عن التشوهات أو الفشل الناتج عن الحرارة.
- قياس التوصيل الحراري والسعة الحرارية للمادة.
- دعم اختيار المواد للتطبيقات الصناعية المختلفة.

مبدأ الاختبار الحراري (Thermal Testing Principle)



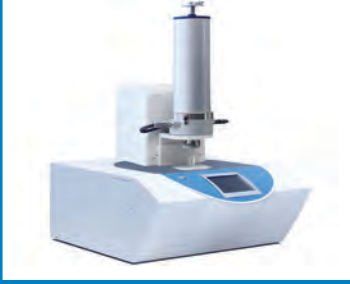
الاختبار الحراري

يعتمد مبدأ الاختبار الحراري على دراسة استجابة المواد للتغيرات في درجة الحرارة، سواء بالارتفاع أو الانخفاض، تحت ظروف محددة ومتحكم بها، ويكون ذلك عن طريق تعريض المادة لحرارة معينة أو برودة شديدة ومراقبة تأثير ذلك في خواصها الفيزيائية والميكانيكية، مثل: التمدد، والانكماش، والصلابة، والمتانة، والاستقرار الحراري.

ويتمثل الهدف الأساسي من هذا المبدأ في تحديد قدرة المادة على تحمل درجات الحرارة المختلفة والتغيرات الحرارية دون فقدان أدائها أو تعرضها للتشوه أو التلف؛ مما يساعد في اختيار المواد المناسبة، وضمان سلامة المنتجات في التطبيقات الصناعية المختلفة.

أجهزة الاختبار الحراري (Thermal Testing Devices)

تُستخدم أجهزة الاختبار الحراري لمراقبة أداء المواد عند تعرضها لدرجات حرارة مختلفة؛ مما يساعد على تقييم متانتها واستقرارها الحراري، ويوضح الجدول الآتي هذه الأجهزة:

نوع الجهاز	الوظيفة	التطبيقات	شكل توضيحي
أفران الحرارة (Furnaces & Ovens)	تسخين المواد إلى درجات حرارة محددة.	- المعالجة الحرارية للمعادن. - اختبارات الاستقرار الحراري للبلاستيك.	
حمامات التجمد (Cryogenic Chambers)	اختبار المواد في درجات حرارة منخفضة جداً.	اختبار متانة المعادن والبوليمرات عند درجات حرارة منخفضة.	
جهاز تحليل الحرارة التفاضلي (Differential Scanning Calorimetry (DSC))	قياس كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة أثناء تغيرات المادة.	دراسة خصائص البوليمرات، والأدوية، والسبائك المعدنية.	
محلل الوزن الحراري (Thermogravimetric Analyzer (TGA))	تحديد فقدان الكتلة عند تسخين المادة تدريجياً.	- تقييم الاستقرار الحراري للمواد. - دراسة التحلل الكيميائي.	

شكل توضيحي	التطبيقات	الوظيفة	نوع الجهاز
	■ اختبار المنتجات الإلكترونية، والمكونات البلاستيكية، والدهانات.	محاكاة ظروف الحرارة والرطوبة المختلفة لفترات طويلة.	كاميرات الحرارة أو غرف المناخ (Environmental Chambers)
	■ فحص المكونات الإلكترونية والميكانيكية. تحديد أماكن التسرب أو العيوب الحرارية في الأنظمة.	الكشف عن توزيع درجات الحرارة على الأسطح باستخدام الأشعة تحت الحمراء.	كاميرات الأشعة تحت الحمراء والتصوير الحراري (Infrared & Thermal Imaging Cameras)

التطبيقات الصناعية للاختبارات الحرارية (Thermal Testing Industrial Applications)

تؤدي الاختبارات الحرارية دورًا حيويًا في تقييم أداء المواد والمكونات تحت تأثير درجات الحرارة المختلفة؛ مما يساعد في تحسين الجودة وضمان سلامة المنتجات، ومن أهم التطبيقات الصناعية ما يأتي:

■ اختبار مقاومة البلاستيك والمطاط للحرارة العالية والمنخفضة.	صناعة السيارات
■ تقييم متانة المحركات وأنظمة العادم عند درجات حرارة التشغيل المختلفة.	
■ فحص كفاءة العزل الحراري للخرسانات، والطوب، والمواد العازلة.	قطاع البناء والإنشاءات
■ التأكد من استقرار المواد المستخدمة في واجهات المباني وتشطيباتها تحت تأثير الحرارة.	
■ مراقبة توزيع الحرارة في الدوائر الكهربائية والمكونات الإلكترونية.	الصناعات الإلكترونية والكهربائية
■ الكشف عن النقاط الساخنة في اللوحات الكهربائية والمعدات الحساسة.	
■ دراسة استقرار المواد الكيميائية والأدوية عند التعرض للحرارة.	الصناعات الكيميائية والدوائية
■ تحديد درجات التحلل الحراري للمركبات المختلفة.	

صناعة
المعادن والمعالجة
الحرارية

- تقييم مقاومة السبائك المعدنية للحرارة.
- اختبار أداء المواد بعد عمليات التلدين أو التصلب الحراري.
- تحديد أماكن التسرب الحراري أو الخلل في خطوط الأنابيب والمعدات الصناعية.
- دراسة توزيع الحرارة في العمليات الصناعية، مثل اللحام والمعالجة الحرارية للمعادن.



عمليات التلدين أو التصلب الحراري

:(Annealing or Heat Hardening Processes)

هي عمليات حرارية تُجرى على المعادن لتعديل خواصها الميكانيكية، وتشمل تسخينها إلى درجة حرارة محددة، ثم تبريدها بمعدل معين بهدف تليينها (التلدين) أو زيادة صلابتها (التصلب الحراري).

الصناعات الجوية
والفضائية

- التأكد من تحمل المواد والسبائك لدرجات الحرارة القصوى والمنخفضة.
- دراسة توزيع الحرارة على الهياكل والمكونات أثناء التشغيل في بيئات مختلفة.



الكشف عن النقاط الساخنة في اللوحات الكهربائية

اختبار الاهتزاز

(Vibration Test)



تُعد اختبارات الاهتزاز أحد الاختبارات المهمة في الهندسة الميكانيكية لضمان سلامة وكفاءة المعدات والمنتجات، وتكون من خلال دراسة استجابة المواد والمكونات للاهتزازات، ويمكن لهذه الاختبارات الكشف عن نقاط الضعف، والعيوب الهيكلية، وعدم التوازن في الأنظمة، وتستخدم على نطاق واسع في صناعة السيارات، والطيران، والأجهزة الإلكترونية، والمعدات الصناعية لضمان التشغيل الآمن والموثوق.

ويهدف اختبار الاهتزاز إلى تقييم استجابة المواد والمكونات للقوى الاهتزازية بهدف تحديد مدى تحملها، والكشف عن العيوب أو نقاط الضعف، وضمان التشغيل الآمن والموثوق للمعدات، كما يسهم هذا الاختبار في الآتي:

- 1 الكشف المبكر عن الأعطال الميكانيكية، مثل: التآكل، أو عدم التوازن، أو التشققات.
- 2 تحسين تصميم المعدات؛ لتقليل تأثير الاهتزازات في الأداء.
- 3 زيادة العمر التشغيلي للمكونات من خلال ضبط ظروف التشغيل وتقليل الأحمال الضارة.
- 4 ضمان السلامة والكفاءة التشغيلية في التطبيقات الصناعية المختلفة، مثل: السيارات والطيران والأجهزة الإلكترونية.

مبادئ اختبار الاهتزاز (Vibration Test Principles)

تستند مبادئ اختبار الاهتزاز إلى دراسة سلوك المواد والمكونات عند تعرضها لقوى اهتزازية، بهدف فهم تأثير الاهتزاز في الأداء والكشف عن العيوب المحتملة، ومن هذه المبادئ ما يأتي:

- كل جسم له تردد طبيعي محدد، ويهتز بشكل أكبر عند تأثير قوة اهتزاز متوافقة مع هذا التردد (الاهتزاز الرنيني).
- تُقاس الاستجابة الاهتزازية بواسطة تسارع الاهتزاز، أو سرعته، أو إزاحته.

أجهزة اختبار الاهتزاز (Vibration Test Devices)



أجهزة اختبار الاهتزاز

تُستخدم أجهزة اختبار الاهتزاز لقياس وتحليل استجابة المعدات والمواد للقوى الاهتزازية، مما يساعد على الكشف المبكر عن العيوب الميكانيكية، وتحسين تصميم المعدات لضمان كفاءتها وسلامتها التشغيلية، ويوضح الجدول الآتي هذه الأجهزة والأدوات:

شكل توضيحي	التطبيق الصناعي	الجهاز/الأداة
	كشف الاهتزازات الزائدة في المحركات والمعدات الصناعية.	جهاز التسارع (Accelerometer)
	تقييم الاهتزازات في المكونات الميكانيكية الدقيقة.	أجهزة قياس الإزاحة والسرعة (Displacement/Velocity Sensor)
	اختبار متانة الأجزاء والأنظمة تحت تأثير اهتزازات محاكاة لظروف التشغيل الفعلية.	مُحرِّك الاهتزاز (Vibration Shaker)
	تشخيص العيوب الميكانيكية، وعدم التوازن.	محلل الاهتزاز/برامج تحليل البيانات (Vibration Analyzer/Software)
	مراقبة الأداء لفترات طويلة لتسجيل البيانات وتحليل الأعطال.	أجهزة تسجيل البيانات (Data Acquisition Systems)

التطبيقات الصناعية لاختبارات الاهتزاز (Vibration Test Industrial Applications)

تؤدي اختبارات الاهتزاز دوراً أساسياً في تقييم أداء المعدات والمنتجات الميكانيكية تحت تأثير القوى الاهتزازية، وتساعد في تحسين التصميم وضمان السلامة، ومن أبرز التطبيقات الصناعية الآتي:

1 صناعة السيارات:

- اختبار مقاومة أجزاء المحركات، والهياكل للاهتزازات أثناء التشغيل.
- الكشف عن الاهتزازات غير المرغوبة التي تؤثر في الراحة والأمان.

2 الصناعات الجوية والفضائية:

- دراسة تأثير الاهتزازات في الهياكل والمكونات أثناء الإقلاع والرحلات الجوية.
- التأكد من سلامة الأجهزة والمعدات الإلكترونية الحساسة.

3 الأجهزة الإلكترونية والكهربائية:

- ضمان استقرار المكونات الإلكترونية في ظروف الاهتزاز المختلفة.
- اختبار اللوحات الكهربائية والأسلاك لتحديد نقاط الضعف.

4 المعدات الصناعية الثقيلة:

- الكشف المبكر عن التآكل أو عدم التوازن في التروس والمحركات والمضخات.
- تقليل الأعطال المفاجئة وزيادة العمر التشغيلي للمعدات.

5 قطاع البناء والإنشاءات:

- اختبار الاهتزاز الناتج عن المعدات الثقيلة أو الزلازل على الهياكل والمنشآت.

اختبار سرعة دوران المحرك وتحليل الزيت

(Engine Speed and Oil Analysis Test)



تُعد مراقبة أداء المحركات وتحليل الزيوت من العناصر الأساسية للحفاظ على كفاءة المعدات الصناعية والميكانيكية، ويساعد استخدام تقنيات مثل عداد دورات المحرك (Tachometer)، وتحليل الزيت في تشخيص الأعطال المبكرة، وتحسين الأداء، وضمان عمر أطول للمحركات والمعدات، وهذه التقنيات تتيح اتخاذ قرارات دقيقة حول الصيانة والتشغيل.

اختبار سرعة دوران المحرك (Tachometer Test)

يُستخدم جهاز عداد الدورات (Tachometer) لاختبار سرعة دوران المحرك (Tachometer Test) أو أي مكون دوار، وذلك للتأكد من أن المحرك يعمل ضمن الحدود المسموح بها ووفقاً للمواصفات المصنعية، ويهدف اختبار سرعة دوران المحرك إلى الآتي:

- التحقق من أداء المحرك وفق السرعات المطلوبة.
- الكشف المبكر عن أي مشاكل ميكانيكية، مثل عدم التوازن، أو الاحتكاك الزائد، أو التآكل.
- المساهمة في الصيانة الوقائية، وتقليل الأعطال المفاجئة.

■ الأدوات المستخدمة لاختبار سرعة الدوران

تُستخدم أدوات الاختبار لقياس وتحليل أداء المكونات الميكانيكية والكهربائية بدقة، حيث تساعد في تحديد القيم التشغيلية مثل سرعة الدوران، والجهد، والتيار، ودرجات الحرارة، وغيرها، ويعتمد اختيار الأداة المناسبة على طبيعة الاختبار، ونوع المعدة المراد فحصها، سواء كان ذلك بالتلامس المباشر أو بالقياس غير التلامسي، ويوضح الجدول الآتي الأدوات المستخدمة للاختبار:

عداد الدورات الميكانيكي أو الرقمي (Analog/Digital Tachometer)



الاستخدام

قياس سرعة دوران جسم دوار، ويجب أن تلامس أدوات القياس الجسم مباشرة، وتستخدم مستشعراً مغناطيسياً أو مُشَفِّراً بصرياً أو عداد دورات ميكانيكي/رقمي حسب الطراز.

عدادات بدون تلامس (Non-contact Tachometers)



الاستخدام

يمكن قياس سرعة الدوران باستخدام مقاييس غير تلامسية (دون الحاجة لملامسة الجسم)، وهي مثالية للاستخدام مع الأجسام الخطرة، أو التي يصعب الوصول إليها، أو المتحركة، وغالباً ما تعمل باستخدام الليزر أو الأشعة تحت الحمراء.

■ خطوات اختبار سرعة دوران المحرك

قبل البدء في إجراء اختبار سرعة دوران المحرك، يجب التأكد من أن المعدات والأجهزة في حالة آمنة وجيدة، وأن موقع الاختبار مستقر وخالٍ من العوائق، وبعد تجهيز بيئة العمل وأجهزة القياس، تُنفَّذ الخطوات الآتية:

- 1 توصيل العداد بالجزء الدوار أو توجيه جهاز بدون تلامس نحو الجزء المتحرك.
- 2 تشغيل المحرك، وزيادة السرعة تدريجياً ضمن نطاق التشغيل الطبيعي.
- 3 قراءة سرعة الدوران، وتسجيل القيم، ثم مقارنة القيم مع المواصفات القياسية.
- 4 تحليل أي انحراف عن السرعة المتوقعة لتحديد الحاجة للصيانة أو تعديل الأداء.

تحليل الزيت (Oil Analysis)

تحليل الزيت هو فحص دوري للزيت المستخدم في المحركات والمعدات الميكانيكية لتقييم جودة التشحيم وحالة المحرك أو المعدة، ويهدف تحليل الزيت إلى تقييم حالة التشحيم للمحركات والمعدات الميكانيكية، ومن أهدافه الرئيسية ما يأتي:

- الكشف عن التآكل الداخلي للمحرك أو المعدات من خلال وجود جزيئات معدنية في الزيت.
- تحديد مستوى تلوث الزيت بالماء أو الغبار أو المواد الكيميائية الضارة.
- تقييم خصائص الزيت الفيزيائية والكيميائية، مثل اللزوجة، والحموضة، ومستوى الأكسدة لضمان كفاءته.
- دعم الصيانة الوقائية من خلال جدول تغييرات الزيت أو الإصلاحات قبل حدوث أعطال كبيرة.
- زيادة العمر التشغيلي للمحركات والمعدات، وتحسين كفاءة الأداء، وتقليل الأعطال المفاجئة.

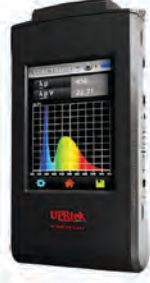
■ العناصر التي يتم تحليلها في الزيت

يوضح الجدول الآتي العناصر التي يتم تحليلها في الزيت:

العنصر المحلل	الغرض من التحليل
اللزوجة والكثافة	تحديد ما إذا كان الزيت لا يزال صالحاً للتشغيل، ويمتلك خصائص التشحيم المطلوبة.
المعادن والجزيئات المعدنية	الكشف عن التآكل داخل المحرك أو المعدات وبيان حالة الأجزاء الداخلية.
الماء والشوائب	قياس مستوى التلوث وتأثيره في الأداء ومنع الأعطال المحتملة.
الخصائص الكيميائية (الحموضة أو الأكسدة)	تحديد تدهور الزيت أو تغير خصائصه الكيميائية؛ لضمان استمرار فاعلية التشحيم.

■ الأجهزة المستخدمة في تحليل الزيت

تُستخدم الأجهزة الحديثة في تحليل الزيوت الصناعية لتحديد حالتها وكفاءتها التشغيلية، وتشخيص المشكلات المحتملة في المعدات قبل وقوع الأعطال، ومن أبرز هذه الأجهزة الآتي:

الشكل توضيحي	الاستخدام	الجهاز/التقنية
	تُستخدم للكشف عن المعادن والعناصر الدقيقة الناتجة عن تآكل المكونات الداخلية.	أجهزة التحليل الطيفي (Spectrometers)
	تساعد في قياس الخواص الكيميائية، مثل الحموضة، والأكسدة، واللزوجة بطريقة ميدانية سريعة.	أجهزة الاختبار الكيميائي (Chemical Test Kits)

التطبيقات الصناعية لاختبارات سرعة الدوران وتحليل الزيت (Tachometer Test and Oil Analysis Industrial Applications)

تُعد اختبارات سرعة الدوران (Tachometer Tests) وتحليل الزيت (Oil Analysis) من أهم أدوات الصيانة التنبؤية في المنشآت الصناعية، إذ تساعد على مراقبة الحالة التشغيلية للمعدات وتجنب الأعطال المكلفة، ومن أبرز التطبيقات الصناعية الآتي:

1 صناعة السيارات:

- استخدام اختبار سرعة الدوران لقياس سرعة المحركات، وضمان ثبات أداء أنظمة الحقن والاحتراق.
- تحليل الزيت للكشف عن التآكل في المكونات الداخلية للمحرك مثل الأسطوانات والمكبس.
- المساعدة في تحديد الفترات المثلى لتغيير الزيت، وتحسين كفاءة استهلاك الوقود.

2 الصناعات الجوية والفضائية:

- استخدام اختبار سرعة الدوران لمراقبة سرعة التوربينات والمراوح بدقة عالية لضمان السلامة أثناء التشغيل.
- تحليل الزيوت المستخدمة في المحركات التوربينية للكشف المبكر عن الشوائب المعدنية أو التلوث.
- المساهمة في تقليل مخاطر الأعطال المفاجئة، وتحسين موثوقية الأنظمة الجوية.

3 الصناعات النفطية والبتروكيميائية:

- استخدام اختبار سرعة الدوران لمراقبة سرعة المضخات والضواغط ضمن أنظمة النقل والمعالجة.
- تحليل الزيت لتحديد مستوى التلوث بالماء أو الوقود في المعدات الميكانيكية الثقيلة.
- دعم برامج الصيانة التنبؤية للحفاظ على استمرارية التشغيل وتقليل الخسائر.

4 الصناعات الثقيلة والطاقة:

- مراقبة سرعة التوربينات البخارية والمولدات باستخدام اختبار سرعة الدوران لضمان الأداء الأمثل.
- تحليل زيت التروس والمولدات لاكتشاف الجسيمات الناتجة عن التآكل المبكر.
- تحسين كفاءة التشغيل وتقليل الأعطال غير المخطط لها في أنظمة الطاقة.

5 المصانع والمعدات الميكانيكية:

- استخدام اختبار سرعة الدوران في مراقبة سرعة المراوح، والمحركات، والمضخات لتجنب الانزلاق أو الحمل الزائد.
- تحليل الزيت لتقييم حالة محامل الدوران والتروس داخل خطوط الإنتاج.
- تعزيز فاعلية الصيانة الوقائية وإطالة العمر التشغيلي للمعدات.

تقنيات تحديد الأعطال (منهج النقاط الست ومنهج استبدال الوحدات)

(Fault Finding Techniques (Six-Point Method & Unit Substitution))

تُعد عملية تحديد الأعطال (Fault Finding) من أهم مراحل الصيانة، إذ تتيح اكتشاف سبب الخلل بدقة قبل استبدال أي مكون، وتعتمد هذه العملية على اتباع منهجية منظمة لتجنب إهدار الوقت والموارد، ومن أكثر الطرق شيوعاً في المجال الصناعي طريقتان أساسيتان: منهج النقاط الست (Six-Point Method) ومنهج استبدال الوحدات (Unit Substitution Method)، وكلاهما يهدفان إلى تحقيق تشخيص دقيق وفعال لمشكلات الأنظمة الكهربائية والإلكترونية.



تحديد الأعطال (Fault Finding):

عملية تحليل منهجية تهدف إلى اكتشاف سبب الخلل في النظام أو المعدة عن طريق الملاحظة، والقياس، والاستنتاج المنطقي، وتعد جزءاً أساسياً من الصيانة التصحيحية والتنبؤية.

منهج النقاط الست (Six-Point Method)

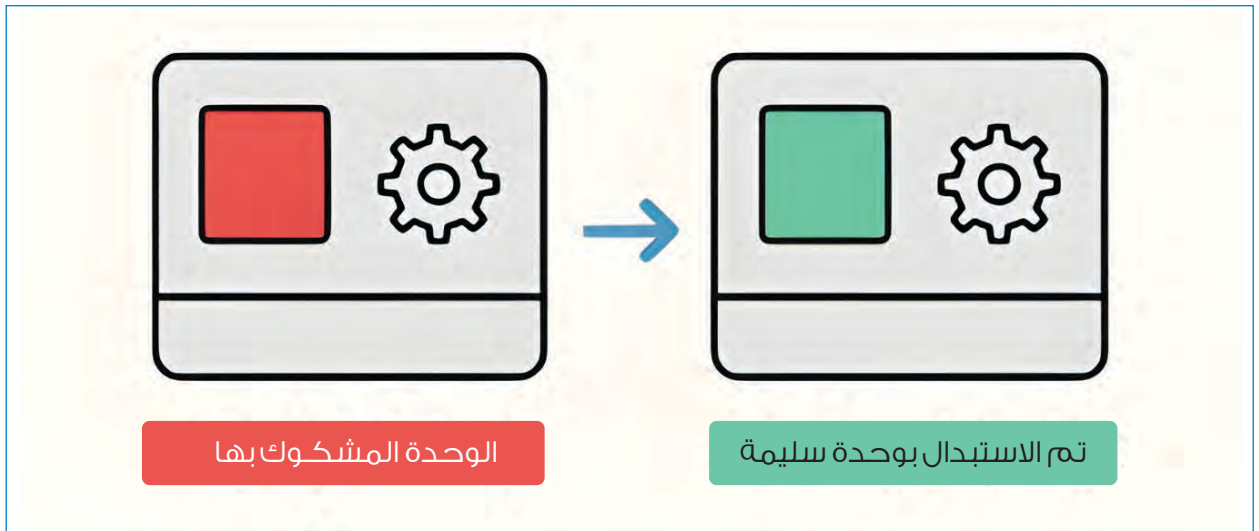
يُعد منهج النقاط الست من أكثر الطرق النظامية شيوعاً في تشخيص الأعطال، ويُستخدم في الأنظمة الكهربائية والإلكترونية والميكانيكية، ويتضمن هذا المنهج الخطوات الآتية:



منهج استبدال الوحدات (Unit Substitution Method)

يُستخدم هذا المنهج عندما يصعب تحديد سبب العطل بدقة عبر الفحص المباشر، ويعتمد على استبدال المكونات أو الوحدات المشكوك فيها بأخرى سليمة ومعاينة النتيجة، ويتضمن هذا المنهج الخطوات الآتية:

- 1 تحديد الوحدة التي يُحتمل أن تكون غير سليمة.
- 2 استبدالها بوحدة مشابهة سليمة.
- 3 تشغيل النظام ومراقبة الأداء.
- 4 إذا زال العطل، فإن المكون المستبدل هو السبب.
- 5 في حال استمرار العطل، يتم الانتقال إلى مكون آخر حتى يُكتشف الخلل.



مقارنة بين منهج النقاط الست ومنهج استبدال الوحدات (Comparison between Six-Point Method and Unit Substitution Method)

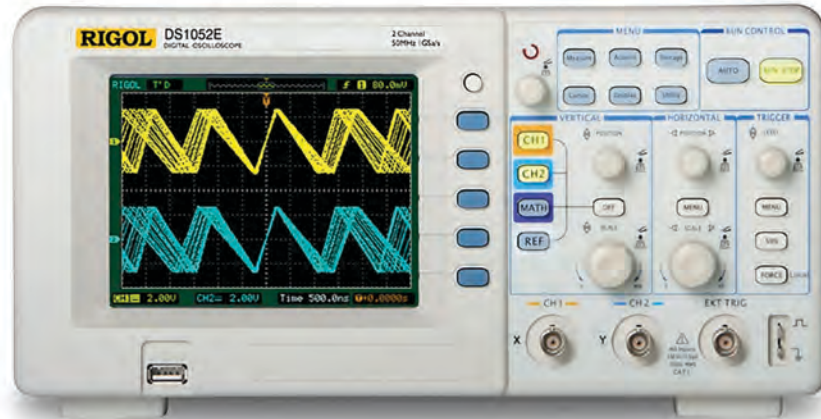
يعتمد منهج النقاط الست على تحليل منطقي متسلسل لتحديد السبب الجذري للعطل أو المشكلة، ويعتمد منهج استبدال الوحدات على تجربة استبدال المكونات المشكوك فيها بأخرى سليمة، ويوضح الجدول الآتي مقارنة تفصيلية بين هذين المنهجين:

العنصر	منهج النقاط الست (Six-Point Method)	منهج استبدال الوحدات (Unit Substitution Method)
المفهوم الأساسي	يعتمد على تحليل منطقي ومنهجي لتحديد سبب العطل من خلال ست خطوات متتالية.	يعتمد على استبدال المكونات أو الوحدات المشتبه بها بأخرى سليمة لمعرفة مصدر العطل.
الخطوات الأساسية	1. جمع المعلومات. 2. تحليل الأعراض. 3. تحديد الأسباب المحتملة. 4. اختبار الفرضيات. 5. تحديد السبب الفعلي. 6. الإصلاح والتحقق.	1. تحديد الوحدة المشتبه بها. 2. استبدالها. 3. اختبار النظام. 4. مراقبة النتيجة. 5. تأكيد السبب.
المهارات المطلوبة	يحتاج إلى مهارة تحليلية وخبرة في قراءة الدوائر وفهم مبدأ العمل.	يمكن تطبيقه من قبل فنيين ذوي خبرة محدودة بشرط توفر وحدات بديلة.
السرعة في التشخيص	أبطأ نسبياً بسبب التحليل المفصل لكل خطوة.	أسرع إذا كانت الوحدات البديلة متوفرة.
الدقة في تحديد السبب الجذري	عالية جداً لأنه يحدد المسبب الفعلي للعطل.	متوسطة لأنه يكتفي بتحديد المكون التالف فقط دون تحليل السبب الجذري.
الأدوات المطلوبة	أجهزة القياس والتشخيص (مثل جهاز القياس المتعدد/المليميتر، ورأس الإشارة، إلخ).	وحدات أو مكونات بديلة مطابقة للمواصفات.
التكلفة	منخفضة نسبياً لأنها تعتمد على التحليل وليس الاستبدال.	أعلى نسبياً بسبب الحاجة إلى قطع بديلة.
الاستخدام	أنظمة معقدة تتطلب تحديداً دقيقاً لمصدر العطل (مثل لوحات التحكم).	الأنظمة البسيطة أو التي يسهل فيها استبدال المكونات (مثل وحدات الإضاءة أو المحركات الصغيرة).

العنصر	منهج النقاط الست (Six-Point Method)	منهج استبدال الوحدات (Unit Substitution Method)
المميزات	الدقة في تحديد السبب الجذري ومنع تكرار الأعطال.	توفير وقت التشخيص للحالات الطارئة.
العيوب	الحاجة إلى وقت أطول وخبرة فنية عالية.	عدم توضيح السبب الحقيقي للعطل وقد يكون مكلفاً.

راسم الإشارة/الأوسيلوسكوب (Oscilloscope)

هو جهاز يُستخدم لعرض وقياس الإشارات الكهربائية المتغيرة مع الزمن، حيث يُظهر شكل الموجة على شاشة بيانية توضح العلاقة بين الجهد (Voltage) والزمن (Time)، ويساعد الفنيين والمهندسين في تشخيص الأعطال، وتحليل أداء الدوائر الإلكترونية، والتحقق من استقرار الإشارات في الأنظمة الكهربائية والإلكترونية.



إعداد التقارير الميكانيكية

(Preparation of Mechanical Reports)



تُعد الاختبارات الميكانيكية في الصناعات الميكانيكية خطوة أساسية لتقييم أداء المواد والمكونات تحت تأثير الأحمال المختلفة، وتتطلب هذه الاختبارات جمع البيانات بدقة، وتفسيرها علمياً، وتوثيقها بشكل منهجي لضمان الموثوقية والجودة في نتائج الاختبار، ويشمل ذلك اختبارات مثل الآتي:

- اختبار الشد (Tensile Test).
- اختبار الصلادة (Hardness Test).
- اختبار الانحناء (Bending Test).
- اختبار الصدمات (Impact Test).
- اختبار الإجهاد الحراري أو التعب (Fatigue Test).

الدقة والتوثيق في المجال الصناعي

(Accuracy and Documentation In Industry)

تُعد الدقة والتوثيق من العناصر الحيوية في المجال الصناعي، إذ يضمنان مصداقية العمليات والنتائج الفنية في كل مرحلة من مراحل الإنتاج، ويمثلان مرجعاً قانونياً وفنياً في حالة النزاعات أو مراجعات الجودة، كما يُسهمان في الآتي:

- سهولة تتبع جودة المواد والمكونات عبر مراحل الإنتاج.
- ضمان موثوقية البيانات عند اتخاذ القرارات الفنية.
- دعم أنظمة الجودة، مثل: ISO 9001 و ISO 17025.
- المساهمة في حل المشكلات الفنية، وتحليل أسباب الفشل (Failure Analysis).

طرق التوثيق (Documentation Methods)

يُعد توثيق البيانات في الاختبارات الميكانيكية خطوة أساسية للحفاظ على المعلومات وتحليلها بدقة لاحقاً، ويشمل استخدام أساليب متنوعة كالآتي:



التوثيق الكتابي

1 التوثيق الكتابي:

- تسجيل البيانات في جداول واستبيانات مخصصة.
- تدوين الملاحظات العامة والملاحظات الخاصة بالاختبار.

2 التوثيق الإلكتروني:

- حفظ البيانات في برامج قواعد البيانات أو برامج تحليل البيانات، مثل Excel.
- استخدام نُظم إدارة المختبرات (Laboratory Information Management Systems (LIMS)) لتخزين النتائج.

3 التوثيق بالرسم البياني:

- رسم المنحنيات والرسوم البيانية، مثل منحنيات الإجهاد والانفعال.
- استخدام المخططات لتوضيح الاتجاهات والنتائج.

4 التوثيق بالصور والفيديو:

- تصوير مراحل الاختبار لتوضيح حالة العينة وسلوكها أثناء الاختبار.
- تسجيل فيديو لمراحل التشغيل الحرجة لمراجعتها لاحقاً.



توثيق البيانات:

هو عملية تسجيل وحفظ المعلومات المتعلقة بالاختبارات الميكانيكية بطريقة منظمة لضمان المراجعة والتحليل المستقبلي.



التوثيق المدمج

5 التوثيق المدمج:

- الجمع بين الطرق المختلفة (كتابي، وإلكتروني، وبياني، وبصري) للحصول على سجل شامل ودقيق.

تسجيل البيانات (Data Recording)

تُعد مرحلة تسجيل البيانات (Data Recording) من أهم خطوات عملية التوثيق، فهي تمثل حلقة الوصل بين عملية القياس وتحليل النتائج النهائية، وهي خطوة أساسية لضمان دقة وموثوقية نتائج الاختبارات الميكانيكية، وتُسجّل البيانات وفق الآتي:

1 كتابة جميع المعلومات الأساسية:

- رقم العينة.
- نوع المادة.
- تاريخ الاختبار.
- اسم الفني.
- الجهاز المستخدم.

2 تدوين القراءات الخام (Raw Data) فوراً أثناء الاختبار.

3 تجنب التقديرات أو الحذف لأي بيانات غير متوقعة، بل توثيقها مع الملاحظات.

4 استخدام جداول قياسية أو استمارات معتمدة؛ لتسهيل المراجعة والمقارنة.

5 تسجيل ظروف الاختبار، مثل: (درجة الحرارة، والرطوبة، وسرعة التحميل).

تحليل البيانات (Data Analysis)



بعد الانتهاء من تسجيل البيانات بدقة وتنظيم، تأتي المرحلة التالية وهي تحليل البيانات، حيث تُستخدم المعلومات المسجلة لفهم أداء المعدات وتفسير النتائج بشكل علمي، فتحليل البيانات (Data Analysis) في الصناعات الميكانيكية هو عملية فحص المعلومات الناتجة عن تشغيل المعدات والآلات؛ بهدف اكتشاف الاتجاهات، وتحديد الأسباب الجذرية للأعطال، وتحسين الأداء، ويشمل التحليل البيانات الآتي:

- قراءات أجهزة الاستشعار (Sensors).
- درجات الحرارة والضغط والاهتزازات.
- استهلاك الطاقة والوقود.
- معدلات الإنتاج والتوقف.
- سجلات الصيانة.

تفسير البيانات (Data Interpretation)

بعد الانتهاء من تحليل البيانات واستخلاص القيم والمؤشرات الرقمية، تأتي الخطوة التالية وهي تفسير البيانات (Data Interpretation)، حيث تحوّل النتائج التحليلية إلى استنتاجات ذات معنى تساعد في فهم سلوك المادة أو أداء المكون، ويعرف تفسير البيانات بأنه عملية تحليل النتائج الرقمية أو الرسوم البيانية التي تم الحصول عليها من الاختبارات الميكانيكية؛ بهدف استخلاص معلومات دقيقة عن خواص المادة أو المكون، ويشمل التفسير ما يأتي:

- 1 مراجعة القراءات المسجلة، ومقارنتها بالقيم القياسية أو الحدود التصميمية.
- 2 تحليل الاتجاهات في الرسوم البيانية، مثل: (منحنى الإجهاد والانفعال).
- 3 تحديد القيم القصوى أو غير الطبيعية التي قد تدل على خلل في العينة أو في إعداد الجهاز.
- 4 استنتاج الخواص النهائية، مثل: المقاومة، أو الليونة، أو المتانة، أو الصلادة.

إعداد تقارير الاختبارات الميكانيكية (Preparation of Mechanical Testing Reports)

يُعد تقرير الاختبار الميكانيكي الوثيقة الرسمية التي تُعرض فيها نتائج التحليل والاستنتاجات النهائية بشكل منظم ومهني، ويتكون التقرير من الآتي:

1 الصفحة الأولى (التعريفية)، وتتضمن الآتي:

- اسم المشروع.
- نوع الاختبار.
- تاريخ الإجراء.
- الجهة المنفذة.
- المشرف الفني.



التقارير الميكانيكية

2 الهدف من الاختبار، مثل:

"تحديد مقاومة الشد لمادة الفولاذ الكربوني".

3 وصف طريقة الاختبار:

المعايير المتبعة (ASTM E8/ISO 6892)، ونوع الجهاز، وعدد العينات.

4 النتائج المسجلة:

القيم العددية، والجداول، والرسوم البيانية.

5 تحليل وتفسير النتائج:

مقارنة النتائج بالقيم المرجعية، وتحليل الانحرافات، وتحديد الأسباب المحتملة للفروقات.

6 الاستنتاجات والتوصيات، وتتضمن الآتي:

- مدى مطابقة المواد للمواصفات.
- الحاجة إلى إعادة الاختبار.
- مقترحات لتحسين الأداء أو ضبط الجودة.

7 المراجع والملاحق (إن وجدت):

صور العينات، أو بيانات المعايرة، أو نسخ من المعايير المستخدمة.

المهارات المطلوبة من الفني أو المهندس (Required Technical Skills)

يتطلب العمل في مجال الاختبارات الميكانيكية امتلاك فنيٍّ ومهندسيٍّ المختبر مهارات تقنية وتحليلية دقيقة لضمان جودة النتائج وموثوقيتها، كما يتطلب امتلاكهم للمهارات الآتية:

- فهم أنواع الاختبارات الميكانيكية ومخرجاتها.
- استخدام برامج تحليل البيانات، مثل: (Excel).
- إعداد تقارير فنية دقيقة وواضحة.
- تطبيق المعايير الدولية في التوثيق.
- مراعاة الدقة والنزاهة في التسجيل دون تعديل أو حذف للبيانات الحقيقية.



برامج تحليل البيانات



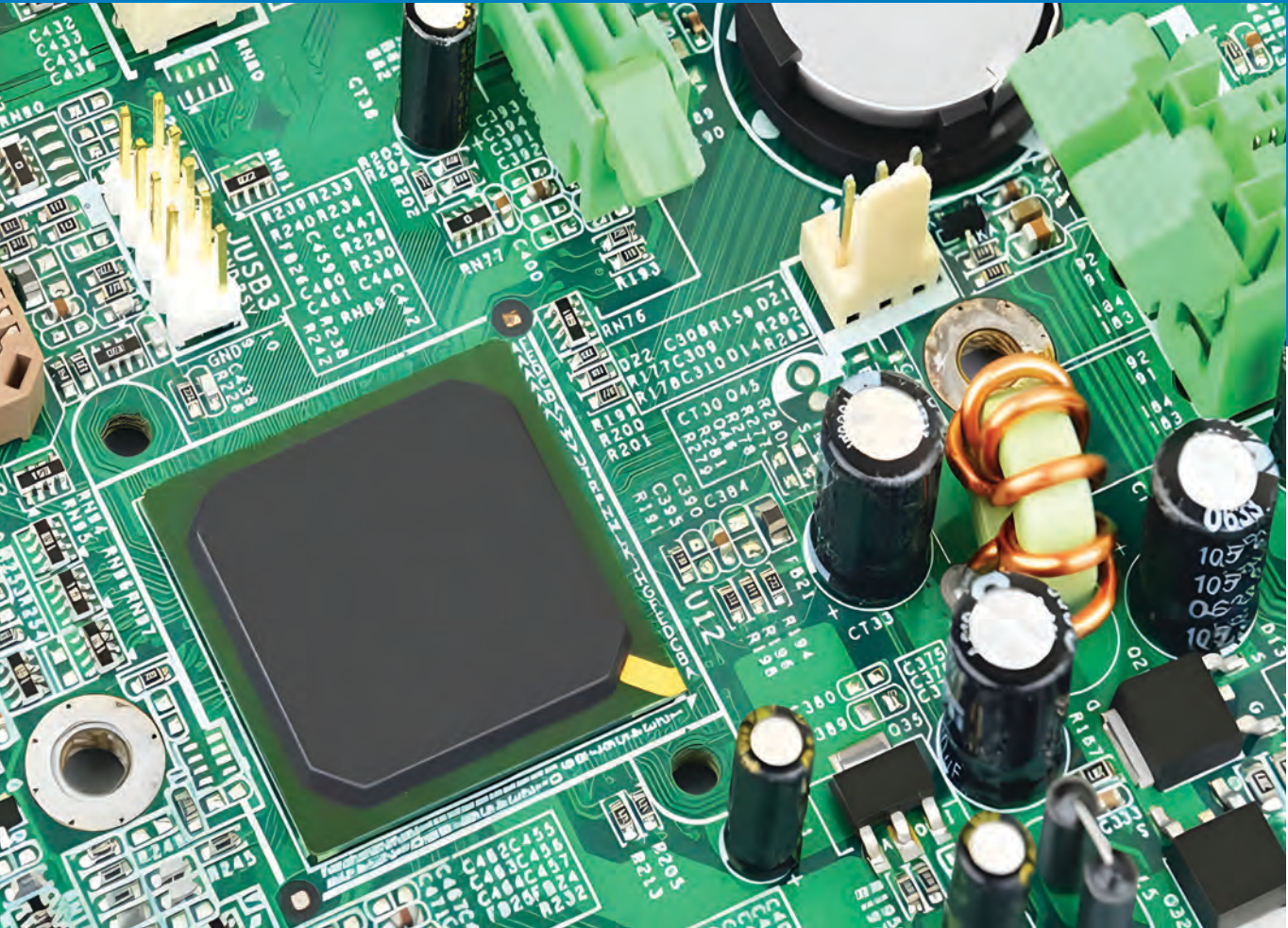
أسئلة الوحدة

- عرف الاختبارات الميكانيكية.
- اذكر هدفين أساسيين من إجراء الاختبارات الميكانيكية.
- ما الفرق بين خاصية المتانة وخاصية الصلادة؟
- عرف الاختبارات الحرارية باختصار.
- اذكر مثالين على التطبيقات الصناعية للاختبارات الحرارية.
- اشرح وظيفة كل من الأفران، وحمامات التجمد، وغرف المناخ في الاختبارات الحرارية.
- عرف اختبار الاهتزاز باختصار.
- اذكر مثالين من التطبيقات الصناعية لاختبار الاهتزاز.
- ما الفرق بين جهاز التسارع وجهاز قياس الإزاحة؟
- اذكر ثلاثة عناصر يكون تحليلها في الزيت.
- اذكر الأدوات المستخدمة في قياس سرعة دوران المحرك.
- ما أهمية اختبار سرعة دوران المحرك وتحليل الزيت في الصيانة الوقائية؟
- عرّف عملية تحديد الأعطال.
- قارن بين منهج النقاط الست ومنهج استبدال الوحدات من حيث المفهوم الأساسي والتكلفة والاستخدام.
- كيف يمكن أن يؤدي ضعف التوثيق إلى قرارات تشغيلية خاطئة؟
- ما العلاقة بين تحليل البيانات وتحسين جودة المنتج؟
- اذكر طرق توثيق الاختبارات الميكانيكية؟

الوحدة الثالثة

مقدمة في الإلكترونيات

Introduction to Electronics



محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

المكونات الإلكترونية

85 (Electronic Components)

الدرس الثاني

التعرف العملي على المكونات الإلكترونية

90 (Practical Identification of Electronic Components)

الدرس الثالث

الرموز الإلكترونية

95 (Electronic Symbols)

الدرس الرابع

رسم وقراءة مخططات الدوائر الإلكترونية

99 (Drawing and Reading Electronic Circuit Diagrams)

الدرس الخامس

تجميع الدوائر الإلكترونية الأساسية

107 (Basic Electronic Circuit Assembly)

الدرس السادس

العمل الآمن في تجميع الدوائر الإلكترونية

113 (Safe Practices in Assembling Electronic Circuits)

الدرس السابع

أدوات القياس في الدوائر الإلكترونية

119 (Measuring Instruments in Electronic Circuits)

الدرس الثامن

أجهزة الاختبار الرقمية

128 (Digital Testing Instruments)

132 أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتَّبَع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يوضح أهمية الإلكترونيات ودورها في المجالات المختلفة.
- يُمَيِّز بين أنواع المكونات الفعالة والسلبية.
- يتعرَّف المكونات الإلكترونية الأساسية.
- يشرح وظائف المكونات الإلكترونية الأساسية.
- يتعرَّف تطبيقات الإلكترونيات في المجالات الصناعية والعلمية.
- يذكر طرق التعرف العملي على المكونات الإلكترونية.
- يوضح كيفية قراءة قيم المكونات الإلكترونية.
- يذكر أهمية استخدام الرموز الإلكترونية في المخططات والرسومات الفنية.
- يُمَيِّز الرموز الأساسية للمكونات الإلكترونية الشائعة.
- يُفسِّر الدوائر البسيطة باستخدام الرموز القياسية.
- يذكر مفهوم مخططات الدوائر وأهميتها في العمل الكهربائي والإلكتروني.
- يُمَيِّز بين أنواع المخططات الكهربائية المختلفة.
- يرسم مخطط دائرة كهربائية صحيحة باستخدام الرموز القياسية.
- يستخدم الأدوات الأساسية لتجميع الدوائر الإلكترونية بأمان ودقة.
- يتعرَّف خطوات تركيب المكونات على اللوحات الإلكترونية.
- يشرح أهمية الدقة والتنظيم أثناء التجميع لضمان جودة الأداء وسلامة الدائرة.
- يوضح مفهوم التجميع الآمن وأهميته في بيئة العمل الكهربائية والإلكترونية.
- يتعرَّف المخاطر المحتملة أثناء تجميع الدوائر والمكونات.
- يطبق خطوات التجميع بأمان.
- يتعرَّف أدوات القياس المختلفة المستخدمة في الصيانة الميكانيكية والإلكترونية.
- يطبق أدوات القياس تطبيقاً صحيحاً؛ لضمان دقة النتائج.

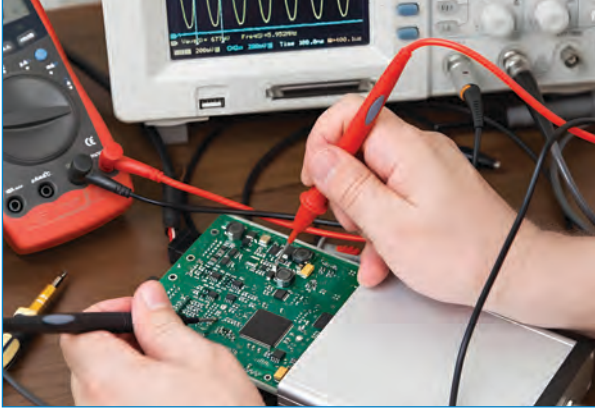
- يذكر العوامل التي تؤثر على دقة القياس، وكيفية تقليل الأخطاء.
- يستخدم أدوات القياس بأمان وكفاءة أثناء الصيانة.
- يتعرّف أجهزة الاختبار الرقمية الشائعة في أعمال الصيانة.
- يشرح وظيفة كل جهاز واستخدامه في قياس القيم الكهربائية.
- يستخدم أجهزة الاختبار الرقمية استخداماً آمناً وفعالاً في التشخيص والصيانة.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة فهماً شاملاً للمبادئ والمكونات الإلكترونية الأساسية من خلال دراسة خصائصها ووظائفها في الدوائر، ويتعرف الطلبة عملياً المكونات الإلكترونية من خلال تدريب مباشر يساعدهم على التمييز بين أنواعها وطرق تركيبها الصحيحة، وتغطي الوحدة الرموز الإلكترونية ومعانيها بوصفها اللغة الأساسية لفهم المخططات الفنية، ويتدرب الطلبة على قراءة ورسم مخططات الدوائر الإلكترونية بدقة وفق المعايير الفنية المعتمدة، وتشرح الوحدة الخطوات الصحيحة لتركيب المكونات على اللوحات واختبارها وتجميع الدوائر الإلكترونية الأساسية، إضافةً إلى توضيح أساسيات وإجراءات العمل الآمن أثناء تجميع الدوائر الإلكترونية وحماية المتدربين من المخاطر المحتملة، وتشمل الوحدة كذلك أجهزة الاختبار الرقمية وأدوات القياس ودقتها؛ لضمان موثوقية النتائج، مع التدريب على استخدامها في الفحص والتشخيص.

المكونات الإلكترونية

(Electronic Components)



تُعد الإلكترونيات أساسًا لجميع الأنظمة الحديثة، سواء كانت ميكانيكية، أو كهربائية، أو إلكترونية، حيث يهتم علم الإلكترونيات بدراسة سلوك المكونات الإلكترونية والتحكم في تدفقها لإنشاء أنظمة قادرة على القياس، والتحكم، والتشغيل، والمعالجة، وتُستخدم تطبيقات الإلكترونيات في الأجهزة الصناعية والمنزلية، والسيارات، وأنظمة التبريد، والتكييف.

وتكمن أهمية الإلكترونيات في الآتي:

■ تكامل الأنظمة:

تعمل على الربط بين المكونات الميكانيكية والكهربائية لتشغيل المعدات بكفاءة ودقة.

■ الوقاية من الأعطال:

تُساعد في التحكم في التيار والجهد وتنظيم الإشارات داخل الأنظمة الإلكترونية؛ لضمان استقرارها وكفاءتها قبل حدوث مشاكل.

■ رفع كفاءة النظام:

من خلال ضبط الدوائر الإلكترونية وتعديلها لتحقيق كفاءة أعلى.

■ تشخيص الأعطال:

تُساعد في تحديد الأعطال الكهربائية والإلكترونية في مراحلها المبكرة قبل حدوث تلف كبير.



الإلكترونيات (Electronics):

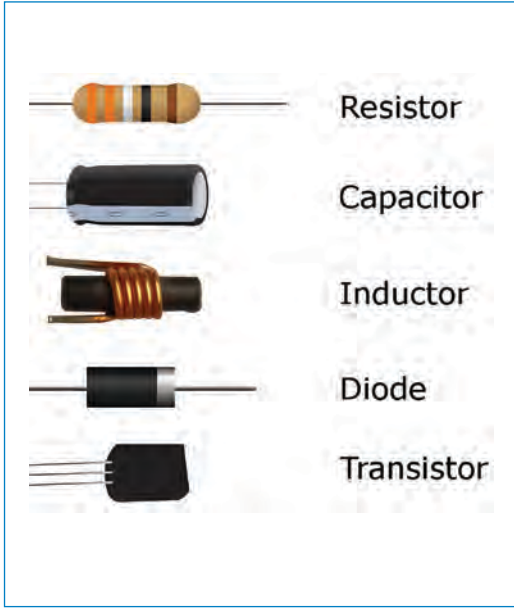
فرع من فروع الفيزياء والهندسة يهتم بدراسة تدفق الإلكترونات في المكونات والدوائر الكهربائية للتحكم في التيار والجهد، ومعالجة الإشارات، وتشغيل الأجهزة المختلفة.



تصنيف المكونات الإلكترونية الأساسية (Basic Electronic Components Classification)

يمكن تصنيف المكونات الإلكترونية إلى نوعين رئيسيين كالآتي:

1 المكونات السلبية (Passive Components):



هي المكونات التي لا تولّد طاقة، ولكن تتحكم في تدفق التيار أو الجهد داخل الدائرة، مثل المقاومات (Resistors)، والمكثفات (Capacitors)، والمحثات (Inductors).

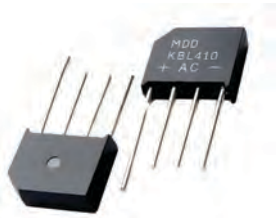
2 المكونات الفعّالة (Active Components):

هي المكونات التي يمكنها تضخيم الإشارات أو التحكم في تدفق الطاقة، مثل الدايودات (Diodes)، والترانزستورات (Transistors).

المكونات الإلكترونية الأساسية (Basic Electronic Components)

في أي نظام إلكتروني، تتكامل المكونات المختلفة لتكوين دوائر قادرة على أداء وظائف محددة مثل التحكم، أو القياس، أو التشغيل، وكل مكون له دور أساسي يُسهم في عمل الدائرة بفاعلية، ويوضح الجدول الآتي أهم المكونات الإلكترونية الأساسية:

المكون	الرمز الحرفي	الاستخدام	شكل توضيحي
المقاومة (Resistor)	R	- الحد من مرور التيار، وحماية المكونات الأخرى. - المساعدة في توزيع الجهد داخل الدائرة.	
المكثف (Capacitor)	C	- تخزين الطاقة مؤقتاً في شكل شحنة كهربائية. - تنعيم التيار، وتصفية الإشارات. - المساعدة في التحكم في التذبذبات.	
الدايودات / الثنائيات (Diode)	D	- التحكم في الدوائر الإلكترونية. - توفير حماية من الانعكاس. - التحكم في تدفق التيار في الدوائر الإلكترونية، والسماح بمروره في اتجاه واحد فقط.	
الترانزستور (Transistor)	Q	- العمل بمثابة مفتاح إلكتروني للتحكم في الإشارات. - تضخيم الإشارات، أو التبديل بين الحالات في الدائرة، وتنفيذ الدوائر المنطقية.	
المقاوم الحركي (Potentiometer)	P	- تغيير قيمة المقاومة تغييراً مُتحكماً فيه. - التحكم في الجهد، أو التيار يدوياً. - ضبط شدة الإضاءة، أو الصوت.	

المكون	الرمز الحرفي	الاستخدام	شكل توضيحي
المستشعرات/ الحساسات (Sensors)	-	- تحويل الظواهر الفيزيائية إلى إشارات كهربائية. - تُستخدم في أنظمة القياس والتحكم الذكي لاكتشاف الحرارة، أو الضغط، أو الضوء، أو الحركة.	
المشغلات (Actuators)	-	- تحويل الإشارات الكهربائية إلى حركة ميكانيكية. - تشغيل الصمامات، والمحركات، والأنظمة الميكانيكية.	
المحثات (Inductors)	L	- تخزين الطاقة في المجال المغناطيسي. - تصفية الإشارات. - التحكم في تدفق التيار في الدوائر الترددية.	
المكونات الرقمية (Logic ICs, Microcontrollers)	IC	- معالجة الإشارات الرقمية. - تشغيل الأنظمة الذكية والتحكم في الأجهزة، والعمليات الأوتوماتيكية. - تنفيذ العمليات المنطقية المعقدة.	

تطبيقات الإلكترونيات (Applications of Electronics)



تؤدي الإلكترونيات دورًا محوريًا في مختلف المجالات الصناعية والعلمية والحياتية، حيث تُسهم في تطوير الأنظمة الذكية وتحسين كفاءة التشغيل والتحكم، ومن أبرز تطبيقات الإلكترونيات ما يأتي:

1 الصناعة والتحكم الآلي:

تُستخدم الإلكترونيات في أنظمة التحكم بالمحركات، وخطوط الإنتاج، والروبوتات الصناعية؛ لضمان الدقة والسرعة في العمليات.

2 الأجهزة الكهربائية والإلكترونية المنزلية:

تدخل الإلكترونيات في تصميم وتشغيل الأجهزة، مثل: التلفاز، والثلاجة، والغسالة، وأجهزة التكييف؛ لتحسين الأداء وكفاءة الطاقة.

3 المركبات وأنظمة النقل:

تعتمد السيارات الحديثة على وحدات التحكم الإلكترونية (Electronic Control Units (ECU)) لإدارة المحرك، والفرامل، وأنظمة الأمان، والملاحة.

4 المجال الطبي:

تُستخدم الإلكترونيات في أجهزة التشخيص والعلاج، مثل: أجهزة رسم القلب، وأجهزة الأشعة، والمراقبة الحيوية للمريض.

5 الاتصالات وتقنية المعلومات:

تشكل الإلكترونيات أساس الهواتف الذكية، وشبكات الإنترنت، وأنظمة البث الفضائي، ومعالجة البيانات.

6 أنظمة الطاقة:

تُستخدم في محولات الطاقة، وألواح الطاقة الشمسية، وأنظمة التحكم في الشحن والتخزين؛ لتحسين كفاءة استخدام الطاقة.



تعد الإلكترونيات الركيزة الأساسية للتقدم التقني الحديث، إذ تُسهم في تطوير الحلول الذكية، وتحسين الإنتاج، ورفع جودة الحياة في جميع المجالات.

التعرف العملي على المكونات الإلكترونية

(Practical Identification of Electronic Components)

يُمثل التعرف العملي على المكونات حلقة وصل بين المعرفة النظرية والمهارات التطبيقية، فمعرفة شكل المكون ووظيفته وقيمته الكهربائية تساعد على فهم عمل الدائرة، وتشخيص الأعطال، وضمان تركيب المكونات تركيباً صحيحاً، ويُعزز من قدرة الفني على التعامل مع المكونات بثقة وأمان.

طرق التعرف العملي على المكونات الإلكترونية

(Methods of Practical Identification of Electronic Components)

يشمل التعرف العملي استخدام الحواس والأدوات معاً: البصر، واللمس، والقياس، والاختبار، وهذه المهارة أساسية في أعمال الصيانة، والإصلاح، والفحص، وفيما يأتي توضيح لهذه الطرق:

1- التعرف البصري (Visual Identification):

يجري من خلال فحص شكل المكون وحجمه وألوانه وعلاماته، ومن الأمثلة عليه ما يأتي:

- **المقاومات (Resistors):**
تُعرف من خلال الألوان على جسمها (شيفرة الألوان).
- **المكثفات (Capacitors):**
يُكتب على جسمها السعة بالفاراد (μF , nF, pF) والفولتية.
- **الدايود (Diode):**
له خط أسود أو فضي، يُشير إلى جهة الكاثود.
- **الترانزستور (Transistor):**
يكون له ثلاث أرجل، ويُكتب عليه رمز، مثل: (C1815, BC547).
- **المحثات (Inductors):**
تظهر على شكل سلك ملفوف، أو مكون أسطواناني نحاسي.
- **الدوائر المتكاملة (ICs) (Integrated Circuits):**
تُعرف من خلال رقم الطراز المطبوع عليها، مثل: (NE555, LM324).

2- التعرف من خلال رمز المكون (Printed Circuit Board Markings (PCB):

تُطبع رموز المكونات على اللوحة كالاتي:

■ R: للمقاومات (Resistors).

■ C: للمكثفات (Capacitors).

■ D: للدايودات (Diodes).

■ Q: للترانزستورات (Transistors).

■ IC: للدوائر المتكاملة (Integrated Circuits).



تساعد هذه الرموز الفنية في تحديد نوع المكون حتى في حال عدم وضوح العلامات عليه.

3- التعرف العملي بالمقارنة والاستبدال (Substitution & Comparison):

عند الشك في مكون معين، يمكن مقارنته بمكون سليم، أو استبداله مؤقتاً لاختبار الدائرة، وتُستخدم هذه الطريقة غالباً في صيانة الأجهزة عند غياب المخططات.

4- استخدام قواعد البيانات والمراجع (Datasheets & Catalogs):

يمكن إدخال رقم المكون المطبوع عليه في الإنترنت، أو قاعدة بيانات لمعرفة مواصفاته، ويُستخدم هذا الأسلوب خاصة في المكونات الحديثة، أو غير المعروفة.

5- التعرف باستخدام القياس (Measurement Identification):

يُستخدم الملتيميتر (Multimeter)، أو أجهزة القياس الرقمية لفحص القيم، والتأكد من نوع المكون كالاتي:

■ المقاومات (Resistors):

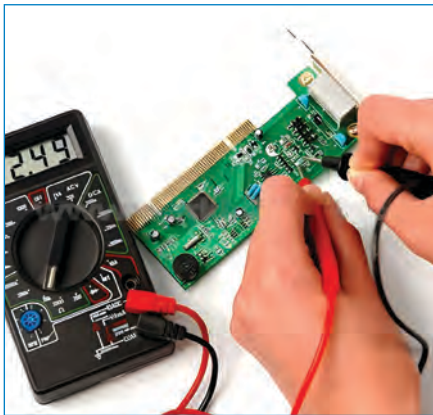
تُقاس قيمة مقاومتها الكهربائية بوحدة الأوم (Ω) باستخدام جهاز القياس في وضع المقاومة.

■ المكثفات (Capacitors):

تُقاس سعتها الكهربائية بوحدة الفاراد (F) باستخدام جهاز القياس في وضع السعة.

■ الدايدود (Diode):

اختبار الاتجاه الأمامي والخلفي.



■ الترانزستور (Transistor):

يمكن اختباره عن طريق قياس التوصيل بين أقطابه الثلاثة: القاعدة (Base)، والباعث (Emitter)، والمجمع (Collector)؛ للتأكد من سلامته وعمله الصحيح.

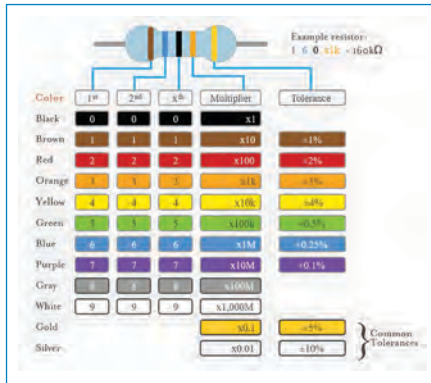
■ المحثات (Inductors):

يمكن اختبار الاستمرارية (Continuity) باستخدام جهاز القياس.

قراءة قيم المكونات الإلكترونية (Reading Values of Electronic Components)

تعد معرفة قيم المكونات الإلكترونية خطوة أساسية لضمان تركيب الدوائر تركيباً صحيحاً والعمل بكفاءة، والقدرة على قراءة هذه القيم تساعد الفنيين على تجنب الأخطاء، وحماية المكونات أثناء التجميع، وفيما يأتي توضيح لكيفية قراءة قيمة كل مكون:

(Resistors) المقاومات



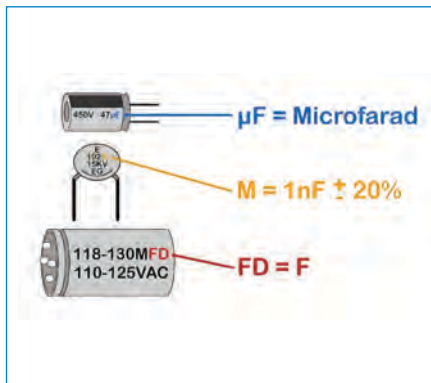
Color	1st	2nd	3rd	Multiplic	Tolerance
Black	0	0	0	x1	
Brown	1	1	1	x10	±1%
Red	2	2	2	x100	±2%
Orange	3	3	3	x1k	±3%
Yellow	4	4	4	x10k	±4%
Green	5	5	5	x100k	±0.5%
Blue	6	6	6	x1M	±0.25%
Purple	7	7	7	x10M	±0.1%
Gray	8	8	8	x100M	
White	9	9	9	x1,000M	
Gold				x0.1	±5%
Silver				x0.01	±10%

Common Tolerances

■ تُحدد قيمة المقاومة بالألوان على جسم المقاومة (Color Code).

■ لكل لون رمز رقمي يمثل رقماً محدداً، ويمكن استخدام جدول الألوان لتحديد القيمة بالأوم (Ω).

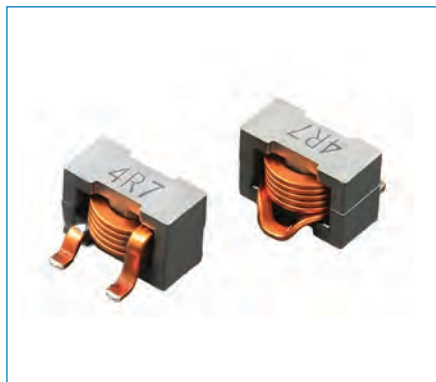
المكثفات (Capacitors)



■ تُقرأ قيمة السعة عادةً بوحدة الميكروفاراد (μF)، أو نانو فاراد (nF).

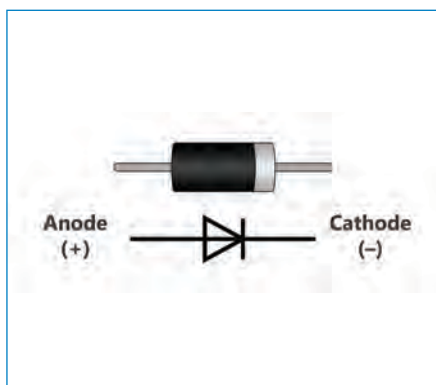
■ غالباً ما يكون مكتوباً مباشرة على جسم المكثف، أو برمز رقمي يحدد السعة.

المحثات (Inductors)



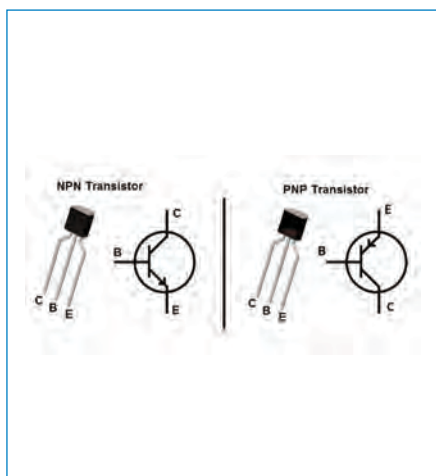
- تُحدد قيمة الحث بوحدة الهنري (H)، أو ميلي هنري (mH).
- غالباً يكون مكتوباً على الجسم مباشرة أو باستخدام رمز رقمي.

الدايودات (Diodes)



- يجري التعرف على نوع الدايدود من الرمز، أو الرقم المطبوع على الجسم.
- بعض الدايدودات، مثل (الزئير) تحدد جهد الانهيار (Breakdown Voltage (Vz)) مباشرة.

الترانزستورات (Transistors)



- تُقرأ من خلال الرقم المطبوع على الجسم لمعرفة نوع الترانزستور ثنائي القطب من النوع (NPN)، أو الترانزستور ثنائي القطب من النوع (PNP)، وخصائصه، مثل: تيار التشبع والجهد.
- يمكن استخدام جدول بيانات المصنع (Datasheet) لتفسير الرموز والقيم الدقيقة.

احتياطات السلامة أثناء فحص المكونات الإلكترونية (Safety Precautions in Electronic Components Inspection)

تتضمن احتياطات السلامة أثناء فحص المكونات الإلكترونية اتباع إجراءات وقائية لحماية الفنيين والمعدات، وتجنب الحوادث الكهربائية، أو تلف المكونات، ومن هذه الاحتياطات الآتي:

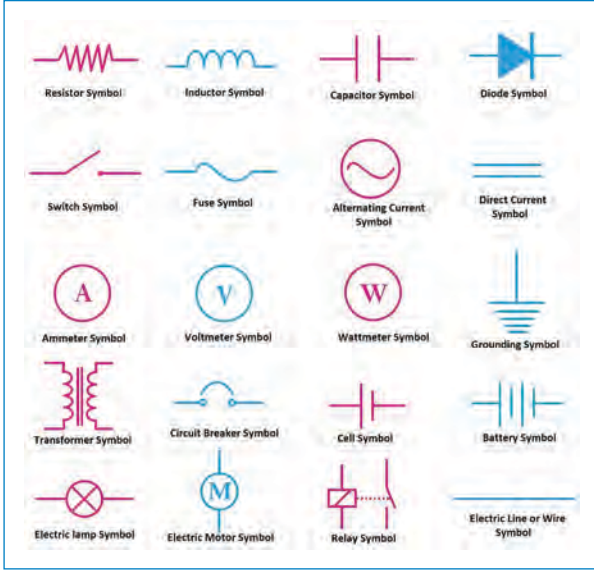


- استخدام أدوات قياس معزولة؛ لتجنب الصدمات الكهربائية.
- فصل مصدر الطاقة عن الدائرة قبل لمس المكونات.
- تجنب لمس أطراف المكونات الحساسة بالأصابع؛ لتجنب تلفها بالكهرباء الساكنة.
- ضبط جهاز القياس على النطاق المناسب قبل الاستخدام.
- تفريغ شحنات المكثفات قبل اختبارها، أو التعامل معها.
- تثبيت اللوحة الإلكترونية على سطح مستقر أثناء الفحص.
- تجنب العمل في أماكن رطبة، أو قريبة من مصادر الحرارة.
- استخدام جهد منخفض عند فحص المكونات الدقيقة.
- الالتزام بتعليمات الشركة المصنّعة لأجهزة القياس والمكونات.



الرموز الإلكترونية

(Electronic Symbols)



تُعد الرموز الإلكترونية لغة أساسية في الكهرباء والإلكترونيات، إذ تمثل المكونات داخل الدوائر تمثيلاً مبسطاً تُسهّل فهم المخططات وتحليلها بدقة، وتُساعد هذه الرموز على تجنب الأخطاء أثناء التركيب أو الصيانة، وتُسهّل التواصل بين أفراد فرق العمل عبر لغة موحدة وواضحة، تُقلّل الالتباس، وتُتيح توزيع المهام وفهم كل فرد لدوره بدقة؛ مما يعزز كفاءة تنفيذ المشاريع، وتُعد معرفة الرموز الإلكترونية خطوة ضرورية لفهم تصميم الدوائر وتنفيذها بدقة دون الحاجة لعرض المكونات الفعلية.

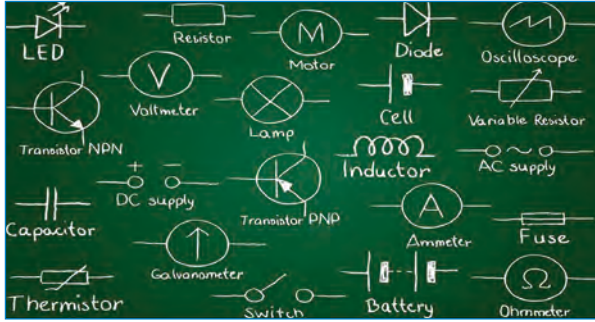
وتكمن أهمية الرموز الإلكترونية في الآتي:

- تسهيل قراءة وفهم الدوائر الكهربائية والإلكترونية.
- توفير الوقت أثناء التصميم والتركيب.
- ضمان توحيد الفهم بين الفنيين والمهندسين.
- الحد من الأخطاء الناتجة عن التفسير الخاطئ للدوائر.

الرموز وخطوط التوصيل (Symbols and Connection Lines)

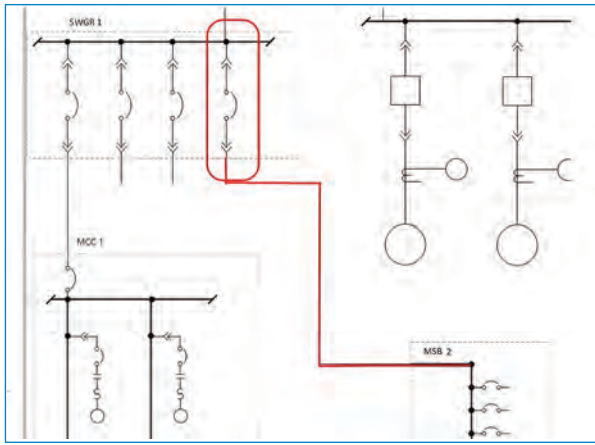
تمثل الرموز الكهربائية والإلكترونية وخطوط التوصيل العناصر الأساسية في مخططات الدوائر، إذ تُستخدم لتمثيل المكونات والعلاقات بينها تمثيلاً مبسطاً وواضحاً، وتُمكن الفنيين والمهندسين من فهم الدائرة دون الحاجة لرؤيتها فعلياً.

■ الرموز (Symbols):



الرموز هي أشكال، أو إشارات قياسية تُستخدم لتمثيل المكونات الكهربائية والإلكترونية المختلفة في المخططات، وتساعد هذه الرموز على توحيد لغة التواصل الفني بين جميع العاملين في مجالات الكهرباء والإلكترونيات.

■ خطوط التوصيل (Connection Lines):



تمثل خطوط التوصيل الأسلاك، أو المسارات التي تنقل التيار الكهربائي بين المكونات، كالآتي:

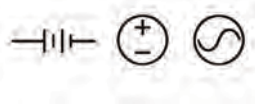
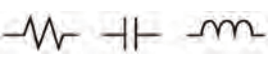
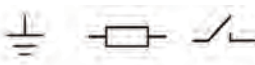
- تُرسم على شكل خطوط مستقيمة تربط الرموز ببعضها.
- عند تقاطع الخطوط دون اتصال، يُترك التقاطع بدون نقطة.
- وعند وجود اتصال كهربائي فعلي، تُرسم نقطة صغيرة (●) عند نقطة الالتقاء.
- يمكن تمييز بعض الخطوط باستخدام ألوان، أو رموز إضافية للدلالة على نوع الإشارة، أو الجهد.



تُستخدم الرموز وخطوط التوصيل لتبسيط عرض الدوائر المعقدة، وجعلها مفهومة ومقروءة؛ مما يسهل تصميمها، وتنفيذها، وصيانتها بدقة وأمان.

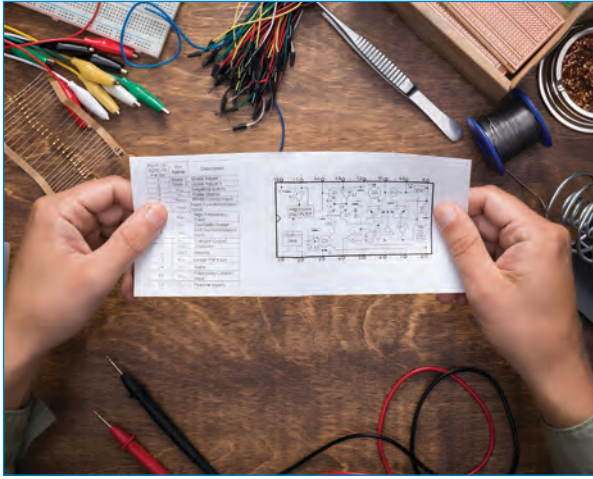
تصنيف الرموز في المخططات الكهربائية والإلكترونية (Symbols Classification in Electrical and Electronic Diagrams)

تُصنّف الرموز في المخططات الكهربائية والإلكترونية إلى عدة أنواع، وفقاً لوظائف المكونات التي تمثلها في الدائرة، وتشمل ما يأتي:

الرمز	تصنيف الرموز	الوصف	أمثلة
	رموز مصادر الطاقة (Power Sources)	تمثل عناصر توليد أو تزويد الطاقة.	- البطارية (Battery). - المولد الكهربائي (Generator). - مصدر التيار المستمر (DC Supply). - مصدر التيار المتردد (AC Supply).
	رموز التوصيل (Connections and Wires)	تُستخدم لبيان كيفية توصيل المكونات ببعضها.	- الأسلاك (Wires). - نقاط التقاء الأسلاك (Junctions). - عبور الأسلاك دون اتصال (Crossing Wires).
	رموز المكونات السلبية (Passive Components)	تمثل المكونات التي لا تولد طاقة.	- المقاومات (Resistors). - المكثفات (Capacitors). - المحثات (Inductors).
	رموز المكونات الفعالة (Active Components)	تشمل المكونات التي تتحكم في تدفق التيار.	- الثنائيات (Diodes). - الترانزستورات (Transistors). - الدوائر المتكاملة (ICs).
	رموز أجهزة القياس والتحكم (Measuring and Control Devices)	تمثل أجهزة المراقبة والقياس.	- الفولتميتر (Voltmeter). - الأميتر (Ammeter). - المفاتيح (Switches). - المرحلات (Relays).
	رموز التأريض والحماية (Grounding and Protection)	تشمل المكونات المسؤولة عن السلامة.	- الخط الأرضي (Ground). - الصمامات (Valves)، أو المنصهرات (Fuses). - القواطع (Circuit Breakers).

مبادئ التعامل الجيد مع الرموز الكهربائية والإلكترونية (Electrical and Electronic Symbols Handling Principles)

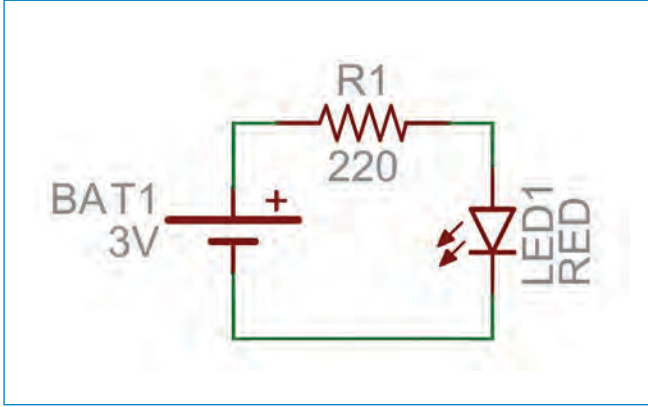
تهدف هذه الممارسات إلى ضمان الفهم الدقيق للمخططات، وتوحيد أسلوب العمل بين المهندسين والفنيين، وتقليل الأخطاء أثناء التصميم أو التنفيذ أو الصيانة، وفيما يأتي أهم هذه الممارسات:



- الالتزام بالمعايير الدولية المعتمدة، مثل: (IEC)، و(ANSI)؛ لضمان توحيد الرموز والفهم المشترك.
- استخدام أسلوب رسم موحد واتجاه ثابت لتدفق التيار من اليسار إلى اليمين.
- توضيح أسماء المكونات بجانب الرموز، مثل: (R1)، (C1)، (Q2) مع ذكر القيم، أو وحدات القياس (أوم، أو فولت، أو فاراد).
- رسم الخطوط رسماً مستقيماً ومنظماً، وتجنب التداخل، أو التشابك بين التوصيلات.
- استخدام زوايا قائمة (90°) في التوصيلات بدلاً من الخطوط المنحنية لسهولة القراءة.
- وضع نقطة واضحة عند التقاء الأسلاك المتصلة، وترك العبور بدون نقطة للأسلاك غير المتصلة.
- إنشاء جدول (Legend) يضم جميع الرموز وأسمائها ووظائفها في أسفل المخطط، أو جانبه.
- مراجعة المخطط بعد الانتهاء للتأكد من مطابقة الرموز للمكونات الفعلية في الدائرة.
- التدريب المستمر على قراءة الرموز وتحليل المخططات؛ لتحسين الدقة وسرعة الفهم.

رسم وقراءة مخططات الدوائر الإلكترونية

(Drawing and Reading Electronic Circuit Diagrams)



تُعد مخططات الدوائر الإلكترونية من الأدوات الأساسية لفهم وتشغيل الأنظمة الكهربائية قبل تنفيذها فعلياً، إذ تُظهر المكونات وطريقة توصيلها باستخدام رموز قياسية متعارف عليها، وتمثل هذه المخططات اللغة المشتركة بين المهندسين والفنيين، حيث تتيح لهم تصميم الدوائر بدقة، وتنفيذ عمليات التركيب والصيانة بكفاءة، وتشخيص الأعطال بسرعة وفاعلية، كما تُسهم في توثيق

المشاريع وتبادل المعلومات الفنية بين فرق العمل؛ مما يعزز دقة الأداء وسلامة التنفيذ.



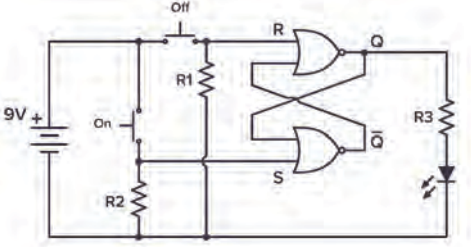
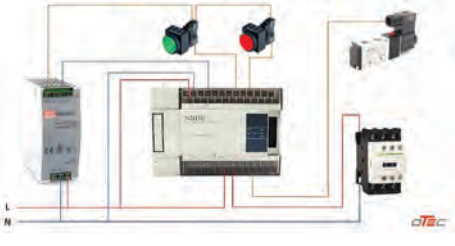
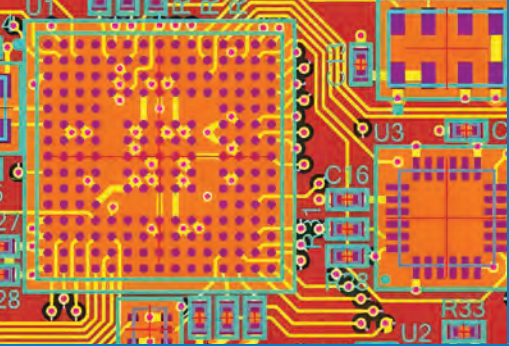
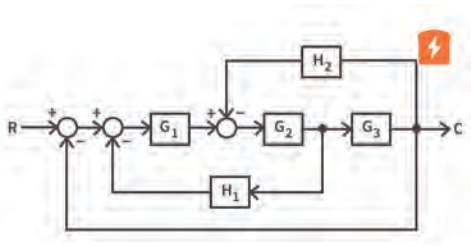
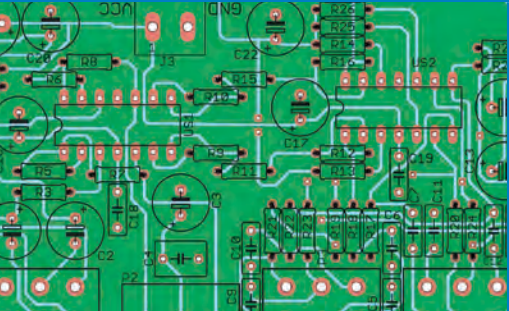
مخطط الدائرة الكهربائية (Electrical Circuit Diagrams):

هو رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين المكونات الكهربائية باستخدام رموز قياسية وخطوط تمثل التوصيلات، ويساعد المخطط في فهم طريقة عمل الدائرة قبل تنفيذها عملياً، ويُسهل تحليل الأخطاء وإجراء الصيانة دون الحاجة لرؤية المكونات الفعلية.

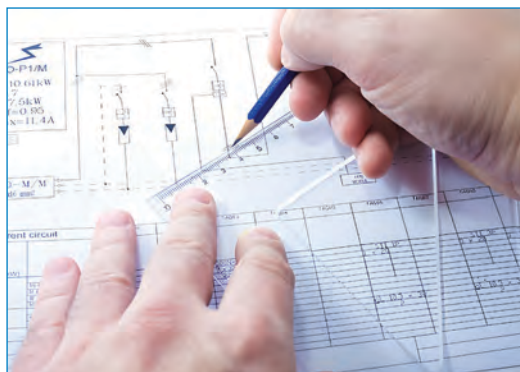
أنواع مخططات الدوائر الكهربائية والإلكترونية

(Types of Electrical and Electronic Circuit Diagrams)

تُستخدم مخططات الدوائر بأشكال مختلفة تبعاً للغرض من استخدامها ومستوى التفاصيل المطلوبة، ومن أهم أنواعها ما يأتي:

شكل توضيحي	الوصف	نوع المخطط
	يوضح المكونات الكهربائية والإلكترونية باستخدام رموز قياسية، ويُبين كيفية توصيلها معاً من حيث المنطق أو الوظيفة، دون الالتزام بمواقعها الفعلية.	المخطط التخطيطي (Schematic Diagram)
	يوضح كيفية توصيل الأسلاك فعلياً بين المكونات، وغالباً ما يُستخدم في التركيب والصيانة لتوضيح أماكن الأسلاك والألوان ومساراتها.	مخطط التوصيل (Wiring Diagram)
	يُظهر شكل المكونات كما تبدو في الواقع ومواقعها الفعلية داخل الجهاز أو اللوحة؛ مما يساعد في أعمال التجميع، أو التدريب العملي.	المخطط التركيبي، أو التوضيحي (Layout or Pictorial Diagram)
	يستخدم رموزاً بسيطة، أو مربعات لتمثيل الأجزاء، أو الوحدات الرئيسية في النظام، ويُستخدم لشرح المفهوم العام، أو تدفق الإشارات والوظائف دون تفاصيل دقيقة.	مخطط الكتلة (Block Diagram)
	يوضح المسارات النحاسية والمكونات المثبتة على لوحة الدائرة المطبوعة، ويُستخدم في تصميم وتصنيع الأجهزة الإلكترونية.	مخطط الدائرة المطبوعة (PCB Layout Diagram)

أدوات رسم المخططات الكهربائية والإلكترونية (Tools for Drawing Electrical and Electronic Diagrams)



يُستخدم في إعداد المخططات الكهربائية والإلكترونية عدد من الأدوات اليدوية والرقمية التي تساعد على رسم الدوائر بدقة ووضوح، ويمكن تصنيف هذه الأدوات إلى نوعين كالآتي:

■ الأدوات اليدوية (Manual Drawing Tools):

تُستخدم الأدوات اليدوية عند الرسم اليدوي على الورق، وتشمل ما يأتي:

1- المسطرة (Ruler):

تُستخدم لرسم الخطوط المستقيمة وتحديد المسافات بين المكونات.

2- المثلثات (Set Squares):

تساعد في رسم الزوايا الدقيقة، خصوصاً الزاويتين 30° و 60° و 90° .

3- الفرجار (Divider):

يُستخدم لرسم الدوائر الصغيرة والمكونات ذات الشكل الدائري، مثل: العدادات، أو الملفات.

4- الأقلام وأقلام الحبر التقنية (Technical Pens):

تُستخدم لرسم خطوط دقيقة وواضحة بأحجام مختلفة.

5- قوالب الرموز (Symbol Templates):

تحتوي على أشكال رموز كهربائية وإلكترونية جاهزة تُستخدم لتوحيد الرموز في المخطط.

6- الورق المربع أو ورق الرسم الهندسي (Graph Paper):

يساعد في الحفاظ على تناسب الأبعاد واستقامة الخطوط.

■ الأدوات الرقمية (Digital Drawing Tools):

تُستخدم في الرسم عبر الحاسوب لتوفير الدقة والسرعة وسهولة التعديل، ومن أبرز البرامج ما يأتي:

1- (AutoCAD Electrical):

من أشهر برامج تصميم الدوائر الكهربائية الصناعية.

2- (EPLAN Electric P8):

يُستخدم في تصميم مخططات التحكم والأنظمة الصناعية المعقدة.

3- (Proteus/Multisim):

برامج تُستخدم في رسم الدوائر الإلكترونية، ومحاكاتها قبل التنفيذ العملي.

4- (SolidWorks Electrical):

يُستخدم لتصميم أنظمة التوصيلات الكهربائية داخل النماذج الميكانيكية.

5- (Microsoft Visio/EdrawMax):

برامج تُستخدم لرسم المخططات البسيطة، أو التعليمية.



يعتمد اختيار أداة الرسم على نوع المشروع ومستوى الدقة المطلوب، فالأدوات اليدوية تناسب الأعمال التعليمية، أو السريعة، بينما الأدوات الرقمية توفر تصميمات احترافية دقيقة تُسهّل التعديل والطباعة والتوثيق الفني.

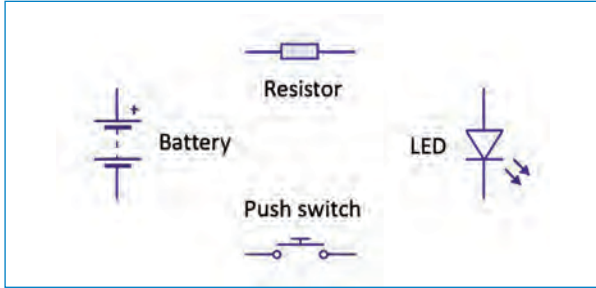
خطوات رسم مخطط دائرة كهربائية أو إلكترونية (Steps for Drawing an Electrical or Electronic Circuit Diagram)

يتطلب رسم المخططات الكهربائية فهمًا واضحًا للعناصر المكونة للدائرة وطريقة توصيلها؛ لضمان دقة التصميم وسهولة التنفيذ، وفيما يأتي الخطوات الأساسية لرسم المخطط رسماً صحيحاً ومنظماً:

1 تحديد الهدف من الدائرة:

تحديد وظيفة الدائرة والغرض من تصميمها، مثل: دائرة تشغيل محرك، أو دائرة تحكم، أو دائرة إضاءة، لتوضيح مكوناتها واتجاه التيار المطلوب.

2 حصر المكونات المطلوبة:



إعداد قائمة بجميع المكونات الكهربائية، أو الإلكترونية اللازمة مع قيمها ومواصفاتها.

3 اختيار الرموز القياسية للمكونات:

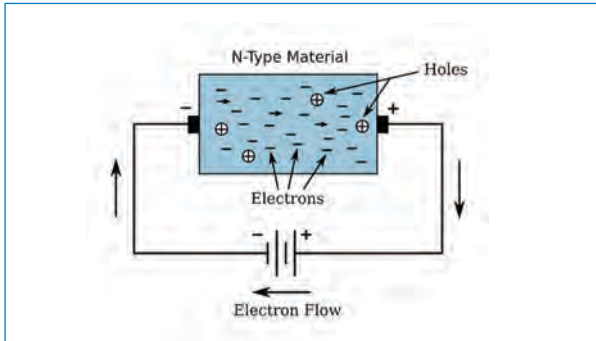
استخدام الرموز الكهربائية والإلكترونية المعتمدة دولياً (حسب معايير IEC أو ANSI) لتمثيل المكونات تمثيلاً موحداً وواضحاً.

4 تحديد ترتيب المكونات على المخطط:

ترتيب الرموز على الورقة أو البرنامج من اليسار إلى اليمين، أو من الأعلى إلى الأسفل بحسب اتجاه تدفق التيار، أو الإشارة في الدائرة.

5 رسم خطوط التوصيل:

التوصيل بين الرموز بخطوط مستقيمة تمثل الأسلاك أو المسارات الكهربائية، ووضع نقطة (●) عند كل اتصال فعلي بين الخطوط.



6 تحديد مصدر الطاقة ومسار التيار:

وضع مصدر الجهد، أو التيار في مكان واضح، وتحديد اتجاه تدفق التيار (من الموجب إلى السالب، أو العكس حسب نوع الدائرة).

7 إضافة القيم والتسميات:

كتابة القيمة، أو الرقم المرجعي، مثل: (R1، أو C1، أو Q1) بجانب كل مكون؛ لتسهيل القراءة والتجميع.

8 مراجعة الدائرة وتأكيدها:

التحقق من اكتمال جميع التوصيلات وعدم وجود تقاطعات خاطئة، ثم مراجعة تسلسل المكونات؛ للتأكد من أن المخطط يؤدي الوظيفة المطلوبة.

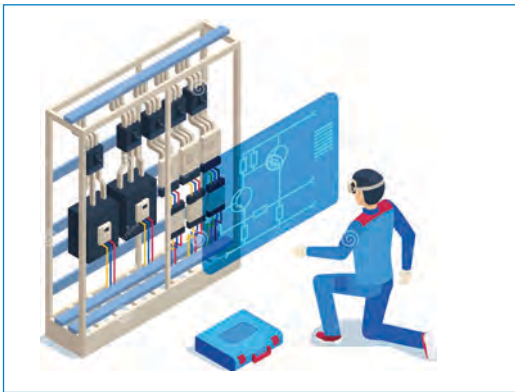
خطوات قراءة المخطط الكهربائي أو الإلكتروني (Steps for Reading an Electrical or Electronic Diagram)



قراءة المخططات الكهربائية والإلكترونية تعني فهم العلاقة بين المكونات المرسومة والوظائف التي تؤديها داخل الدائرة، وهي تتطلب مهارة في تحليل الرموز وفهم تسلسل التوصيلات، واتجاهات التيار، ويمكن اتباع الخطوات الآتية؛ لضمان قراءة صحيحة ودقيقة:

1 تحديد نوع المخطط:

تعرف نوع المخطط (تخطيطي، أو توصيلي، أو كتلي، إلخ) لتحديد مستوى التفاصيل والغرض منه.



2 قراءة عنوان المخطط والبيانات الأساسية:

مراجعة العنوان، ورقم الدائرة، وتاريخ الإصدار، والملاحظات الفنية لمعرفة الوظيفة العامة للمخطط والمواصفات المطلوبة.

3 تحديد مصدر الطاقة ومسار التيار:

تبدأ القراءة من رمز البطارية، أو مصدر التيار لتعرف موقع مصدر التغذية الكهربائية (AC/DC)، وتتبع اتجاه التيار من المصدر إلى المكونات الأخرى.

4 تعرف الرموز والمكونات:

قراءة الرموز المستخدمة، وتحديد نوع كل مكون، مثل: (المقاومات، والمكثفات، والترانزستورات، والمفاتيح، وأجهزة القياس) وفقاً للمفتاح الرمزي (Legend) المرفق بالمخطط، فكل مكون له رمز محدد ووظيفة معينة في الدائرة.

5 تتبع خطوط التوصيل:

تتبع الأسلاك والخطوط التي تُظهر كيفية ارتباط المكونات ببعضها، والتمييز بين الخطوط المتصلة فعلياً (بنقطة اتصال) والخطوط المتقاطعة دون اتصال.

6 تحليل ترتيب المكونات:

دراسة تسلسل المكونات يوضح طريقة عمل الدائرة، سواء كانت توصيل على التوالي (Series)، أو على التوازي (Parallel).

7 فهم تسلسل التشغيل:

تحليل كيفية انتقال الإشارة، أو التيار خلال المكونات المختلفة لفهم عمل الدائرة خطوة بخطوة.

8 فهم اتجاه التيار والإشارات:

يُحدد الاتجاه من القطب الموجب إلى السالب في التيار التقليدي، وتُستخدم الأسهم لتوضيح مسار الإشارات أو الطاقة.

9 مراجعة عناصر التحكم والحماية:

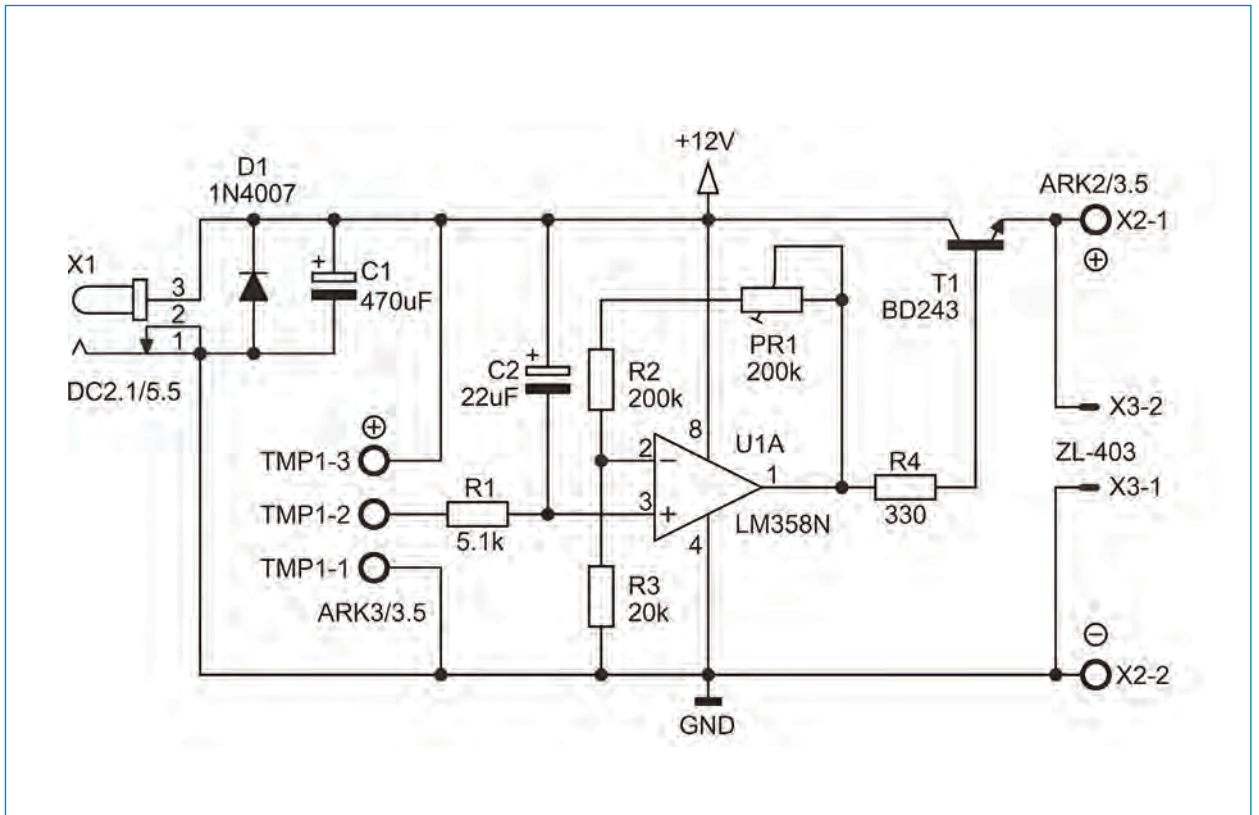
مثل: المفاتيح، والقواطع، والمرحلات، لمعرفة كيفية تشغيل الدائرة وإيقافها وحمايتها من الأعطال.

10 مراجعة النقاط المرجعية والأرضي:

التأكد من مواقع نقاط الأرضي (Ground) والمراجع الكهربائية الأخرى؛ لضمان فهم مسارات التيار فهماً صحيحاً.

11 التحقق من القيم والمواصفات:

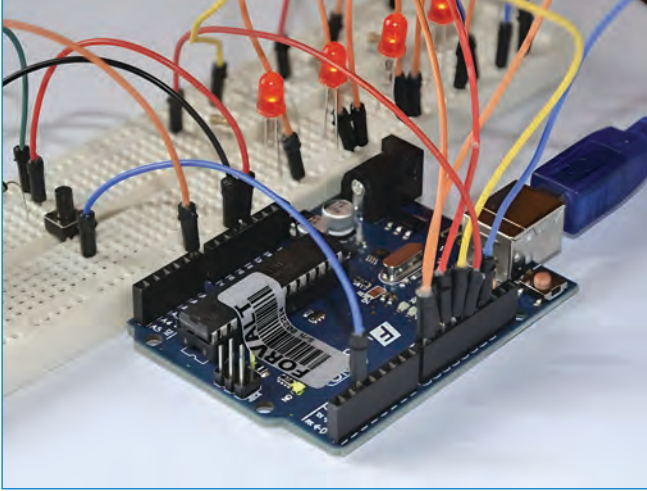
ملاحظة القيم المدونة بجانب الرموز، مثل: (المقاومة بالأوم أو الجهد بالفولت)؛ للتأكد من مطابقتها للمواصفات التصميمية.



مخطط لدائرة إلكترونية

تجميع الدوائر الإلكترونية الأساسية

(Basic Electronic Circuit Assembly)



يُعد تجميع الدوائر الإلكترونية من المهارات الأساسية في مجال الكهرباء والإلكترونيات، حيث يهدف إلى ربط المكونات الإلكترونية معاً ربطاً صحيحاً لتكوين دائرة تعمل وفق وظيفة محددة، مثل: تشغيل مصباح، أو تضخيم إشارة، أو التحكم في جهاز، وتبدأ عملية التجميع بفهم مخطط الدائرة ورموز المكونات، مثل: المقاومات والمكثفات والدايودات والترانزستورات، ثم تحديد مواقعها وتوصيلها على لوحة تجريبية (Breadboard)، أو لوحة

دائمة (Printed Circuit Board (PCB)) باستخدام الأسلاك أو اللحام، ويُعد التجميع خطوة أساسية قبل تشغيل أي دائرة، حيث أن أي خطأ في التوصيل، أو ترتيب المكونات قد يؤدي إلى فشل الدائرة، أو تلف المكونات.

وتتمثل أهمية تجميع الدوائر الإلكترونية في الآتي:

■ تحويل المخططات إلى أنظمة عملية:

من خلال التجميع تُنفَّذ التصاميم النظرية على أرض الواقع؛ مما يسمح بفهم كيفية عمل المكونات عند توصيلها فعلياً.

■ تنمية المهارات التقنية والعملية:

من خلال اكتساب مهارات استخدام الأدوات، وقراءة المخططات، وتوصيل المكونات، وإجراء اللحام بدقة وأمان.

■ فهم العلاقات بين المكونات:

يتيح معرفة تأثير كل مكون في الآخر داخل الدائرة، مثل تأثير المقاومة في شدة التيار، أو المكثف على استقرار الجهد.

■ القدرة على فحص واستكشاف الأعطال:

من خلال تتبع الإشارات الكهربائية، واكتشاف الأعطال وتصحيحها تصحيحاً منهجياً.

■ تطوير الابتكار والإبداع:

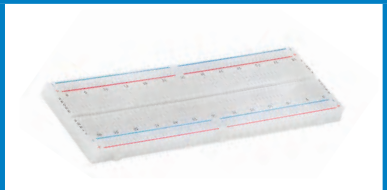
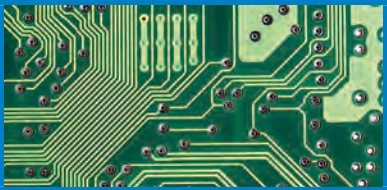
يفتح المجال لتصميم وتحسين الدوائر واختبار أفكار جديدة في مجالات التحكم، والاستشعار، والأنظمة الذكية.

■ تطبيقات صناعية وتعليمية واسعة:

تُستخدم مهارات التجميع في تصنيع الأجهزة الإلكترونية وصيانتها، وفي المختبرات التعليمية للتدريب على أساسيات الهندسة الإلكترونية.

الأدوات المستخدمة في التجميع (Tools used in Assembly)

تتطلب عملية تجميع الدوائر الإلكترونية استخدام مجموعة من الأدوات الدقيقة التي تساعد على تنفيذ التوصيلات الكهربائية تنفيذاً صحيحاً وآمناً، وتُعد معرفة هذه الأدوات واستخدامها بالطريقة المناسبة أمراً أساسياً؛ لضمان جودة التجميع وسلامة المكونات، ويوضح الجدول الآتي أهم الأدوات المستخدمة في تجميع الدوائر الإلكترونية ووظيفة كل منها:

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
اللوحة التجريبية (Breadboard)	تُستخدم لتركيب المكونات مؤقتاً دون الحاجة إلى لحام، وتُعد مثالية للتجارب والتدريب العملي.	
لوحة الدائرة المطبوعة (Printed Circuit Board (PCB))	تُستخدم لتثبيت المكونات تثبيتاً دائماً، وتنظيم التوصيلات بدقة على طبقات نحاسية.	
كاوية اللحام (Soldering Iron)	أداة أساسية تُستخدم لتوصيل المكونات بالأسلاك، أو باللوحة باستخدام القصدير.	

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
سلك اللحام (Solder Wire)	خليط من القصدير والرصاص، أو مواد خالية من الرصاص، مثل: (النحاس (Cu)، أو الفضة (Ag)، أو البزموت (Bi))، لتحسين جودة اللحام، وتقليل الأثر البيئي، وتُستخدم لإجراء التوصيلات الكهربائية.	
قطاعة الأسلاك (Wire Cutter)	تُستخدم لقص الأسلاك الزائدة والمكونات بدقة بعد التوصيل أو اللحام.	
كماشة الإبرة (Needle-Nose Pliers)	تُستخدم في ثني أو تثبيت الأسلاك والمكونات الصغيرة أثناء التجميع.	
مفك براغي صغير (Small Screwdriver)	يُستخدم لربط، أو فك البراغي الصغيرة في المكونات أو الحاملات.	
المقياس المتعدد / الملتيميتر (Multimeter)	جهاز أساسي لقياس الجهد، والتيار، والمقاومة، واختبار استمرارية الدائرة.	
شفاط القصدير (Desoldering Pump)	يُستخدم لإزالة اللحام الزائد، أو فك المكونات من اللوحة.	
منظف لوحة الدائرة (PCB Cleaner)	يُستخدم لتنظيف اللوحة من بقايا مساعد اللحام (الفلكس) والغبار بعد اللحام؛ لضمان أداء مستقر.	
الملقط (Tweezer)	يُستخدم لإمساك وتركيب المكونات الإلكترونية الصغيرة بدقة خاصة في المساحات الضيقة.	

مراحل وخطوات تنفيذ التجميع للمكونات الإلكترونية (Assembly Phases and Steps)



تُوضح خطوات التجميع الآمن الإجراءات المنظمة لتنفيذ الأعمال الكهربائية والإلكترونية بدقة وكفاءة، وتتمثل هذه المراحل والخطوات في الآتي:

1 التحضير المسبق (Pre-Preparation):

- مراجعة وقراءة وفهم المخطط الدائرة الكهربائية (Circuit Diagram) والتعليمات ومعرفة رموز المكونات ووظيفة كل جزء قبل البدء في التجميع.
- التأكد من فصل مصدر الطاقة الكهربائية كلياً.
- تجهيز مكان العمل بحيث يكون منظماً وخالياً من العوائق.

2 تجهيز الأدوات والمعدات (Tool and Equipment Preparation):

- تجهيز المكونات المطلوبة، مثل: المقاومات والمكثفات والدايودات، وفق المخطط الكهربائي.
- ترتيب المكونات على الطاولة ترتيباً يسهل الوصول إليه أثناء العمل.
- تجهيز الأدوات اللازمة لكل مهمة ككاوية اللحام والملمتيمتر، والتأكد من سلامتها.
- استخدام أدوات معزولة ومطابقة لمعايير السلامة.

3 فحص المكونات الإلكترونية والمواد (Component and Material Inspection):

- فحص المعدات الكهربائية قبل التشغيل؛ للتأكد من عدم وجود تلف.
- التأكد من سلامة المكونات الإلكترونية، وعدم وجود تلف، أو صدأ.
- استخدام جهاز الملمتيمتر لاختبار المكونات؛ للتأكد من سلامتها قبل التركيب.

4 تنفيذ التوصيلات والتجميع (Assembly and Wiring):

- تخطيط أماكن المكونات بترتيبها على لوحة التجارب، أو لوحة الدائرة المطبوعة ترتيباً منظماً؛ لتقليل التشابك وضمان سهولة الفحص.
- تركيب المكونات على اللوحة ووضعها في أماكنها الصحيحة وفقاً للمخطط الكهربائي، مع مراعاة اتجاه القطبية للمكثفات والدايودات.

- توصيل المكونات باستخدام الأسلاك وتجنب التلامس غير المقصود بين الأسلاك، أو لحامها على اللوحة التجريبية.
- قص الأسلاك الزائدة باستخدام أدوات التجريد ومقص الأسلاك وتنظيف اللوحة من بقايا القصدير والفلكس بعد اللحام.



الفلكس (Flux):

هو مادة كيميائية تُستخدم أثناء عمليات اللحام لإزالة الأكاسيد والشوائب من أسطح المعادن، ومنع تكون طبقة أكسيد جديدة أثناء التسخين؛ مما يساعد على تحسين التصاق معدن اللحام بالسطح المعدني وضمان لحام قوي ونظيف، ويُستخدم الفلكس في لحام القصدير، والنحاس، والألومنيوم، بأنواعه السائلة، أو الصلبة، أو على شكل معجون.

5 الفحص والاختبار الأولي (Initial Inspection and Testing):

- التحقق من اكتمال جميع التوصيلات، وعدم وجود قصر كهربائي.
- فحص التوصيلات بصرياً، أو باستخدام أجهزة القياس المختلفة؛ للتأكد من عدم وجود تماس كهربائي، أو نقاط مفتوحة، وفحص الدائرة.
- استخدام جهاز الملتيميتر (Multimeter) لقياس المقاومة، أو الجهد قبل التشغيل.
- التأكد من سلامة العوازل، وتثبيت المكونات تثبيتاً آمناً.

6 التشغيل التجريبي للنظام (Trial Operation):

- توصيل التيار الكهربائي تدريجياً أثناء مراقبة الأداء.
- استخدام مصدر طاقة مناسب بجهد منخفض مبدئياً لتجربة عمل الدائرة.
- تشغيل الدائرة والتحقق من أدائها وفق المطلوب، وفي حالة ظهور مشكلة يجري تتبع الإشارات واكتشاف الخطأ وإصلاحه.
- التأكد من عدم وجود شرر، أو سخونة، أو اهتزاز غير طبيعي.
- تسجيل الملاحظات والنتائج أثناء التشغيل التجريبي.

7 التوثيق النهائي والتنظيف (Final Documentation and Cleanup):

- توثيق خطوات العمل والملاحظات الفنية في سجل الصيانة، أو التقرير الفني.
- تنظيف مكان العمل، وإزالة بقايا الأسلاك، أو اللحام.
- تخزين الأدوات والمعدات في أماكنها المخصصة.



العمل الآمن في تجميع الدوائر الإلكترونية

(Safe Practices in Assembling Electronic Circuits)

يُعدّ التجميع الآمن ركيزة أساسية في الأعمال الكهربائية والإلكترونية، إذ يتطلب التعامل مع الدوائر والمكونات دقة ووعيًا عاليًا؛ لضمان سلامة الأفراد والمعدات، ويعتمد التجميع الآمن على إجراءات مُنظمة تضمن تنفيذ العمل بكفاءة وتقليل المخاطر المحتملة، ويُعد أساسًا لضمان جودة الأداء واستمرارية عمل الدوائر.



التجميع الآمن

(Safe Assembly):

هو عملية تركيب المكونات الكهربائية أو الإلكترونية تركيباً منظماً ووفق قواعد السلامة المهنية.

وتكمن أهمية التجميع الآمن في الآتي:

- حماية العامل من الصدمات الكهربائية والإصابات الناتجة عن الأدوات الساخنة، أو المكونات الحادة.
- حماية المكونات والدوائر من الأضرار الناتجة عن الكهرباء الساكنة، أو التوصيلات الخاطئة.
- تعزيز كفاءة العمل وجودته، وتقليل الأخطاء أثناء التركيب، أو الاختبار.
- توفير وقت وجهد الصيانة عن طريق تنفيذ العمل تنفيذاً منظماً وآمناً.

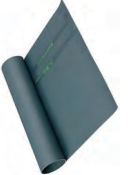
الأدوات الآمنة ومعدات الوقاية الشخصية المستخدمة

(Safe Tools and PPE used in Assembly)

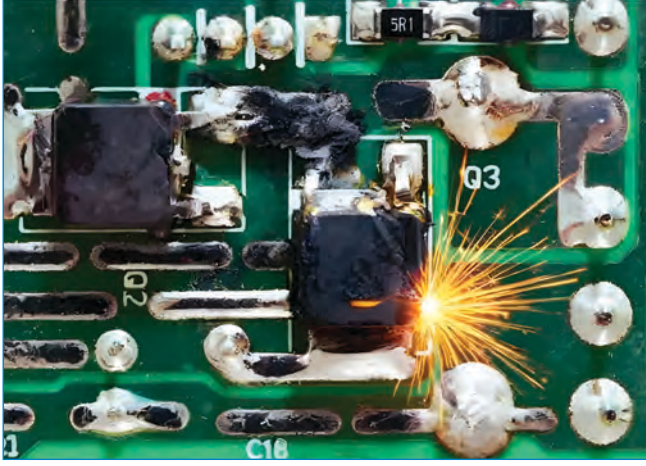


الأدوات الآمنة المستخدمة في عمليات التجميع هي الأدوات التي تتيح للفني أداء العمل بدقة وكفاءة مع تقليل احتمالية وقوع الحوادث، أو إصابة العامل، أو تلف المكونات، ويوضح الجدول الآتي أهم هذه الأدوات:

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
المفكات المعزولة (Insulated Screwdrivers)	تُستخدم لفك وتركيب البراغي دون التعرُّض لخطر الصعق الكهربائي.	
الملقط المعزول (Insulated Tweezers)	يُستخدم لإمساك المكونات الصغيرة أثناء اللحام أو التركيب بدقة وأمان.	
الكمّاشة المعزولة (Insulated Pliers)	تُستخدم لقطع أو ثني الأسلاك، وتثبيت المكونات بأمان.	
قاطع الأسلاك المعزول (Wire Cutter)	يُستخدم لقص الأسلاك المعدنية بدقة دون إتلاف المكونات المجاورة.	
أداة تجريد الأسلاك المعزولة (Wire Stripper)	تُستخدم لإزالة الغلاف العازل عن الأسلاك قبل التوصيل بأمان.	
مفاتيح الربط المعزولة (Wrenches)	تُستخدم لشد أو فك الصواميل والبراغي بإحكام دون انزلاق.	
محطة لحام مزودة بقاعدة أمان (Soldering Station with Safety Stand)	تُستخدم لتثبيت آلة اللحام وحمايتها من ملامسة الأسطح، أو سقوطها.	
آلة لحام ذات مقبض عازل (Insulated Soldering Iron)	مزودة بمقبض غير موصل للحرارة والكهرباء لضمان سلامة المستخدم.	

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
جهاز اختبار الدوائر (Circuit Tester/ Multimeter)	يُستخدم لفحص استمرارية التوصيلات وجهد الدوائر والتأكد من سلامتها قبل العمل.	
فرشاة تنظيف مضادة للكهرباء الساكنة (Anti-Static Brush)	تُستخدم لتنظيف اللوحات والمكونات دون إحداث شحنات كهربائية ضارة.	
مصباح الفحص المحمول (Inspection Lamp)	يُستخدم لتوفير إضاءة كافية أثناء عمليات التجميع الدقيقة.	
جهاز شفط الدخان (Fume Extractor)	يُستخدم لإزالة الأبخرة الضارة الناتجة عن عمليات اللحام.	
الغطاء الأرضي للعزل الكهربائي (Insulated Mat)	يُوضع تحت العامل لعزله عن الأرض، ومنع انتقال التيار الكهربائي.	
قفازات العزل الكهربائي (Insulating Gloves)	تُستخدم لحماية اليدين من ملامسة الأسلاك، أو المكونات المكهربة.	
نظارات الحماية (Safety Goggles)	تُستخدم لحماية العينين من الشرر، أو الجزيئات المتطايرة أثناء اللحام أو القطع.	
سوار تفريغ الشحنة الساكنة (Anti-Static Wrist Strap)	يُرتدى لتفريغ الكهرباء الساكنة من الجسم، ومنع تلف المكونات الحساسة.	

المخاطر المحتملة أثناء التجميع (Assembly Related Risks)



قد يتعرض الفني لعدة مخاطر أثناء تنفيذ أعمال التجميع الكهربائي والإلكتروني، تؤثر في سلامته، أو في سلامة المعدات والمكونات، ومن أهم المخاطر المحتملة أثناء التجميع الكهربائي والإلكتروني الآتي:

■ الصدمات الكهربائية (Electric Shock):

نتيجة لمس أسلاك، أو مكونات م كهربية.

■ الحروق (Burns):

تنتج من ملامسة آلة اللحام، أو الأسطح الساخنة.

■ الشرر وانفجار المكونات (Sparks or Component Explosion):

تنتج عند حدوث قصر كهربائي، أو لحام خاطئ.

■ الإصابات الميكانيكية (Mechanical Injuries):

مثل الجروح الناتجة من الأدوات الحادة، أو قطع الأسلاك.

■ التسمم أو استنشاق الأبخرة (Fume Inhalation):

نتيجة لأبخرة اللحام، أو المواد الكيميائية.

■ الضرر للمكونات الحساسة (Damage to Sensitive Components):

نتيجة للكهرباء الساكنة، أو التعامل الخاطئ.

■ الإجهاد والإرهاق (Fatigue or Strain):

نتيجة للعمل الطويل في أوضاع غير مريحة، أو التركيز الزائد على التفاصيل الدقيقة.

إجراءات وتدابير السلامة أثناء تجميع الدوائر الإلكترونية (Safety Procedures in Electronic Circuits Assembly)



تلف مكونات الدوائر الإلكترونية

يُعد الالتزام بإجراءات السلامة أثناء تجميع الدوائر الإلكترونية أمراً ضرورياً لحماية الأفراد والمعدات من المخاطر الكهربائية، أو الحرارية، وفيما يأتي أهم الإجراءات الواجب اتباعها:

- 1 فصل مصدر الطاقة قبل العمل (Disconnect Power Before Working):**
التأكد دائماً من فصل التيار الكهربائي قبل البدء في التجميع، أو إجراء أي تعديل على الدائرة.
- 2 استخدام أدوات معزولة (Use Insulated Tools):**
التأكد أن مقابض الأدوات، مثل: كاوية اللحام والكماشة معزولة جيداً؛ لتجنب الصعق الكهربائي.
- 3 عدم لمس الأجزاء المكهربة (Avoid Touching Live Parts):**
عدم لمس أي أسلاك، أو أطراف متصلة بالطاقة أثناء التشغيل.
- 4 العمل في مكان جيد التهوية (Work in a Well-Ventilated Area):**
لأن أبخرة اللحام قد تكون ضارة، لذا يُفضل العمل في بيئة ذات تهوية مناسبة، أو استخدام شفاط دخان.
- 5 استخدام النظارات الواقية (Wear Safety Goggles):**
لحماية العينين من تطاير القصدير، أو الشرر أثناء اللحام.
- 6 التنظيم الجيد لمكان العمل (Keep the Work Area Organized):**
الحفاظ على ترتيب الأدوات والأسلاك؛ لتفادي التشابك أو سقوط الأدوات الحادة.
- 7 عدم لمس كاوية اللحام من الطرف المعدني (Avoid Touching the Metal Tip of the Soldering Iron):**
لأن درجة حرارتها مرتفعة جداً، وقد تسبب حروقاً خطيرة.

8 وضع كاوية اللحام على الحامل المخصص (Place the Soldering Iron on Its Stand):

عدم ترك الكاوية على الطاولة مباشرة بعد الاستخدام، وينصح بوضعها على الحامل لتبريدها بأمان.

9 فحص مصدر الطاقة قبل الاستخدام (Check Power Supply Before Use):

التأكد أن الجهد والتيار المستخدم مناسبين للمكونات الإلكترونية؛ لتفادي تلفها.

10 التخلص من المكونات التالفة بأمان (Dispose of Damaged Components Safely):

عدم رمي المكونات التالفة في القمامة العادية، ويُفضل وضعها في حاويات مخصصة للنفايات الإلكترونية.

أدوات القياس في الدوائر الإلكترونية

(Measuring Instruments in Electronic Circuits)



تُعد أدوات القياس من الركائز الأساسية في الصيانة الكهربائية، والإلكترونية، والميكانيكية، فهي تساعد الفني على تحديد القيم بدقة، وضبط الأجهزة، وتشخيص الأعطال قبل أن تتفاقم المشكلات، وتعتمد جودة القياس اعتماداً كبيراً على اختيار الأداة المناسبة، وطريقة استخدامها، ومدى دقتها، لذلك يُعد فهم التطبيق الصحيح لكل أداة أمراً ضرورياً لتحقيق نتائج موثوقة وفعالة.

تصنيف أدوات القياس (Classification of Measuring Tools)

يمكن تصنيف أدوات القياس حسب المجال الذي تُستخدم فيه (ميكانيكي، أو كهربائي، أو إلكتروني، أو حراري، أو غيرها)، وفيما يأتي عرض شامل لأهم الأنواع واستخدامات كل منها:

■ أدوات القياس الميكانيكية

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
المسطرة المعدنية (Steel Ruler)	قياس الأطوال الصغيرة والخطوط المستقيمة بدقة محدودة.	
القدم ذات الورنية (Vernier Caliper)	قياس الأبعاد الخارجية والداخلية وعمق القطع بدقة عالية.	
الميكروميتر (Micrometer)	قياس السماكات والأقطار الصغيرة بدقة تصل إلى أجزاء من المليمتر.	

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
شريط القياس (Measuring Tape)	قياس المسافات الطويلة والأبعاد الكبيرة، مثل: أطوال الألواح، أو الأنابيب.	
منقلة الزوايا (Protractor)	قياس الزوايا بين الأسطح، أو القطع المعدنية.	
ميزان التسوية (Spirit Level)	التحقق من استواء الأسطح الأفقية، أو الرأسية.	

■ أدوات القياس الكهربائية

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
جهاز القياس المتعدد/ الملتيميتر (Multimeter)	■ قياس المقاومة (Ω): للتحقق من قيمة المقاومات ومطابقتها للمواصفات. ■ قياس الجهد (V) والتيار (A): للتحقق من سلامة الدوائر والمكونات النشطة قبل التركيب. ■ اختبار الدايود (Diode Test): لمعرفة اتجاه مرور التيار، والتأكد من عدم تلف الدايود. ■ اختبار الاستمرارية (Continuity Test): للتأكد من صحة التوصيلات والأسلاك.	
جهاز القياس ذو المشبك/ الكلامب ميتر (Clamp Meter)	قياس التيار دون الحاجة إلى فصل الدائرة.	

شكل توضيحي	الاستخدام	الأداة
	تحليل الإشارات الكهربائية المتغيرة للكشف عن الأعطال.	راسم الإشارة (Oscilloscope)
	فحص مقاومة العزل في الكابلات والمحركات.	جهاز اختبار العزل (Insulation Tester/ Megger)
	التأكد من سلامة التوصيلات، وعدم وجود انقطاع في الأسلاك.	جهاز اختبار الاستمرارية (Continuity Tester)
	التعرّف على المكونات الرقمية، مثل: الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits (ICs))، والبوابات المنطقية (Logic Gates)، والتأكد من عملها الصحيح.	جهاز اختبار الدوائر الرقمية (Logic Probe/Tester)
	قياس قيمة المحثات والمكونات ذات الخصائص المتغيرة (الحث، والسعة، والمقاومة) (L, C, R)، والتأكد من دقتها.	أداة قياس الحث (Inductance-Capacitance-Resistance Meter (LCR))
	قياس قيمة المكثفات، والتأكد من مطابقتها للمواصفات، خاصة عند تركيب دوائر دقيقة.	أداة قياس السعة (Capacitance Meter)

■ أدوات القياس الإلكترونية

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
مولد الإشارات (Signal Generator)	توليد إشارات كهربائية لاختبار الدوائر الإلكترونية.	
جهاز قياس التردد (Frequency Counter)	قياس تردد الإشارات الكهربائية، أو الموجات.	
محلل الطيف (Spectrum Analyzer)	تحليل مكونات الإشارات الترددية، ومعرفة مدى التداخلات.	

■ أدوات القياس الحرارية

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
مقياس حراري / الترمومتر (Thermometer)	قياس درجة الحرارة في الموائع، أو الأسطح.	
المزدوج الحراري (Thermocouple)	قياس درجات الحرارة العالية في الأنظمة الصناعية.	
الكاميرا الحرارية (Thermal Camera)	كشف التسربات الحرارية، أو الأعطال الكهربائية بالتصوير الحراري.	

■ أدوات القياس البيئية

الأداة	الاستخدام	شكل توضيحي
مقياس الرطوبة (Hygrometer)	قياس نسبة الرطوبة في الهواء.	
مقياس الضغط الجوي (Barometer)	قياس ضغط الهواء، وقياس ضغط السوائل والغازات في الأنظمة الميكانيكية.	
مقياس شدة الإضاءة (Lux Meter)	قياس مستوى الإضاءة في الأماكن المختلفة.	
مقياس مستوى الضوضاء (Sound Level Meter)	قياس شدة الصوت بالديسيبل (dB).	

الاستخدام الصحيح لأدوات القياس (Proper Use of Measuring Tools)



القياس باستخدام الميكروميتر الرقمي

يُعد الاستخدام الصحيح لأدوات القياس أساساً للحصول على نتائج دقيقة وموثوقة في مجالات الصيانة والفحص الهندسي، ولتحقيق ذلك، يجب اتباع الخطوات الآتية:

1 اختيار الأداة المناسبة:

يجب استخدام الأداة التي تتناسب مع نوع وطبيعة القياس المطلوب (طول، أو قطر، أو زاوية، أو تيار كهربائي، إلخ) لضمان دقة النتائج.

2 معايرة الأداة قبل الاستخدام:

ينبغي التأكد من معايرة الأداة بانتظام قبل القياس؛ لضمان دقة القراءات، وتقليل الأخطاء الناتجة عن الانحرافات.

3 وضعية القياس الصحيحة:

وضع الأداة في الموضع الصحيح، مثل جعل الفرجار، أو الميكروميتر في وضع مستقيم ومُتعامد على السطح، أو الجزء المراد قياسه.

4 تسجيل القيم مباشرة:

يجب تدوين القراءات فوراً بعد القياس؛ لتجنب نسيانها، أو حدوث لبس أثناء تحليل النتائج.

5 تجنب العوامل المؤثرة:

يُنصح بالابتعاد عن العوامل التي قد تؤثر في دقة القياس، مثل: الاهتزازات، وارتفاع، أو انخفاض درجة الحرارة، أو الرطوبة الزائدة.

دقة القياس وعوامل التأثير (Measurement Accuracy and Affecting Factors)



الدقة (Accuracy):

هي مدى اقتراب قيمة القياس من القيمة الحقيقية أو الفعلية للكمية المقاسة.



الدقة المعيارية (Precision):

هي مدى تكرار القياس لنفس النتيجة عند إجراء عدة قياسات متتالية لنفس العنصر وفي نفس الظروف.

تمثل دقة القياس والدقة المعيارية جانبين أساسيين؛ لضمان موثوقية نتائج القياسات في المجالات الصناعية والهندسية.

■ **مثال (1):** إذا كانت القيمة الحقيقية لطول قطعة معدنية (50.00 mm)، وجرى القياس فكانت النتيجة (49.98 mm)، فإن القياس دقيق جداً.

■ **مثال (2):** إذا قيست قطعة ثلاث مرات، وكانت القيم (49.97، 49.98، 49.97)، فهذا يدل على دقة معيارية عالية.



الدقة المعيارية للأجهزة الإلكترونية

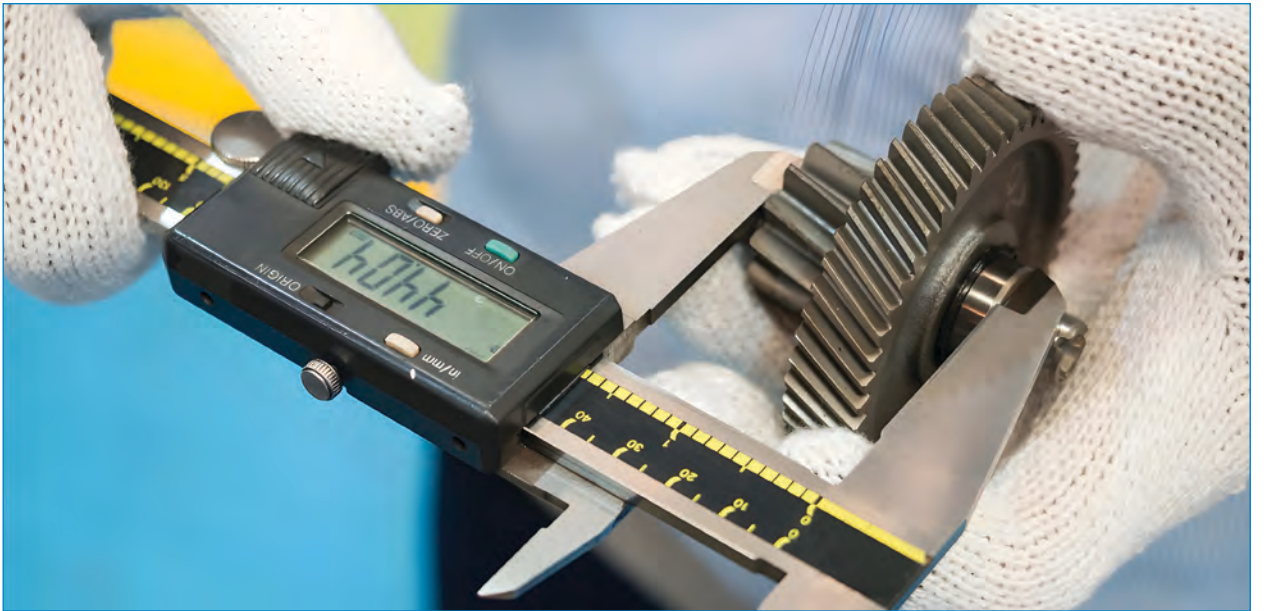
■ العوامل المؤثرة في دقة القياس:

توجد عدة عوامل قد تؤدي إلى أخطاء في القياس، أو انخفاض دقته، ومن أهمها ما يأتي:

العامل المؤثر	الشرح
أخطاء المستخدم	تنتج عن وضع الأداة وضعًا غير صحيح، أو قراءة القيم قراءة خاطئة.
تآكل أو تلف الأداة	يؤدي تآكل أطراف القياس، أو تلف أجزاء الأداة إلى نتائج غير دقيقة.
ظروف البيئة	مثل: الحرارة والرطوبة والاهتزاز التي قد تغير أبعاد القطعة، أو تؤثر في أداء الأداة.
المعايرة غير الصحيحة	استخدام أداة غير معايرة أو جرت معايرتها معايرة غير دقيقة يؤدي إلى نتائج خاطئة.

تعليمات استخدام أدوات القياس (Instructions of Measuring Tools Usage)

تُعد السلامة والدقة من العوامل الأساسية أثناء استخدام أدوات القياس في الورش أو المختبرات، إذ إن الإهمال في التعامل مع هذه الأدوات قد يؤدي إلى تلفها، أو الحصول على نتائج خاطئة، ولضمان الاستخدام الصحيح، يجب اتباع الإجراءات الآتية:



القياس باستخدام القدمة ذات الورنية الرقمية

- 1 **التأكد من نظافة الأداة قبل القياس:**
يجب إزالة الأتربة والزيوت، أو أي شوائب من على الأداة والسطح المقاس؛ لأن وجودها قد يؤثر في دقة القراءة.
- 2 **استخدام الضغط المناسب عند القياس:**
ينبغي عدم الضغط بقوة زائدة على الأداة، مثل: (الفرجار أو الميكروميتر)؛ لتجنب تشويه القطعة، أو تلف أطراف الأداة.
- 3 **الاحتفاظ بالأدوات في مكان آمن:**
تُحفظ أدوات القياس في صناديق مبطنة وجافة بعيداً عن الرطوبة، والغبار، والمجالات المغناطيسية؛ للحفاظ على سلامتها ودقتها.
- 4 **قراءة التعليمات الخاصة بكل أداة:**
يجب الاطلاع على دليل الاستخدام لكل أداة؛ لمعرفة طريقة التشغيل الصحيحة، وحدود القياس، ومتطلبات الصيانة الدورية؛ لتجنب الأخطاء أو التلف.

أجهزة الاختبار الرقمية

(Digital Testing Instruments)



أصبحت أجهزة الاختبار الرقمية، باعتبارها جزءاً من أدوات القياس، من الأدوات الأساسية المستخدمة في صيانة وتشخيص الأعطال الكهربائية والإلكترونية، حيث تتميز هذه الأجهزة بسهولة الاستخدام، وتوفر قراءات دقيقة وسريعة للقيم الكهربائية المختلفة بإظهار النتائج على شاشة رقمية واضحة؛ مما يسهل على الفنيين تحليل الدوائر وفهم عملها بسرعة وكفاءة، ومع تقدم التكنولوجيا، تطورت أجهزة الاختبار

الرقمية لتشمل أجهزة متخصصة لفحص الإشارات الكهربائية، وتحليل أداء المكونات المختلفة، مثل: الدايودات والترانزستورات، بالإضافة إلى قياس التردد والسعة والحرارة.



فحص الدوائر الإلكترونية

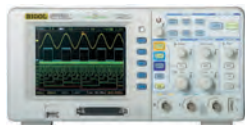
وتتميز أجهزة الاختبار الرقمية بالآتي:

- توفر دقة عالية في القياسات مقارنة بالأجهزة التناظرية التقليدية.
- تتميز بسهولة قراءة النتائج من خلال شاشتها الرقمية الواضحة.
- تؤدي عدة وظائف في جهاز واحد، مثل: قياس الجهد، والتيار، والمقاومة، والتردد.
- تمتاز بسرعة الاستجابة والقياس؛ مما يختصر وقت الفحص.
- خفيفة الوزن وسهلة الحمل للاستخدام في مختلف مواقع العمل.

- يمكن تخزين القراءات والنتائج لاستخدامها في التحليل والمتابعة لاحقاً.
- توفر مستوى أمان مرتفع بفضل أنظمة العزل والحماية الداخلية.
- تستهلك طاقة منخفضة؛ مما يُطيل عمر البطارية.
- تتميز بمتانة التصميم وقدرتها على تحمل ظروف العمل الصعبة.

أنواع أجهزة الاختبار الرقمية (Types of Digital Testing Instruments)

تتعدد أجهزة الاختبار الرقمية، ويوضح الجدول الآتي هذه الأنواع ووظائف واستخدام كل منها في بيئات العمل المختلفة:

الجهاز	الوظيفة	شكل توضيحي
جهاز القياس المتعدد الرقمي/المليمتير (Digital Multimeter (DMM))	جهاز متعدد الوظائف يقيس القيم الكهربائية في الدوائر الكهربائية والإلكترونية: الجهد، والتيار، والمقاومة بدقة رقمية.	
الأوميتر الرقمي (Digital Ohmmeter)	جهاز متخصص في قياس قيمة المقاومة الكهربائية، والتحقق من التوصيلات والأسلاك.	
الفولتميتر الرقمي (Digital Voltmeter)	قياس الجهد المستمر والمتعدد، ومراقبة فرق الجهد في المعدات والدوائر.	
الأميتر الرقمي (Digital Ammeter)	قياس التيار الكهربائي، والتأكد من عدم وجود حمل زائد.	
راسم الإشارة الرقمي (Digital Oscilloscope)	عرض شكل الإشارة الكهربائية على الشاشة الرقمية، وتحليل ترددها وسعتها، والكشف عن الأخطاء في الدوائر الإلكترونية.	

الجهاز	الوظيفة	شكل توضيحي
مقياس السعة الرقمي (Digital Capacitance Meter)	قياس قيمة المكثفات بدقة، والتحقق منها قبل التركيب، أو بعد التعطل.	
مقياس التردد الرقمي (Digital Frequency Meter)	فحص تردد الشبكات وقياس تردد إشارات الدوائر الكهربائية والإلكترونية.	
مقياس الحرارة الرقمي (Digital Temperature Meter/ Thermocouple)	قياس درجة الحرارة الرقمية بدقة في المحركات، والمحولات، والحساسات.	

استخدام أجهزة الاختبار الرقمية في الصيانة (Usage of Digital Testing Instruments in Maintenance)



تُعد أجهزة الاختبار الرقمية من الأدوات الأساسية في مجال الصيانة الكهربائية والإلكترونية، حيث تتيح للفنيين تنفيذ القياسات الدقيقة والفحوصات الشاملة للمكونات والدوائر، ويسهم استخدامها في تحقيق كفاءة عالية في أعمال الصيانة من خلال الآتي:

- فحص الدوائر الكهربائية والإلكترونية وضمان سلامة عملها.
- قياس قيم الجهد والتيار والمقاومة والتردد بدقة عالية.
- الكشف المبكر عن الأعطال والمشكلات قبل أن تتسبب في تلف المعدات.
- التأكد من استمرارية الأسلاك وسلامة التوصيلات في الأنظمة المختلفة.
- اختبار كفاءة المكونات الإلكترونية، مثل: البطاريات والمقاومات والمكثفات للتحقق من كفاءتها.
- تطبيق برامج الصيانة الوقائية والدورية بكفاءة عالية.
- تقليل فترات التوقف عن العمل، وتحسين موثوقية وأداء الأنظمة الكهربائية.

إجراءات العمل الآمن عند استخدام أجهزة الاختبار الرقمية (Safety Procedures in Digital Testing Instruments Usage)



إجراءات السلامة عند فحص الأجهزة الإلكترونية

يُعد الالتزام بإجراءات السلامة أمراً ضرورياً عند استخدام أجهزة الاختبار الرقمية؛ لضمان حماية المستخدم والجهاز معاً أثناء القياس أو الفحص، وفيما يأتي أهم إجراءات السلامة التي يجب اتباعها:

- ارتداء معدات الوقاية الشخصية، مثل: القفازات والعوازل المطاطية عند التعامل مع الدوائر الحية.
- التأكد من سلامة الجهاز والأسلاك قبل الاستخدام وعدم وجود تلف، أو قطع بالعوازل.
- اختيار المدى المناسب للقياس؛ لتجنب تلف الجهاز، أو إعطاء قراءات خاطئة.
- عدم لمس أطراف المجسات المعدنية أثناء القياس؛ لتفادي الصدمات الكهربائية.
- فصل الجهاز عن الدائرة قبل تغيير وضع القياس، أو استبدال المجسات.
- تجنب استخدام الجهاز في البيئات الرطبة أو بالقرب من السوائل؛ لمنع حدوث تماس كهربائي.
- عدم تجاوز حدود الجهد المسموح بها للجهاز كما هو مذكور في دليل التشغيل.
- إيقاف تشغيل الجهاز بعد الانتهاء من الاستخدام؛ للمحافظة على البطارية والعمر الافتراضي.
- اتباع تعليمات الشركة المصنعة بدقة عند التشغيل والصيانة الدورية.



أسئلة الوحدة

- عرّف الإلكترونيات، واذكر مجالات استخدامها.
- ما أهمية الإلكترونيات في الصيانة الحديثة؟
- ما الإجراءات الواجب اتباعها لضمان السلامة أثناء التعامل مع المكونات الإلكترونية؟
- اذكر ثلاث مكونات إلكترونية أساسية، ووضح غرض كل منها.
- ما الفرق بين المكونات الفعالة والسلبية؟
- ما وظيفة الدايود في الدائرة الإلكترونية؟
- ما أهمية الرموز الإلكترونية في الدوائر؟
- اذكر الفرق بين رمز المقاومة والمكثف.
- ما الفرق بين المخطط التخطيطي ومخطط التوصيل؟
- ما فائدة استخدام الرموز القياسية في الرسم؟
- ما الأدوات التي يمكن استخدامها في رسم المخططات؟
- لماذا يُعد معرفة الغرض من المكونات مهماً في الصيانة؟
- ضع قائمة بإجراءات السلامة عند التعامل مع المكونات الإلكترونية الحساسة.

- اذكر المراحل الأساسية لتجميع الدوائر الإلكترونية.
- اذكر الأدوات الأساسية المستخدمة في تجميع الدوائر الإلكترونية.
- اشرح إجراءً واحداً للسلامة عند تجميع الدوائر الإلكترونية.
- ما أهمية ارتداء أساور تفريغ الشحنات الساكنة؟
- اذكر ثلاثة أنواع من أدوات القياس، واستخدام كل منها.
- ما فائدة استخدام جهاز الملتيميتر أثناء فحص المكونات؟
- لماذا يُنصح بعدم لمس أطراف المكونات الحساسة بالأيدي مباشرة؟
- ما الفرق بين الدقة والدقة المعيارية في القياس؟
- اذكر عاملين رئيسيين قد يؤثران في دقة القياس.
- لماذا تُعد معايرة الأدوات المنتظمة مهمة في الصيانة؟
- اشرح أهمية استخدام أجهزة الاختبار الرقمية في الصيانة الكهربائية.
- اذكر ثلاثة أنواع من أجهزة الاختبار الرقمية، ووظائف كل منها.
- ضع قائمة بأهم إجراءات السلامة عند استخدام أجهزة الاختبار الرقمية.

الوحدة الرابعة

فحص وتقييم أجهزة القياس وأنظمة التحكم في العمليات

Inspecting and Assessing Measuring
Instruments and Control Systems



محتويات الوحدة الرابعة

الدرس الأول

أساسيات أجهزة القياس وأنظمة التحكم

139..... (Basics of Measuring Instruments and Control Systems)

الدرس الثاني

اختبار الحساسات والمحولات في أجهزة القياس وأنظمة التحكم

145.. (Testing Sensors and Transducers in Measuring Instruments and Control Devices)

الدرس الثالث

معدات اختبار أجهزة القياس وأنظمة التحكم

154..... (Measuring Instruments and Control Systems Test Equipment)

الدرس الرابع

أنظمة السلامة في أجهزة القياس

160..... (Safety Systems in Measuring Instruments)

الدرس الخامس

العزل الآمن لأجهزة القياس وأنظمة التحكم

166..... (Safe Isolation of Measuring Instruments and Control Systems)

الدرس السادس

تشخيص الأعطال في أجهزة القياس وأنظمة التحكم

172..... (Faults Diagnosis in Measuring Instruments and Control Systems)

179..... أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يعرّف أجهزة القياس وأنظمة التحكم وأهميتها في الأنظمة الصناعية.
- يصف كيفية عمل حلقات التحكم المفتوحة والمغلقة.
- يميز بين الأنواع المختلفة من الإشارات المستخدمة في أنظمة التحكم.
- يعرّف الحساسات والمحولات.
- يميز الحساسات والمحولات حسب نوع الكمية المقاسة.
- يحدد أعطال الحساسات والمحولات وطريقة فحصها.
- يشرح أهمية دقة القياس وأثرها في العمليات الصناعية.
- يذكر العوامل المؤثرة في دقة القياس.
- يطبق خطوات اختبار ومعايرة أداء أجهزة القياس.
- يعرف مفهوم أنظمة السلامة في أجهزة القياس.
- يميز بين أنواع أنظمة السلامة في أنظمة القياس والتحكم.
- يذكر مفهوم العزل الآمن وأنواعه.
- يشرح خطوات العزل الآمن لأنظمة الأجهزة.
- يحدد مخاطر العمل على أنظمة القياس دون عزل مناسب.
- يشرح مفهوم تشخيص الأعطال في المعدات الصناعية.
- يذكر طرق تشخيص الأعطال وأدواته.
- يطبق خطوات عملية التشخيص الفعال الصحيحة للأعطال.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تزويد الطلبة بفهم متكامل لأساسيات أجهزة القياس وأنظمة التحكم باعتبارها الأدوات الرئيسية لقراءة المتغيرات التشغيلية وضبطها، ثم يتعرف الطلبة أنواع الحساسات والمحولات وكيفية اختبارها؛ لضمان دقة القياسات والإشارات المستخدمة في أنظمة التحكم، ويتدرّب الطلبة على استخدام معدات اختبار أجهزة القياس؛ مما يعزز قدراتهم على إجراء الفحوصات الميدانية بدقة، وتتناول الوحدة أيضاً أنظمة السلامة المرتبطة بالأجهزة وطرق العزل الآمن لحماية الفنيين والمعدات أثناء العمل، وفي الختام تُركز على تقنيات التشخيص الحديثة المستخدمة في أعمال الصيانة من خلال دراسة المبادئ الأساسية لتحديد الأعطال، وتعرف تقنيات التشخيص المختلفة ودورها في تحسين كفاءة الصيانة، وتقليل التوقفات، وتشخيص المشكلات الفنية بفعالية.

أساسيات أجهزة القياس وأنظمة التحكم

(Basics of Measuring Instruments and Control Systems)



تُعد أجهزة القياس وأنظمة التحكم محور أي عملية صناعية حديثة، حيث تضمن مراقبة المتغيرات الحيوية، مثل: الضغط، والحرارة، والتدفق، والمستوى، وضبطها ضمن الحدود المطلوبة، وتعتمد هذه الأنظمة على مجموعة من الحساسات، والمحولات، ووحدات التحكم التي تعمل معاً لتحقيق أداء آمن ومستقر للعمليات

الصناعية، فعلى سبيل المثال، تعتمد أنظمة التبريد، والتكييف، ومعالجة المياه، والعمليات النفطية على أجهزة دقيقة لقياس الضغط، والتدفق، ودرجة الحرارة، ثم إرسال الإشارات إلى وحدات التحكم لاتخاذ القرارات المناسبة.



أجهزة القياس (Measuring Instruments):

هي أدوات تُستخدم لرصد وقياس المتغيرات الفيزيائية في العمليات الصناعية، مثل: الضغط، والحرارة، والتدفق، والمستوى، وتحويل هذه القياسات إلى إشارات قابلة للقراءة، أو الإرسال إلى وحدات التحكم.



وتكمن أهمية أجهزة القياس وأنظمة التحكم في الآتي:

- مراقبة سير التشغيل، والتأكد من أداء المعدات أداءً صحيحاً.
- تحسين كفاءة الإنتاج وجودة العمليات.
- حماية المعدات من التلف، أو الأعطال الناتجة عن ظروف تشغيل غير مناسبة.
- حماية العاملين، وتقليل المخاطر المحتملة.
- ضمان جودة المنتج النهائي وفق المواصفات المطلوبة.
- دعم أنظمة التشغيل الآلي، وتحسين التحكم في العمليات الصناعية.

مكونات نظام التحكم (Components of Control Systems)

يتكون أي نظام تحكم صناعي من أربعة أجزاء رئيسية تعمل معاً لضمان استقرار العمليات وتحقيق الأداء المطلوب:

المكوّن	الوظيفة	شكل توضيحي
الحساس (Sensor)	يلتقط القيمة الفعلية للمتغير الذي يُراد التحكم فيه، ويحولها إلى إشارة كهربائية أو هوائية، مثل: حساس الحرارة (Thermocouple)، وحساس الضغط (Pressure Sensor)، وحساس المستوى (Level Sensor).	
المحوّل (Transducer)	يحوّل نوع الإشارة من شكل إلى آخر دون تغيير قيمتها الفيزيائية، مثل: التحويل من إشارة هوائية إلى كهربائية (P/I)، أو من كهربائية إلى هوائية (I/P)، أو من تماثلية إلى رقمية والعكس.	
المرسل (Transmitter)	يحوّل إشارة القياس من الحساس (المستشعر) إلى إشارة معيارية يسهل التعامل معها ونقلها إلى وحدة التحكم.	
وحدة التحكم (Controller)	تتلقى الإشارة من المرسل وتُقارن القيمة الفعلية (PV) بالقيمة المطلوبة (SP)، وتتخذ قراراً بالتصحيح (Control Action) لتحقيق الاستقرار.	
المشغلات (Actuators)	هي العنصر النهائي للتحكم، الذي ينفذ الإجراء المطلوب للتحكم في المتغير، مثل: صمام التحكم (Control Valve)، والمحرك الكهربائي (Electric Motor)، والمضخة (Pump)، والسخان أو الملف اللولبي (Heater/Solenoid).	



مكونات نظام التحكم

أنواع أنظمة التحكم (Types of Control Systems)

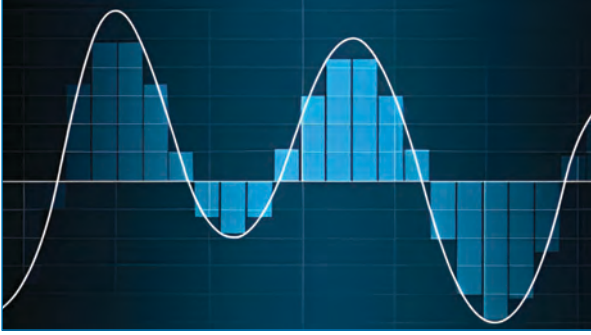
تحدد أنظمة التحكم كيفية إدارة العمليات الصناعية لضمان استقرار الأداء، وتنقسم إلى نوعين: مفتوحة الحلقة، ومغلقة الحلقة حسب استخدام التغذية الراجعة، وتوضح المقارنة الآتية الفرق بين نوعي أنظمة التحكم في العمليات الصناعية:

نوع نظام التحكم	الاعتماد على التغذية الراجعة	الوصف	مثال تطبيقي
التحكم مفتوح الحلقة (Open Loop Control)	لا يعتمد	التحكم وفق إعدادات مسبقة فقط دون معرفة التأثير الفعلي في المتغير.	تشغيل سخان لمدة محددة بدون قياس درجة الحرارة.
التحكم مغلق الحلقة (Closed Loop Control)	يعتمد	يقارن النظام القيمة الفعلية بالقيمة المرغوبة، ويعدل الإجراء تلقائيًا لتحقيق الأداء المطلوب.	نظام تكييف يحافظ تلقائيًا على درجة حرارة الغرفة.

أنواع الإشارات (Types of Signals)

الإشارات هي الوسائل التي تنقل المعلومات بين أجهزة القياس، والمرسلات، ووحدات التحكم في الأنظمة الصناعية، وتحدد طريقة تمثيل البيانات المرسل، ومن أكثر أنواع الإشارات شيوعاً ما يأتي:

1 الإشارات التناظرية (Analog Signals):



- تمثل القيم الفيزيائية على شكل تغير مستمر في الجهد، أو التيار.
- أمثلة: 0-10 V، 20-4 mA
- تُستخدم لقياس المتغيرات، مثل: الضغط، والحرارة، والتدفق.

2 الإشارات الرقمية (Digital Signals):



- تمثل البيانات في شكل قيم ثنائية (0 أو 1).
- أمثلة: HART، Fieldbus، Modbus.
- تُستخدم في الأنظمة الحديثة للتحكم ونقل المعلومات بدقة عالية.

3 الإشارات النبضية (Pulse Signals):



- عبارة عن سلسلة من النبضات الكهربائية التي تُستخدم لحساب السرعة، التدفق، أو الأحداث المتكررة.
- مثال: مستشعر تدفق المياه يعطي نبضات متناسبة مع حجم السائل المار.

التطبيقات الصناعية الشائعة لأجهزة القياس وأنظمة التحكم (Measuring Instruments and Control Systems Industrial Applications)

تؤدي أجهزة القياس وأنظمة التحكم دورًا أساسيًا في مراقبة وضبط العمليات الصناعية، وتستخدم في مجالات متعددة لضمان الأداء الأمثل وسلامة المعدات، ومن أبرز تطبيقاتها ما يأتي:

1 مراقبة الضغط:

- قياس ضغط السوائل والغازات في الأنابيب والخزانات.
- مثال: الضغط في خطوط البخار أو أنظمة التبريد.

2 مراقبة الحرارة:

- التحكم في درجات الحرارة في الغلايات، والأفران، والعمليات الحرارية.
- مثال: الحفاظ على درجة حرارة السوائل الكيميائية ضمن الحدود المسموح بها.

3 مراقبة المستوى:

- قياس مستوى السوائل في الخزانات والوعاء الصناعي.
- مثال: تحديد مستوى الوقود، أو المياه في الخزانات الكبيرة.

4 مراقبة التدفق:

- قياس كمية تدفق السوائل أو الغازات.
- مثال: حساب معدل تدفق المياه، أو النفط عبر الأنابيب.

5 مراقبة السرعة والحركة:

- قياس سرعة المحركات، أو الأجهزة الدوارة لضمان الأداء المطلوب.
- مثال: مراقبة سرعة المضخات، أو المراوح في المصانع.

6 مراقبة الرطوبة:

- قياس محتوى الرطوبة في الهواء أو المواد الخام.
- مثال: الحفاظ على الرطوبة المناسبة في مخازن الحبوب، أو مواد البناء.

7 المراقبة الكهربائية:

- قياس التيار، والجهد، والمقاومة في الدوائر الكهربائية؛ لضمان سلامة المعدات.
- مثال: مراقبة الحمل الكهربائي في المحركات الكبيرة، أو أنظمة الإضاءة الصناعية.



مراقبة مستويات الضغط

اختبار الحساسات والمحولات في أجهزة القياس وأنظمة التحكم

(Testing Sensors and Transducers in Measuring Instruments and Control Systems)

تمثل الحساسات والمحولات القاعدة الأساسية لأي نظام قياس أو تحكم صناعي، حيث يعتمد عليها النظام في معرفة حالة العملية التشغيلية، فمن خلال الحساسات تُقاس المتغيرات المختلفة، مثل: الحرارة، والضغط، والتدفق، والمنسوب، والاهتزاز، بينما تقوم المحولات بتحويل هذه القياسات إلى إشارات كهربائية يمكن لنظام التحكم قراءتها ومعالجتها، وتُعد دقة الحساسات وجودتها عنصراً أساسياً في ضمان سلامة المنشأة، وتحسين الأداء التشغيلي.

وتكمن أهمية الحساسات والمحولات في الآتي:

- توفير البيانات الدقيقة لوحدات التحكم.
- تحسين استقرار العملية الصناعية وجودة المنتج.
- حماية المعدات والعاملين من الأخطاء التشغيلية.
- تمكين الصيانة التنبؤية والمراقبة المستمرة.



الحساس (Sensor)



هو جهاز يقوم باكتشاف الكميات الفيزيائية، مثل: الضغط (Pressure)، ودرجة الحرارة (Temperature)، والتدفق (Flow)، والمستوى (Level)، والاهتزاز (Vibration)، وتحويلها إلى إشارة يمكن قياسها أو معالجتها، ويُعد الحساس أحد أجهزة القياس أو جزءاً أساسياً من مكونات أجهزة القياس في الأنظمة الصناعية.

وتتمثل وظائف الحساس فيما يأتي:

- اكتشاف التغيرات في العملية.
- إرسال إشارة تمثل الكمية المقاسة.
- توفير معلومات لنظام التحكم لاتخاذ قرارات التشغيل.

■ أنواع الحساسات (Types of Sensors):

يوضح الجدول الآتي أهم أنواع الحساسات المستخدمة في الأنظمة الصناعية وفقاً للكمية الفيزيائية التي تقيسها، مع أمثلة لكل نوع وتطبيقاته العملية في مجالات التشغيل والصيانة:

حساسات الضغط (Pressure Sensors)



■ مُرسل الضغط (Pressure Transmitter). ■ مفتاح الضغط (Pressure Switch).	الأمثلة
■ أنظمة الهواء المضغوط في المصانع. ■ محطات توليد الطاقة. ■ النفط والغاز.	التطبيقات الصناعية

حساسات الحرارة (Temperature Sensors)

	■ ثرموكوبل (Thermocouple). ■ حساس مقاوم للحرارة (Resistance Temperature Detector (RTD)).	الأمثلة
	■ الأفران الصناعية. ■ أنظمة التبريد والتكييف. ■ أنظمة الغلايات.	التطبيقات الصناعية

حساسات التدفق (Flow Sensors)

	■ مقياس تدفق دوّار (Rotameter). ■ مقياس تدفق بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Flow Meter). ■ مقياس تدفق مغناطيسي (Rotameter).	الأمثلة
	■ خطوط المياه. ■ النفط والغاز. ■ المواد الكيميائية.	التطبيقات الصناعية

حساسات المنسوب (Level Sensors)

	الأمثلة ■ حساس منسوب عوَّام (Float Type Level Sensor). ■ مرسل منسوب راداري (Radar Level Transmitter). ■ حساس منسوب بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Level Sensor).
	التطبيقات الصناعية ■ خزانات السوائل. ■ خزانات الوقود.

حساسات الاهتزاز (Vibration Sensors)

	الأمثلة ■ حساس تسارع (Accelerometer). ■ حساس سرعة اهتزازية (Velocity Sensor).
	التطبيقات الصناعية ■ محطات توليد الطاقة. ■ مصانع الإسمنت والصلب. ■ النفط والغاز. ■ صناعة الطيران والسكك الحديدية.

المحول (Transducer)



هو جهاز يحول الإشارة من الحساس إلى إشارة كهربائية قياسية يمكن لوحدة التحكم قراءتها ومعالجتها.

وتتمثل وظائف المحوّل فيما يأتي:

- استقبال الإشارة الأولية من الحساس، وتحويلها من قيمة فيزيائية إلى إشارة كهربائية.
- تحويل الإشارة الخام إلى إشارة قياسية يمكن لنظام التحكم قراءتها، مثل:

- تحويل إشارة مقاومة متغيرة من حساس حرارة (RTD) إلى إشارة تيار قياسية 4-20mA، أو تحويل جهد منخفض جداً (mV) من حساس ضغط إلى إشارة جهد قياسية 0-10V، أو تحويل إشارة تناظرية إلى إشارة رقمية يمكن معالجتها بواسطة وحدات التحكم.
- إرسال الإشارة إلى وحدة التحكم بدقة وثبات دون تأثر بالمسافة أو التشويش.
- تحسين جودة القياس عبر عمليات التصفية (Filtering) والتعويض (Compensation).
- ضمان توافق الإشارة مع متطلبات نظام التحكم لتمكين اتخاذ قرارات تشغيل صحيحة.

■ أنواع المحوّلات (Types of Transducers):

تختلف أنواع المحوّلات باختلاف المتغير الصناعي الذي تقيسه وترسله، ويوضح الجدول الآتي أنواع المحوّلات المختلفة:

النوع	الأمثلة	التطبيقات الصناعية	شكل توضيحي
محوّلات الضغط (Pressure Transducers)	■ محوّل ضغط (Pressure Transducer). ■ محوّل ضغط تفاضلي (Differential Pressure Transducer).	■ محطات معالجة المياه والصرف الصحي. ■ محطات توليد الطاقة. ■ الصناعات النفطية. ■ الصناعات الغذائية والدوائية.	
محوّلات الحرارة (Temperature Transducers)	■ محوّل ثيرموكوبل (Thermocouple Transducer). ■ محوّل مقاومة حرارية (RTD Transducer).	■ الأفران الصناعية. ■ أنظمة التكييف والتبريد، والغلايات.	
محوّلات التدفق (Flow Transducers)	■ محوّل تدفق مغناطيسي (Magnetic Flow Transducer). ■ محوّل تدفق بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Flow Transducer).	■ الصناعات الكيميائية. ■ المياه، والنفط والغاز.	
محوّلات المستوى (Level Transducers)	■ محوّل مستوى راداري (Radar Level Transducer). ■ محوّل مستوى بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Level Transducer).	■ خزانات السوائل، وخزانات الوقود.	

النوع	الأمثلة	التطبيقات الصناعية	شكل توضيحي
محولات الاهتزاز (Vibration Transducers)	■ محوّل اهتزاز (Vibration Transducer). ■ محوّل تسارع (Accelerometer Transducer).	■ محطات توليد الطاقة. ■ صناعة الطيران والسكك الحديدية.	
محولات الجهد والتيار (Electrical Transducers)	■ محوّل جهد (Voltage Transducer). ■ محوّل تيار (Current Transducer).	■ محطات توليد الطاقة الكهربائية. ■ محطات المحولات الكهربائية. ■ خطوط الإنتاج الآلية.	
محولات السرعة (Speed Transducers)	■ محوّل سرعة/تاكوميتر (Tachometer Transducer).	■ المحركات وخطوط الإنتاج.	
محولات الرطوبة (Humidity Transducers)	■ محوّل رطوبة (Hygrometer Transducer).	■ غرف التحكم البيئي. ■ الصناعات الغذائية والدوائية.	

أعطال الحساسات والمحولات (Sensors and Transducers Faults)

تتعرض الحساسات والمحولات في الأنظمة والتطبيقات الصناعية لمجموعة من الأعطال التي قد تؤثر في دقة القياس وسلامة التشغيل، ويوضح الجدول الآتي أهم الأعطال المحتملة لكل نوع وطرق فحصها:

الجهاز	الأعطال/المؤشرات	الأسباب المحتملة	طرق الفحص والتشخيص
حساسات الضغط/ محولات الضغط (Pressure Sensors/ Pressure Transducers)	■ قراءة غير مستقرة. ■ عدم وجود قراءة. ■ قراءة خارجة عن المدى. ■ إشارة 0 mA أو 21 mA.	■ انسداد في خطوط، أو أنابيب الضغط. ■ تلف الغشاء الحساس. ■ قصر أو قطع في الأسلاك. ■ خطأ في معايرة المحول.	■ فحص الخطوط/ الأنابيب من الانسداد. ■ مقارنة القراءة بجهاز مرجعي. ■ قياس الإشارة الكهربائية للحساس، أو المحول. ■ تنظيف الأنابيب. ■ معايرة المحول.
حساسات الحرارة/ محولات الحرارة (Temperature Sensors/ Temperature Transducers)	■ قراءة ثابتة وغير منطقية. ■ دائرة مفتوحة. ■ قصر كهربائي. ■ إشارة غير مستقرة. ■ خطأ في الحساس.	■ تلف في الحساس. ■ توصيل خاطئ. ■ حرارة أعلى من مدى الحساس. ■ خلل في الحساس. ■ ضبط خاطئ لنوع الحساس.	■ قياس مقاومة الحساس. ■ فحص الأسلاك والتوصيلات. ■ التأكد من توافق نوع الحساس. ■ قياس إخراج المحول. ■ ضبط إعدادات النوع.
حساسات التدفق/ محولات التدفق (Flow Sensors/ Flow Transducers)	■ قراءة صفرية. ■ قراءة أعلى أو أقل من الطبيعي. ■ حساسية غير طبيعية.	■ التركيب الخاطئ. ■ عدم امتلاء الأنبوب. ■ انخفاض الموصلية (للنوع المغناطيسي). ■ تراكم الرواسب والشوائب.	■ فحص اتجاه التركيب وشرط التشغيل. ■ تنظيف الأجزاء الداخلية، أو المجس. ■ مقارنة القراءة بوسيلة ميكانيكية أو أخرى.

الجهاز	الأعطال/المؤشرات	الأسباب المحتملة	طرق الفحص والتشخيص
حساسات المنسوب / محولات المستوى (Level Sensors/ Level Transducers)	■ قراءة خاطئة. ■ تقطيع في الإشارة. ■ قراءة غير دقيقة. ■ إشارة متذبذبة.	■ وجود رغوة، أو بخار، أو فقاعات هواء. ■ تراكم مواد على الحساس. ■ وجود أجسام، أو عوائق داخل الخزان.	■ تنظيف الحساس. ■ فحص إعدادات الجهاز. ■ مقارنة القراءة بالقياس اليدوي.
حساسات الاهتزاز / محولات الاهتزاز (Vibration Sensors/Vibration Transducers)	■ إشارة متقطعة. ■ قراءة غير منطقية. ■ قراءة عالية جداً. ■ انقطاع الإشارة.	■ تركيب غير محكم. ■ تلف الكابل. ■ تركيب غير صحيح.	■ شدّ التثبيت. ■ فحص الكابل. ■ اختبار الحساس، أو المحول باستخدام جهاز اهتزاز، أو محلل اهتزاز.
محولات الجهد والتيار (Electrical Transducers)	■ عدم عمل المحوّل، أو قراءة صفرية. ■ ضوضاء في الإشارة، أو قراءات متذبذبة. ■ قراءات متقطعة، أو غير مستقرة.	■ فقدان إمداد الطاقة. ■ تداخل كهرومغناطيسي. ■ توصيل غير محكم.	■ قياس إمداد الطاقة. ■ إعادة شد التوصيلات. ■ فحص التداخل الكهربائي.

معدات اختبار أجهزة القياس وأنظمة التحكم

(Measuring Instruments and Control Systems Test Equipment)



تشكل معدات اختبار أجهزة القياس وأنظمة التحكم والمعايرة عنصراً أساسياً في ضمان دقة وموثوقية القراءات داخل الأنظمة الصناعية، إذ تعتمد عمليات التحكم الحديثة على بيانات سليمة لاتخاذ القرارات التشغيلية الصحيحة.

وتمثل دقة القياس عاملاً محورياً في الصناعة؛ فقد تؤدي الأخطاء البسيطة في القراءات إلى تلف المعدات أو تعطل العمليات، أو مخاطرتهدد السلامة، لذلك تُستخدم أدوات اختبار ومعايرة متخصصة؛ لضمان عمل أجهزة القياس والتحكم ضمن الحدود المعيارية؛ مما يسهم في استقرار النظام وكفاءة التشغيل ورفع مستوى الاعتمادية.



معدات اختبار أجهزة القياس:

هي الأجهزة والأدوات المستخدمة للتحقق من أداء الحساسات، والمحولات، ووحدات التحكم، وضمان دقة الإشارات المرسله والمعالجة.

وتكمن أهمية معدات اختبار أجهزة القياس والدقة في الآتي:

- ضمان موثوقية القياسات في العمليات الصناعية.
- التحقق من صحة أداء الحساسات والمحولات قبل التشغيل.
- دعم الصيانة الوقائية والتنبؤية.
- تحسين استقرار العملية وجودة المنتج.
- حماية المعدات والعاملين من الأخطاء التشغيلية.



أنواع معدات اختبار أجهزة القياس وأنظمة التحكم (Measuring Instruments and Control Systems Test Equipment Types)

يُوضح الجدول الآتي أهم أنواع معدات اختبار أجهزة القياس وأنظمة التحكم:

النوع	الوظيفة	الأمثلة
أدوات القياس الكهربائية	قياس الجهد، والتيار، والمقاومة، وفحص العزل والاستمرارية.	المليمتير، والكلامب ميتر، وجهاز قياس العزل (الميجر).
معدات معايرة الضغط	توليد ضغط معروف لمعايرة حساسات الضغط وفحص صمامات الأمان.	جهاز معايرة الضغط، وجهاز اختبار الضغط بالأوزان الثابتة.
معدات معايرة التدفق	معايرة حساسات التدفق والتحقق من دقة قراءة السوائل والغازات.	جهاز معايرة التدفق، ومعاير التدفق بالموجات فوق الصوتية.
معدات معايرة الحرارة	توليد درجات حرارة محددة لمعايرة الحساسات الحرارية، مثل: RTD و Thermocouple.	جهاز معايرة الحرارة، والمعاير الجاف.
أدوات فحص الإشارات	رصد الإشارات التناظرية والرقمية واختبار حلقات التحكم 4-20 mA.	جهاز رسم الإشارة (الأوسيلوسكوب)، وجهاز معايرة الحلقات.
معدات تحليل الاهتزاز	فحص اهتزاز المحركات والمضخات والمحمل.	جهاز قياس التسارع، ومحلل الاهتزاز.
معدات الفحص الحراري	اكتشاف النقاط الساخنة والحمل الزائد في المعدات الكهربائية والميكانيكية.	كاميرا التصوير الحراري.
أدوات اختبار الأداء الوظيفي	اختبار الأجهزة في ظروف التشغيل الفعلية والتحقق من الاستجابة والقيم التشغيلية.	محاكيات الحمل، وأجهزة الاختبار الوظيفي.

دقة القياس (Accuracy)



تُشير الدقة إلى مدى صحة القياس مقارنة بالقيمة الحقيقية؛ أي مدى اقتراب القياس، أو النتيجة أو القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية أو الصحيحة، فكلما كانت قيمة القياس قريبة من القيمة الفعلية، كانت درجة الدقة أعلى، وهي عنصر أساسي في جميع أعمال القياس والصيانة والهندسة؛ لأنها تضمن الآتي:

1 تحسين جودة العمل الفني والصيانة:

تساعد الدقة في التأكد من أن نتائج القياس صحيحة؛ مما يضمن إصلاح الأعطال إصلاحاً ملائماً دون استبدال قطع سليمة، أو تجاهل عيوب حقيقية.

2 تقليل الأخطاء والتكاليف:

القياسات الدقيقة تمنع اتخاذ قرارات خاطئة قد تسبب خسائر مادية، مثل: استبدال أجزاء غير تالفة، أو فشل في اكتشاف عطل مبكر.

3 ضمان سلامة المعدات والعمال:

في الأنظمة الكهربائية والميكانيكية، أي خطأ صغير في القياس قد يؤدي إلى مخاطر كبيرة، حيث تساعد الدقة على تقييم حالة المعدات بدقة وضمان تشغيلها ضمن الحدود الآمنة.

4 تحقيق الامتثال للمعايير القياسية:

في الاختبارات والفحوصات التقنية، يجب أن تكون القياسات دقيقة لتتطابق المعايير المحلية والدولية، فالدقة شرط أساسي لقبول الاختبارات الفنية.

5 رفع كفاءة الأداء واتخاذ القرارات الصحيحة:

القياسات الدقيقة تمنح الفني، أو المهندس بيانات موثوقة تساعد في تحليل الأعطال، واتخاذ القرارات، وتخطيط الصيانة الوقائية.

6 تحسين الموثوقية للأنظمة (Reliability):

الأنظمة المعتمدة على بيانات دقيقة تكون أقل عرضة للفشل وأكثر استقراراً على المدى الطويل.

العوامل المؤثرة في الدقة (Accuracy Affecting Factors)

تتأثر دقة القياس بعدة عوامل فنية وبيئية وطريقة استخدام الجهاز، وفيما يأتي أهم العوامل المؤثرة في الدقة:

1 جودة جهاز القياس:

كلما كان الجهاز عالي الجودة وذو حساسية أعلى، كانت قياساته أكثر دقة.

2 معايرة الجهاز (Calibration):

عدم معايرة الجهاز دورياً يؤدي إلى انحراف القراءات عن القيمة الحقيقية، وقد تفقد الأجهزة دقتها بمرور الوقت.

3 مهارة وخبرة الشخص الذي يقوم بالقياس، وتشمل ما يأتي:

- طريقة استخدام الجهاز، بما في ذلك اختيار مدى القياس الصحيح، والتوصيل السليم للأقطاب، فهي تؤثر تأثيراً مباشراً في دقة القراءة، وأي خطأ في هذه الإجراءات قد يؤدي إلى قراءات غير صحيحة، أو نقص الدقة.

- عدم ثبات الجهاز، أو المجس أثناء القياس.

- استخدام مدى قياس غير مناسب (Range).

- القياس في نقطة غير ممثلة للحالة الفعلية.

- أمثلة: قراءة الشاشة بزاوية غير صحيحة، ونسيان تصفير الجهاز، ونقل البيانات الخاطئة، وضغط الأزرار بالخطأ.

4 الظروف البيئية (Environmental Conditions)، وتشمل ما يأتي:

- تتأثر الأجهزة الإلكترونية بدرجة الحرارة والرطوبة، وقد تعطي قراءات غير دقيقة في الظروف غير المناسبة.

- بعض الأجهزة تتغير خصائصها مع الزمن بسبب الحرارة، أو عوامل التآكل الداخلي.



5 حالة المجسات (Probes Condition):

- تؤثر الأسلاك التالفة، أو المجسات غير النظيفة على جودة القياس.
- تؤدي أطراف التوصيل غير المحكمة إلى مقاومة إضافية تسبب خطأ في القراءة.

6 التداخلات الكهربائية (Electrical Noise):

وجود الضوضاء الكهربائية، أو التداخلات الكهرومغناطيسية قد يسبب اهتزازاً في القراءات، ويظهر هذا غالباً عند قياس الإشارات الصغيرة.

7 دقة المعايرة المرجعية المستخدمة:

إذا كانت الأجهزة المرجعية المستخدمة في المعايرة غير دقيقة، فإن الدقة النهائية للجهاز ستكون ضعيفة كذلك.

خطوات اختبار ومعايرة أجهزة القياس (Test and Calibration Steps of Measuring Instruments)



تُعدّ عملية اختبار ومعايرة أجهزة القياس خطوة أساسية؛ لضمان دقة القياسات واعتمادها في مجالات الصيانة والفحص الفني، فقد تتعرض الأجهزة مع مرور الوقت للانحراف، أو التغير في أدائها نتيجة الاستخدام المتكرر أو الظروف البيئية؛ مما يستلزم التحقق من دقتها وضبطها وفق معايير معتمدة باتباع الخطوات الآتية:

1 التحضير قبل المعايرة:

- التأكد من نظافة الجهاز والمجسات.
- فحص الجهاز للتأكد من عدم وجود تلف ظاهري، أو خلل.
- تشغيل الجهاز وتركه ليصل إلى الاستقرار الحراري (Warm-up).

2 التحقق من مواصفات الجهاز:

- مراجعة دليل الجهاز لمعرفة حدود القياس، والدقة، ومتطلبات المعايرة.
- التأكد من توفر أدوات المعايرة المناسبة (أجهزة مرجعية معتمدة).

3 إجراء الاختبار الأولي (Pre-Test):

- قياس قيمة معروفة باستخدام الجهاز للتحقق من حالته.
- تسجيل أي انحرافات، أو أخطاء أولية.



4 تنفيذ خطوات المعايرة (Calibration):

- توصيل الجهاز بالمصدر المرجعي (فولت، أو تيار، أو مقاومة حسب نوع الجهاز).
- ضبط القراءة لتطابق القيمة مع القيمة الحقيقية.
- تكرار المعايرة لجميع النطاقات (Ranges) المطلوبة.

5 التحقق بعد المعايرة (Post-Calibration):

- قياس القيم المرجعية مرة أخرى للتأكد من صحة المعايرة.
- التأكد أن الجهاز يعمل ضمن حدود الدقة المسموح بها.

6 التوثيق وتسجيل النتائج:

- كتابة النتائج قبل وبعد المعايرة.
- تسجيل تاريخ المعايرة، والشخص المنفذ، وأي ملحوظات.
- لصق ملصق المعايرة (Calibration Label) على الجهاز.



7 إعادة الجهاز للخدمة:

- التأكد من أن الجهاز آمن، ويعمل كاملاً.
- حفظ الجهاز في بيئة مناسبة لحماية دقته.



تُعاير الأجهزة عبر فحص الحالة المبدئية، واستخدام مصادر مرجعية دقيقة، وضبط الجهاز، والتحقق بعد المعايرة، وتوثيق النتائج؛ لضمان دقة العمل وسلامة العمليات.

أنظمة السلامة في أجهزة القياس

(Safety Systems in Measurement Instruments)



تُعد السلامة أحد الجوانب الأساسية في تشغيل المنشآت الصناعية، خاصة في القطاعات التي تتعامل مع الضغط العالي، أو المواد القابلة للاشتعال، أو الأنظمة الحرارية، لذلك يأتي دور أنظمة السلامة المرتبطة بالأجهزة (Instrumentation Safety Systems) التي تُعد خط الدفاع الأول لحماية الإنسان والمعدات والبيئة، وأصبح تصميم وتنفيذ أنظمة السلامة جزءاً لا يتجزأ من أي عملية صناعية؛ لضمان الالتزام بالمعايير الدولية للسلامة والجودة.

ومن أهم وظائف هذه الأنظمة ما يأتي:

- الاكتشاف المبكر للأعطال والمخاطر.
- منع تشغيل المعدات في ظروف غير آمنة.
- حماية الأجهزة والأنظمة من التلف، أو الانفجار.
- تعزيز سلامة العاملين وتقليل احتمالات الإصابة.



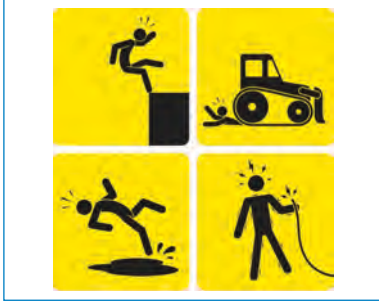
أنظمة السلامة في أجهزة القياس:

هي الأنظمة المصممة لاكتشاف الحالات الخطرة، وإرسال أوامر مباشرة لإيقاف، أو تعديل العملية بغرض منع وقوع حادث، أو تقليل آثاره.

المخاطر المتعلقة بأنظمة القياس وأنظمة التحكم (Measuring Instruments and Control Systems Related Risks)

تتضمن أعمال القياس والتحكم العديد من المخاطر التي قد تؤثر في الفنيين والمعدات إذا لم تُطبق إجراءات السلامة الصحيحة، ومن أبرز هذه المخاطر ما يأتي:

1 المخاطر الكهربائية (Electrical Risks):



- التعرض لصدمة كهربائية عند فحص الحساسات أو المحولات.
- حدوث قصر كهربائي يؤدي لتلف الأجهزة.
- التسريب الكهربائي في كابلات الإشارات.

2 المخاطر الميكانيكية (Mechanical Risks):



- حركة الصمامات والمحركات أثناء الضبط.
- دوران المعدات المرتبطة بحساسات السرعة والاهتزاز.
- انضغاط السوائل أو الغازات في خطوط الضغط.

3 مخاطر الضغط (Pressure Risks):

- انفجار الأنابيب، أو الحساسات نتيجة ضغط زائد.
- تسرب غازات مضغوطة تشكل خطراً على التنفس.

4 مخاطر الحرارة (Temperature Risks):

- التعرض لأسطح ساخنة عند تركيب حساسات الحرارة.
- اشتعال المواد المحيطة بالأفران، أو الغلايات.



5 مخاطر المواد الكيميائية (Chemical Risks):

- التلامس مع سوائل كاوية، أو آكلة للجلد عند قياس التدفق، أو المنسوب.
- استنشاق أبخرة سامة أثناء الصيانة.

6 مخاطر فقدان الإشارة (Signal Loss Risks):

- إدخال أوامر خاطئة لنظام التحكم.
- توقف العملية، أو تشغيلها في وضع غير آمن.



7 مخاطر البرمجيات (Software-Related Risks):

- أخطاء معايرة (Calibration Errors).
- تغييرات غير صحيحة في إعدادات (PLC)، أو وحدة التحكم.
- فشل الاتصال بين الأجهزة (Communication Failure).

8 مخاطر بيئة العمل (Environmental/Workplace Risks):

- العمل في أماكن ضيقة مع أجهزة حساسة.
- الانزلاق أثناء العمل حول خزانات، أو خطوط مياه.
- ضعف التهوية في مناطق بها غازات قابلة للاشتعال.



تحتاج هذه المخاطر إلى أنظمة حماية؛ لمنع تحولها إلى حوادث.

أنواع أنظمة السلامة في أجهزة القياس وأنظمة التحكم (Types of Safety Systems in Measuring Instruments and Control Systems)



تُعد أنظمة السلامة في أجهزة القياس وأنظمة التحكم جزءاً أساسياً من تصميم وتشغيل الأنظمة الصناعية، حيث تهدف إلى حماية العاملين والمعدات والبيئة من المخاطر الناتجة عن الأخطاء التشغيلية، أو الأعطال المفاجئة، وتشمل هذه الأنظمة الآتي:

- 1 أنظمة الإيقاف الطارئ (Emergency Shutdown Systems (ESD)): تُستخدم لإيقاف العملية فوراً عند اكتشاف حالة خطرة لحماية العاملين والمعدات.
- 2 أنظمة السلامة المنطقية القابلة للبرمجة (Safety PLC Systems): وحدات تحكم مبرمجة مخصصة لتنفيذ وظائف السلامة وفقاً لمعايير السلامة الدولية، مثل: (IEC 61508).
- 3 أنظمة التحكم في الضغط الزائد (Overpressure Protection Systems): تشمل صمامات الأمان (Safety Relief Valves)، وأجهزة التفريغ لمنع الانفجارات، أو التلف الناتج عن الضغط العالي.
- 4 أنظمة الكشف عن الغاز والدخان (Gas & Smoke Detection Systems): تكشف تسرب الغازات القابلة للاشتعال أو السامة، وترسل إنذاراً مبكراً مع إمكانية تشغيل وسائل الحماية.
- 5 أنظمة الإنذار والمراقبة (Alarm & Monitoring Systems): توفر إنذارات صوتية ومرئية عند حدوث تغيرات خارج نطاق التشغيل الآمن.
- 6 أنظمة الحماية من الحريق (Fire Protection Systems): تشمل أنظمة الرش التلقائي، وطفائيات الحريق، وكواشف الحرارة والدخان.
- 7 أنظمة العزل والإغلاق (Isolation & Lockout/Tagout Systems (LOTO)): تمنع تشغيل المعدات أثناء الصيانة، وتضمن فصل مصادر الطاقة بأمان.
- 8 أنظمة السلامة في العمليات (Process Safety Systems (PSS)): تُستخدم للتحكم في العمليات الحساسة ومنع الانفجارات، أو التسريبات وفق معايير سلامة العمليات، مثل: (OSHA) و (API).

المكونات الأساسية لنظام السلامة (Safety Systems Main Components)

تتكون أنظمة السلامة في الأنظمة الصناعية من مجموعة مترابطة من المكونات التي تعمل معًا لضمان التشغيل الآمن للعمليات وحماية العاملين والمعدات والبيئة، وتعتمد هذه المكونات على الآتي:

1 أجهزة الكشف (Sensors/Detectors):



تقوم برصد الحالات غير الطبيعية، مثل: ارتفاع الحرارة، أو تسرب الغاز، أو انخفاض المستوى، أو ارتفاع الضغط.

2 نظام معالجة الإشارات (Signal Processing Unit):

يستقبل الإشارات من الحساسات، ويحللها للتأكد من عدم تجاوزها حدود التشغيل الآمنة.

3 وحدة التحكم في السلامة (Safety Controller):

تتخذ القرارات اللازمة، مثل: الإيقاف الطارئ، أو إطلاق الإنذار، أو تفعيل أنظمة الحماية.

4 أجهزة الإنذار (Alarm Devices):

تشمل أجهزة التنبيه الصوتي والضوئي التي تُنبّه العاملين فور حدوث خطر.

5 العناصر النهائية للتحكم (Final Control Elements):

تنفذ أوامر الحماية، مثل: صمامات الإغلاق الطارئ (Emergency Shutoff Valves)، ومفاتيح الفصل الكهربائي، وأنظمة مكافحة الحريق.

6 مزودات الطاقة (Power Supply):

تضمن استمرار عمل نظام السلامة حتى أثناء انقطاع الكهرباء، مثل: (UPS)، أو بطاريات الطوارئ.

7 الواجهات البشرية (Human-Machine Interface (HMI):

تسمح للمشغلين بمتابعة حالة النظام، وقراءة الإنذارات، وتنفيذ إجراءات السلامة.

8 سجلات الأحداث (Event & Alarm Log):

تخزن كل الأحداث والإنذارات لمتابعة الأداء، وتحليل أسباب الخلل.

ممارسات السلامة في أنظمة القياس (Safe Practices in Measurement Systems)



تُعد ممارسات السلامة جزءًا حيويًا من ضمان تشغيل أجهزة القياس وأنظمة التحكم بأمان وفعال، وتقليل المخاطر على العاملين والمعدات، وتهدف هذه الممارسات إلى الحفاظ على دقة الأجهزة وكفاءتها، ومنع الأعطال، وضمان الاستجابة السريعة لأي حالات طارئة، من خلال الآتي:

- تنفيذ صيانة منتظمة للحساسات وصمامات الحماية لضمان جاهزيتها.
- إجراء اختبارات دورية لأنظمة السلامة (Proof Testing) للتحقق من كفاءتها.
- الالتزام بإجراءات العزل الآمن قبل أي أعمال صيانة (Lockout/Tagout).
- التأكد من تصنيف أجهزة القياس وفق المعايير الخاصة بالمناطق الخطرة (ATEX/IECEx).
- توثيق جميع قراءات الأعطال والإنذارات؛ لتحليلها ومتابعتها لاحقًا.
- عدم تعطيل، أو تجاوز أنظمة الحماية تحت أي ظرف لضمان سلامة العملية والعاملين.

العزل الآمن لأجهزة القياس وأنظمة التحكم

(Safe Isolation of Measuring Instruments and Control Systems)



يُعد العزل الآمن خطوة أساسية قبل تنفيذ أي أعمال صيانة على أجهزة القياس وأنظمة التحكم، إذ يهدف إلى فصل جميع مصادر الطاقة، أو الضغط لضمان عدم تشغيل المعدات أثناء العمل، ويؤدي إهمال هذا الإجراء إلى مخاطر عديدة، مثل: الصدمات الكهربائية، أو تسريبات الضغط، أو التشغيل غير المقصود للمعدات؛ مما يجعل الالتزام به ضرورة قصوى لحماية الفنيين، وتستخدم المنشآت الصناعية نظام العزل (Lockout/Tagout (LOTO)) لضمان تحقيق العزل الكامل قبل البدء في الصيانة أو الفحص، وهو نظام يعتمد على عزل مصادر الطاقة وتثبيتها بعلامات وأقفال تمنع إعادة التشغيل.



العزل الآمن (Safe Isolation):

هو إجراء يهدف إلى إيقاف وفصل جميع مصادر الطاقة عن المعدات قبل البدء بأعمال الصيانة، لضمان عدم انتقال أي طاقة قد تسبب خطراً أثناء العمل.

وتكمن أهمية العزل الآمن في الآتي:

- حماية العاملين من الإصابات، أو الحوادث.
- حماية المعدات من التلف، أو التشغيل الخاطئ.
- ضمان تنفيذ أعمال الصيانة تنفيذاً منظماً وآمناً.



- تحسين ثقافة السلامة في المنشأة.
- تقليل التوقف غير المخطط له وخسائر الإنتاج.

ويشمل هذا العزل التحكم في مصادر الطاقة المختلفة، مثل:

- الطاقة الكهربائية.
- الطاقة الهوائية (Pneumatic).
- الطاقة الهيدروليكية.
- الضغط والغازات.
- الطاقة الحرارية.
- تدفق السوائل أو الغازات (Flow).

أدوات العزل الشائعة (Common Isolation Tools)

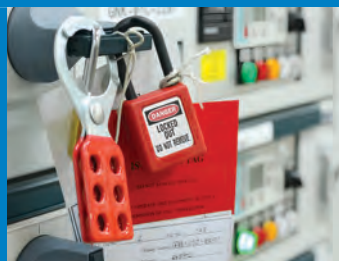


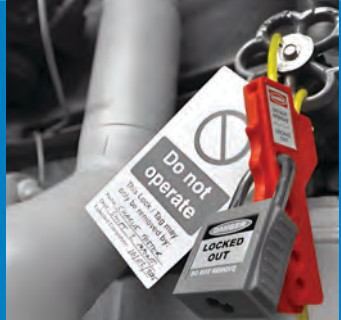
تتطلب عملية العزل الآمن استخدام مجموعة من الأدوات المخصصة التي تضمن فصل مصادر الطاقة بشكل موثوق ومنع إعادة تشغيلها أثناء الصيانة؛ مما يعزز سلامة الفنيين، ويحمي المعدات من المخاطر، ومن هذه الأدوات الآتي:

- الأقفال الكهربائية (Lockout Devices).
- صمامات الإغلاق (Valve Locking Devices).
- صناديق العزل (Isolation Boxes).
- علامات التحذير (Tagging Devices).
- أجهزة قياس التأكد من الانقطاع (Voltage/Pressure Testers).

أنواع العزل في أجهزة القياس وأنظمة التحكم (Isolation Types in Measuring Instruments and Control Systems)

فيما يأتي أنواع العزل المستخدمة في أجهزة القياس وأنظمة التحكم موضحة بشكل مبسط وواضح:

شكل توضيحي	أمثلة	الاستخدام	نوع العزل
	عزل القواطع، وعزل الكابلات، وفصل التغذية الكهربائية.	يستخدم لفصل الجهد عن الحساسات وأجهزة القياس لحماية الفنيين ومنع انتقال التيار إلى الدوائر الأخرى.	العزل الكهربائي (Electrical Isolation)
	صمامات الإغلاق، صمامات السدادة.	إغلاق أو فصل خطوط الهواء المضغوط قبل العمل على أجهزة القياس، مثل: صمامات التحكم، أو محولات الضغط.	العزل الهوائي (Pneumatic Isolation)
	إغلاق صمامات الزيت، وتفريغ الضغط من الأنابيب.	فصل الضغط الهيدروليكي عن الأجهزة قبل الصيانة لمنع الحركة المفاجئة أو التسرب.	العزل الهيدروليكي (Hydraulic Isolation)
	إغلاق صمامات العملية، وتفريغ الخطوط.	منع وصول ضغط مرتفع، أو غازات مضغوطة إلى الحساسات، مثل: حساسات الضغط، أو التدفق.	عزل الضغط والغازات (Pressure/Gas Isolation)
	إيقاف السخانات، وعزل البخار، والانتظار حتى تبرد المعدات.	أثناء صيانة حساسات الحرارة، أو أجهزة القياس الموجودة قرب مصادر ساخنة.	العزل الحراري (Thermal Isolation)

نوع العزل	الاستخدام	أمثلة	شكل توضيحي
عزل التدفق (Flow Isolation)	منع تدفق السوائل أو الغازات إلى أجهزة القياس أثناء الصيانة.	إغلاق بوابات السريان، وصمامات الكرة (Ball Valves).	
العزل الميكانيكي (Mechanical Isolation)	منع الحركة الميكانيكية للأجزاء المرتبطة بحساسات السرعة، أو الاهتزاز.	تثبيت الأجزاء الدوارة، وفصل الاقتران (Coupling).	

خطوات العزل الآمن (Steps of Safe Isolation)

يُعد تطبيق خطوات العزل الآمن جزءاً أساسياً من إجراءات السلامة قبل البدء بأي أعمال صيانة أو فحص، فهو يتضمن الخطوات الآتية:

1 تقييم النظام وتحديد مصادر الطاقة (System Assessment and Energy Source Identification)



- تحديد جميع مصادر الكهرباء، والهواء، والماء، والبخار، والضغط.
- تحديد الأجزاء التي ستخضع للصيانة أو الفحص.

2 فصل الطاقة (Lockout/Isolation)



- استخدام القواطع الكهربائية، والصمامات، والصناديق العازلة لعزل النظام.
- التأكد من فصل جميع المصادر وعدم وجود طاقة متبقية.

3 وضع علامات تحذيرية (Tagging):



- وضع عبارات عدم التشغيل على مصادر الطاقة المعزولة.
- توثيق أسماء الفنيين المسؤولين عن العزل.

4 التحقق (Lockout/Isolation):



- استخدام أجهزة القياس للتأكد من عدم وجود جهد كهربائي، أو ضغط مُتَبَقِّ.
- التأكد من تعطيل جميع الأجزاء المتحركة.

5 تنفيذ الصيانة أو الفحص

(Perform Maintenance or Inspection):



- بعد التحقق الكامل من العزل، يبدأ الفنيون في تنفيذ العمل بأمان.

6 إعادة التشغيل بعد انتهاء العمل

(Restarting the System After Completion):



- إزالة العلامات التحذيرية.
- إعادة تشغيل النظام تدريجياً وفق تعليمات السلامة.
- التحقق من الأداء السليم بعد التشغيل.

المخاطر الناتجة عن عدم العزل (Risks of Non-isolation)

قد يؤدي إهمال إجراءات العزل الآمن قبل الصيانة إلى مجموعة من المخاطر التي تهدد العاملين والمعدات، ومن أبرزها ما يأتي:



- الصدمات الكهربائية نتيجة بقاء الجهد متصلاً بالمعدات.
- التشغيل غير المقصود للمعدات أثناء العمل عليها.
- تسرب السوائل أو الغازات تحت ضغط عالٍ.
- انفجار الأنظمة المضغوطة بسبب عدم تفريغ الضغط.
- الإصابات الميكانيكية الناتجة عن الانحشار بين الأجزاء المتحركة، أو سقوط المكونات.
- ارتفاع درجة الحرارة، أو انبعاثات حرارية غير متوقعة.
- انسكاب المواد الخطرة، أو التدفق المفاجئ للسوائل.



هذه المخاطر تجعل العزل خطوة أساسية لا يمكن التهاون بها؛ لضمان سلامة الفنيين واستمرار العمل بأمان.

تشخيص الأعطال في أجهزة القياس وأنظمة التحكم

(Faults Diagnosis in Measuring Instruments and Control Systems)



تتعرض المعدات الصناعية لأعطال متعددة قد تؤدي إلى توقف الإنتاج وارتفاع تكاليف الصيانة، وقد تتسبب أحياناً في مخاطر على العاملين إذا لم تُحدد المشكلة بدقة، ويُعد التشخيص الصحيح للأعطال خطوة أساسية لرفع كفاءة الصيانة، فهو يساعد على فهم مصدر الخلل واختيار الإجراء الأنسب لمعالجته ومنع تكراره، وتُسهل تقنيات التشخيص الحديثة في الآتي:

- تقليل فترات التوقف عن العمل.
- منع تلف المعدات نتيجة استمرار الخلل.
- تحسين سلامة العمال والمعدات.
- زيادة كفاءة الإنتاج، وخفض التكاليف التشغيلية.
- دعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات الفعلية للأجهزة.

ومع التطور الكبير في الأنظمة الكهربائية والميكانيكية والإلكترونية، أصبح استخدام وسائل مثل: التحليل الاهتزازي، والقياس الحراري، والفحص بالموجات فوق الصوتية ضرورياً؛ لضمان التشغيل الآمن والفعال للمعدات، ويعتمد التشخيص الجيد على منهجية واضحة وأدوات قياس دقيقة إلى جانب خبرة الفني؛ مما يجعل إتقان تقنيات التشخيص أحد الأسس الرئيسية للصيانة الحديثة.



تشخيص الأعطال

:(Faults Diagnosis)

تشخيص الأعطال هو عملية منهجية تهدف إلى تحديد سبب الخلل، أو المشكلة في المعدات، أو الأنظمة قبل البدء بأي عملية إصلاح، ويعتمد التشخيص على جمع المعلومات، وتحليل الأعراض، واستخدام أدوات الفحص للوصول إلى السبب الجذري للخلل بدقة.

طرق تشخيص الأعطال (Faults Diagnosis Methods)

تتنوع طرق تشخيص الأعطال في أجهزة القياس وأنظمة التحكم كما يوضحها الجدول الآتي:

الفحص البصري (Visual Inspection)



الأدوات/ الوسائل	العين المجردة، وأدوات الإضاءة.
الفائدة	اكتشاف نسبة كبيرة من الأعطال بصرياً قبل أي قياس.
ما جرى ملاحظته أو تشخيصه	الحروق، أو التآكل، أو التسرب، أو الكابلات المقطوعة، أو الاهتزاز غير الطبيعي.

التشخيص باستخدام القياسات الكهربائية



الأدوات/ الوسائل	جهاز القياس المتعدد (Multimeter)، وجهاز القياس ذو المشبك/الكلامب ميتر (Clamp Meter)، وجهاز قياس العزل الكهربائي (Megger).
الفائدة	تحديد الأعطال الكهربائية بدقة ومقارنة القراءات مع القيم الأصلية.
ما جرى ملاحظته أو تشخيصه	الجهد، والتيار، والمقاومة، ومقاومة العزل.

التحليل الاهتزازي (Vibration Analysis)



الأدوات/ الوسائل	أجهزة قياس الاهتزاز.
الفائدة	كشف الاختلال في المحاذاة، وعدم الاتزان، وتلف المحامل.
ما جرى ملاحظته أو تشخيصه	المضخات، والمحركات الكهربائية، والمحامل، والمراوح.

التصوير الحراري (Thermal Imaging)



الأدوات/ الوسائل	الكاميرا الحرارية.
الفائدة	تحديد مناطق الخطر الحراري قبل حدوث تلف أكبر.
ما جرى ملاحظته أو تشخيصه	نقاط الحرارة المرتفعة، والحمل الزائد، والتوصيلات الضعيفة، والاحتكاك الزائد.

التحليل الوظيفي (Functional Testing)



الأدوات/ الوسائل	أدوات القياس التشغيلية.
الفائدة	التأكد من عمل الجهاز وفق المواصفات، والتشغيل الآمن.
ما جرى ملاحظته أو تشخيصه	الأداء الفعلي للجهاز، والاستجابة الزمنية، والقيَم التشغيلية.

التسجيل الصوتي للضوضاء غير الطبيعية (Acoustic/Noise Recording)

	ميكروفون حساس/مسجل صوت (Acoustic Sensor/Recorder).	الأدوات/ الوسائل
	تعرف المشاكل الميكانيكية أو الكهربائية مبكراً.	الفائدة
	أصوات غير معتادة أثناء التشغيل.	ما جرى ملاحظته أو تشخيصه

تحليل الزيت والشوائب (Oil and Contaminant Analysis)

	جهاز تحليل الزيت (Oil Analysis Kit).	الأدوات/ الوسائل
	التنبؤ بتآكل المكونات الداخلية، وتحديد الأعطال الميكانيكية المحتملة.	الفائدة
	وجود جزيئات معدنية، أو تلوث في الزيت.	ما جرى ملاحظته أو تشخيصه

أدوات التشخيص (Diagnosis Tools)

تساعد أدوات التشخيص في تحديد المشكلات بسرعة ودقة؛ مما يُسهّل عمليات الإصلاح ويقلل من فترات التوقف، وتتنوع هذه الأدوات بين تقليدية وإلكترونية ومتقدمة حسب نوع العطل وطبيعة المعدة، ومنها ما يأتي:

1 الأدوات اليدوية:

- المفكات، والمطارق، ومفاتيح الربط، والعدسة المكبرة.
- المشابك وأسلاك الاختبار، ومشابك الفحص البصري، ومشابك قياس الاهتزاز البسيطة.



أدوات يدوية

2 أدوات القياس:



- جهاز تحليل الاهتزاز (Vibration Analyzer).
- الميكروميتر (Micrometer)، ومؤشر الاتصال (Dial Gauge).
- الملتيميتر (Multimeter)، والكلامب ميتر (Clamp Meter).
- وجهاز الميجر (Megger).
- أدوات قياس الضغط (Pressure Gauge)، ومقاييس التدفق (Flow Meter).

خطوات عملية تشخيص الأعطال (Steps of Faults Diagnosis)

تُعد عملية التشخيص الصحيحة حجر الأساس للصيانة الفعّالة، حيث تساعد الفنيين على فهم الأعطال بدقة وتحديد الأسباب الحقيقية وراء توقف المعدات أو ضعف أدائها، ومن خلال اتباع خطوات منظمة ومنهجية، يمكن تحديد الجزء المتضرر، ومعرفة السبب الجذري للمشكلة، واتخاذ الإجراءات اللازمة لإصلاحها بأمان وفعالية، وتتمثل هذه الخطوات في الآتي:

1 جمع المعلومات:



- التحدث مع المشغلين لفهم طبيعة العطل وظروف حدوثه.
- ملاحظة توقيت العطل، ومدى تكراره.
- مراجعة سجلات الصيانة السابقة للحصول على خلفية عن المشكلات السابقة والإجراءات المتخذة.

2 الفحص الأولي:



- إجراء فحص بصري للمعدات والأجزاء الميكانيكية أو الكهربائية.
- الاستماع لأي أصوات غير طبيعية أثناء التشغيل.
- الانتباه لروائح الاحتراق، أو أي علامات تدل على وجود مشاكل حرارية.

3 القياس والتحليل:

- استخدام الأجهزة المناسبة، مثل: الملتيميتر، والميجر، أو أجهزة القياس الأخرى.
- مقارنة القراءات والقيَم مع القِيَم المعيارية، أو المواصفات الأصلية.

4 تحديد موقع العطل:

- تحليل جميع البيانات والنتائج التي جُمعت.
- تحديد الجزء، أو المكون المتضرر الذي يسبب المشكلة.

5 تحديد السبب الجذري (Root Cause):

- الانتقال من السبب الظاهر إلى السبب الجذري للمشكلة؛ لضمان حل دائم.
- مثال توضيحي:
- العَرَض: حرارة عالية.
- السبب الظاهري: حمل زائد.
- السبب الجذري: انسداد مرشح الهواء.

6 اتخاذ قرار الإصلاح:

- اختيار الإجراء المناسب لإصلاح العطل، سواء كان استبدال الجزء المتضرر، أو إصلاحه.
- التأكد من استعادة المعدات إلى حالة التشغيل الطبيعية والأمنة.

7 توثيق النتائج:

- تسجيل الأعطال، ونتائج التشخيص، والإجراءات المتخذة لتقييم الأداء المستقبلي.



تطبيقات عملية (Practical Applications)

تُوضح التطبيقات العملية كيفية استخدام أدوات وتقنيات التشخيص لتحديد الأعطال في المعدات الميكانيكية والكهربائية، ويوضح الجدول الآتي أمثلة على هذه التطبيقات العملية:

الجهاز	المشكلة	كيفية التشخيص	تحديد السبب
محرك كهربائي	درجة حرارة عالية.	■ قياس التيار (يظهر حمل زائد). ■ فحص التهوية (انعكاس اتجاه دوران المروحة).	تراكم الأتربة في فتحات التبريد.
مضخة مياه	اهتزاز قوي.	■ استخدام جهاز الاهتزاز. ■ قراءة ارتفاع مستوى الاهتزاز.	محاذاة خاطئة بين المضخة والمحرك.



أسئلة الوحدة

- ما أهمية دقة القياس؟
- ما هي أهم المتغيرات التي تُقاس في الصناعة؟
- اشرح مكونات نظام التحكم مع مثال عملي.
- اذكر تطبيقاً صناعياً لأنظمة التحكم.
- عرف الحساس والمحولات.
- اذكر ثلاثة أنواع رئيسية من الحساسات الصناعية.
- ما الفرق بين إشارة الحساس والإشارة بعد المحول؟
- أعطِ مثالاً عملياً على استخدام المحولات في النظام الصناعي.
- لماذا تُعد دقة الحساسات والمحولات مهمة لسلامة النظام؟
- اشرح خطوات اختبار ومعايرة الحساسات والمحولات.
- لماذا تُعد معايرة الأجهزة مهمة للسلامة وجودة الإنتاج؟
- عرف معدات اختبار القياس، وأهميتها.
- اذكر ثلاثة أنواع شائعة من أجهزة الاختبار.
- اذكر أهم أجهزة القياس الكهربائية المستخدمة في التشخيص.
- ما هو دور أنظمة السلامة في الصناعة؟
- لماذا يمنع تعطيل أنظمة الحماية؟
- عرف العزل الآمن لأنظمة القياس والتحكم.
- اذكر ثلاثة مخاطر قد تحدث عند عدم العزل.

- ما خطوات التحقق من العزل قبل بدء العمل؟
- أعط مثلاً على أداة تستخدم لعزل الصمامات.
- لماذا يُعد توثيق العزل ووضع العلامات التحذيرية مهماً؟
- ما الفائدة من استخدام الكاميرا الحرارية في الصيانة؟
- لماذا يُعد الفحص البصري خطوة مهمة في التشخيص؟

الوحدة الخامسة

أساسيات أجهزة القياس

Fundamentals of Measurement
Instruments



محتويات الوحدة الخامسة

الدرس الأول

مخططات أجهزة القياس

185(Instrumentation Diagrams (P&ID))

الدرس الثاني

أساسيات قياس درجة الحرارة

191(Fundamentals of Temperature Measurement)

الدرس الثالث

أساسيات قياس الضغط

200(Fundamentals of Pressure Measurement)

الدرس الرابع

أساسيات قياس المنسوب

210(Fundamentals of Level Measurement)

الدرس الخامس

أساسيات قياس التدفق

220(Fundamentals of Flow Measurement)

الدرس السادس

تفسير مخططات P&ID وتطبيق مبادئ القياس

228(Interpreting P&IDs and Applying Measurement Principles)

231أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

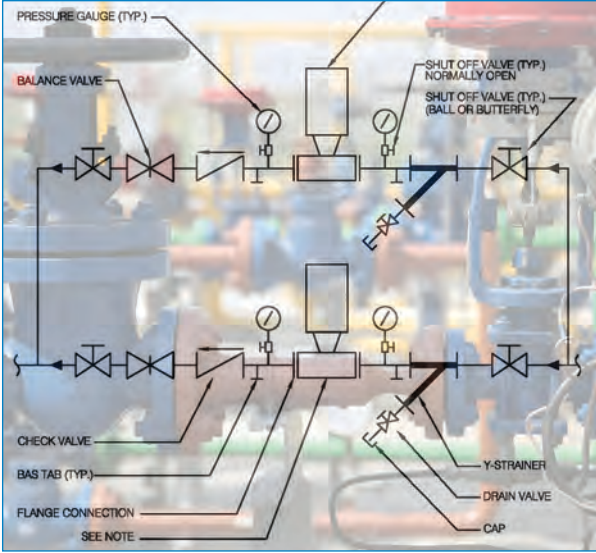
- يتّبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يشرح مفهوم مخططات الأنابيب وأجهزة القياس.
- يشرح أهمية مخططات الأنابيب وأجهزة القياس في العمليات الصناعية.
- يتعرف العناصر الأساسية الممثلة في مخططات الأنابيب وأجهزة القياس.
- يفسر رموز أجهزة القياس وفق المعايير الدولية (ISA).
- يُعرّف درجة الحرارة.
- يشرح أهمية درجة الحرارة في العمليات الصناعية.
- يُصنّف حساسات درجة الحرارة الصناعية.
- يحلّل أخطاء القياس الناتجة عن التوصيل الخاطئ أو التداخل الكهربائي.
- يُعرّف مفهوم الضغط.
- يميز بين أنواع الضغط وأجهزة قياس الضغط.
- يفسر رموز الضغط في مخططات الأنابيب وأجهزة القياس.
- يذكر مفهوم المنسوب.
- يفسر رموز المنسوب في مخططات الأنابيب وأجهزة القياس.
- يحدد خطوات فحص ومعايرة أجهزة قياس المنسوب.
- يُعرّف مفهوم التدفق.
- يشرح أهمية التدفق في العمليات الصناعية.
- يميز بين التدفق الحجمي والتدفق الكتلي.
- يطبق إجراءات فحص ومعايرة أجهزة القياس المختلفة.
- يربط بين الرموز والمعدات الحقيقية في العمليات الصناعية.
- يطبق مبادئ قياس درجة الحرارة، والضغط، والمنسوب، والتدفق على المخطط.
- يوثق نتائج الاختبار وتحليلها لضمان التشغيل الأمثل.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تزويد الطلبة بفهم متكامل لمخططات أجهزة القياس والتحكم (P&ID)، ودورها في تمثيل الأنظمة الصناعية، حيث يتعرف الطلبة الرموز والأجهزة والارتباطات المعيارية التي تساعدهم على قراءة العمليات وتحليل دوائر القياس والتحكم بدقة، ثم تنتقل الوحدة إلى دراسة أساسيات قياس درجة الحرارة وأنواع أجهزة القياس الحراري وطرق تشغيلها ومعايرتها، يلي ذلك أساسيات قياس الضغط وتعرف أجهزة الضغط المستخدمة في الصناعات، وتشمل الوحدة أيضاً قياس المنسوب وطرق مراقبة مستويات الخزانات، إضافة إلى مبادئ قياس التدفق وحساب معدلات السريان باستخدام أجهزة تعتمد على الفروق الضغطية أو الإشارات الإلكترونية، وفي نهاية الوحدة يطبق الطلبة ما تعلموه عبر تفسير مخططات أجهزة القياس والتحكم (P&ID) وتنفيذ مهام قياس عملية، مما يعزز قدرتهم على الربط بين الجانب النظري والعملية وفهم أنظمة القياس في بيئة تشغيل حقيقية.

مخططات أجهزة القياس

(Instrumentation Diagrams (P&ID))



تُعد مخططات الأنابيب وأجهزة القياس (Piping and Instrumentation Diagrams (P&ID)) من أهم الوثائق الهندسية المستخدمة في تصميم الأنظمة الصناعية وتشغيلها وصيانتها، فهي تمثل خريطة تفصيلية تُظهر كيفية ترابط الأنابيب، والصمامات، والمضخات، وأجهزة القياس والتحكم، إضافة إلى مسارات الإشارات التشغيلية وأنظمة الحماية، ويعتمد الفنيون والمهندسون على هذه المخططات لفهم النظام الداخلي بدقة، وتشخيص الأعطال، وتحليل العمليات دون الحاجة إلى وجودهم في الموقع، كما يمكن إتقان

قراءة رموز ومكونات P&ID من تحسين كفاءة التشغيل ورفع مستوى السلامة والموثوقية في المنشآت الصناعية.



مخططات الأنابيب وأجهزة القياس

(P&ID):

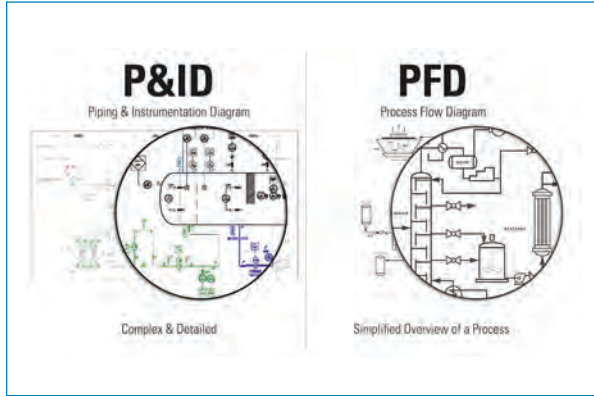
هي رسومات هندسية توضح بشكل دقيق مسارات الأنابيب والمعدات وأجهزة القياس والتحكم داخل النظام الصناعي، وتستخدم لفهم التشغيل والصيانة وتشخيص الأعطال.

وتُستخدم مخططات الأنابيب وأجهزة القياس في المجالات الآتية:

- التصميم الهندسي.
- التشغيل الآمن.
- التخطيط للصيانة.
- إدارة المخاطر وإجراءات الإيقاف الطارئ.

أنواع المخططات في العمليات الصناعية (Types of Diagrams in Industry)

في الهندسة الصناعية، تُستخدم المخططات لتوضيح العمليات والمعدات بشكل يُسهل فهمها وتشغيلها وصيانتها، ومن أهم هذه المخططات ما يأتي:



1 مخطط تدفق العملية (PFD):

هو مخطط عام وبسيط يوضح تسلسل العملية الصناعية، ومسار تدفق المواد، والمعدات الرئيسية مثل المفاعلات (Reactors)، والمبادلات الحرارية (Heat Exchangers)، والمضخات (Pumps) دون إظهار التفاصيل الدقيقة للأنابيب أو أجهزة القياس والتحكم.

2 مخطط الأنابيب وأجهزة القياس (P&ID):

هو مخطط تفصيلي يوضح جميع المعلومات الفنية للنظام الصناعي، بما في ذلك الأنابيب (Pipes)، والصمامات (Valves)، وأجهزة القياس (Instrumentation)، ووحدات التحكم (Control Units)، وإشارات التشغيل (Control Signals)، وأنظمة الحماية (Safety Systems)، ويُستخدم في التشغيل والصيانة وتحليل الأعطال.

رموز أجهزة القياس والتحكم وفق معيار ISA (Measurement Instrumentation Symbols as per ISA Standard)

المعيار الدولي ((International Society of Automation (ISA)) هو المعيار الأكثر استخداماً في تصميم مخططات P&ID، ويحدد رموزاً موحدة لأجهزة القياس والتحكم، وتساعد هذه الرموز الفنيين والمهندسين على فهم وظيفة كل جهاز بسرعة ودقة.

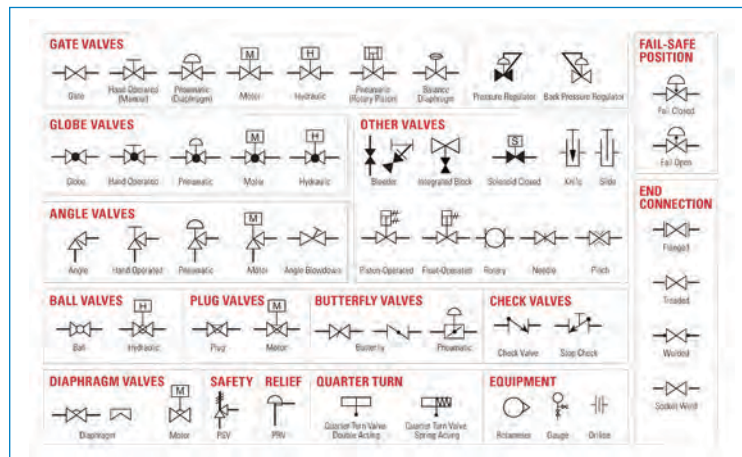
وتكمن أهمية استخدام معيار ISA في الآتي:

- ضمان توحيد الرموز في جميع المخططات.
- تسهيل قراءة المخططات من قبل أي مهندس أو فني في أي منشأة صناعية.
- دعم التشغيل الآمن، والصيانة، وتحليل الأعطال بسرعة ودقة.

ويتكون كل رمز من قسمين رئيسيين، بحيث يكون الرمز الأول بداخل دائرة تمثل نوع الكمية التي يقيسها الجهاز، ويمثل الرمز الثاني وظيفة الجهاز ويكون بداخل الدائرة أو بجانبها، ويوضح دمج الرمز معاً رمز الجهاز، ويوضح الجدول الآتي بعض الأمثلة:

الكمية المقاسة	الرمز الحرفي (ISA)	وظيفة الجهاز	الرمز الحرفي (ISA)	اسم الجهاز
الضغط (Pressure)	P	محول (Transducer)	T	محول ضغط (Pressure Transducer)
درجة الحرارة (Temperature)	T	مؤشر (Indicator)	I	مؤشر حرارة (Temperature Indicator)
التدفق (Flow)	F	محول (Transducer)	T	محول تدفق (Flow Transducer)
المستوى (Level)	L	متحكم (Controller)	C	متحكم مستوى (Level Controller)
الكتلة/الوزن (Mass)	M	محول (Furnaces Ovens)	T	محول كتلة/ وزن (Mass Transducer)

المكونات الرئيسية لمخطط الأنابيب وأجهزة القياس (Main Components of P&ID)



يُعد مخطط الأنابيب وأجهزة القياس (P&ID) أحد أهم المخططات الهندسية التي توفر رؤية تفصيلية عن كيفية عمل النظام الصناعي، ولتحقيق فهم شامل لهذا المخطط، يجب تعرّف العناصر الأساسية التي يتكون منها، وهي كالآتي:

1 الأنابيب (Pipes):

تمثل خطوط نقل السوائل أو الغازات، وتُبين عادةً بسماعات ورموز تشير إلى القطر ونوع المادة.

2 الصمامات (Valves):

تتحكم في تدفق المواد عبر الأنابيب، وتشمل أنواعاً مثل: صمام البوابة، وصمام عدم الرجوع، وصمام الكرة، ويظهر كل نوع برمز خاص.

3 أجهزة القياس (Instrumentation):

تشمل الأدوات المستخدمة لمراقبة متغيرات العملية مثل: أجهزة قياس الضغط (Pressure Indicators)، وأجهزة قياس درجة الحرارة (Temperature Indicators)، وأجهزة قياس المستوى (Level Indicators)، وأجهزة قياس التدفق (Flow Indicators).

4 المحوّلات والحساسات (Transducers & Sensors):

تشمل أجهزة قياس تقوم باستشعار المتغيرات الفيزيائية وتحويلها إلى إشارات يمكن معالجتها في أنظمة التحكم، وتُبين مواقع القياس ومسار نقل الإشارة.

■ المحوّلات (Transducers):

مثل: محوّل الضغط (Pressure Transducer (PT)، ومحوّل درجة الحرارة (Temperature Transducer (TT)، ومحوّل التدفق (Flow Transducer (FT).

■ الحساسات (Sensors):

مثل: حساس درجة الحرارة (Temperature Sensor / Thermocouple / RTD)، وحساس الضغط (Pressure Sensor)، وحساس المستوى (Level Sensor)، وحساس التدفق (Flow Sensor).

5 المعدات الرئيسية (Equipment):

مثل: المضخات (Pumps)، والخزانات (Tanks)، والأوعية (Vessels)، والمبادلات الحرارية (Heat Exchangers)، والضواغط (Compressors)، ويظهر لكل معدة رمز وصندوق تعريف (Tag).

6 أنظمة التحكم (Control Systems):

توضح دوائر التحكم مثل: وحدات التحكم المحلية (Local Control)، ووحدات التحكم الموزعة (Distributed Control Systems (DCS)، وأنظمة التحكم المنطقي (Programmable Logic Controllers (PLC).

7 خطوط الإشارات (Signal Lines):

تمثل الاتصالات بين الأجهزة ووحدات التحكم، وقد تكون: إشارات كهربائية (Electrical Signals)، أو هوائية (Pneumatic Signals)، أو رقمية (Digital Signals).

8 ملصقات التعريف (Tags/Labels):

تعطي رقمًا ووصفًا لكل جهاز أو معدة، مثل: (PT-101 - FV-205 - P-10A)، وتستخدم للتوثيق والصيانة.

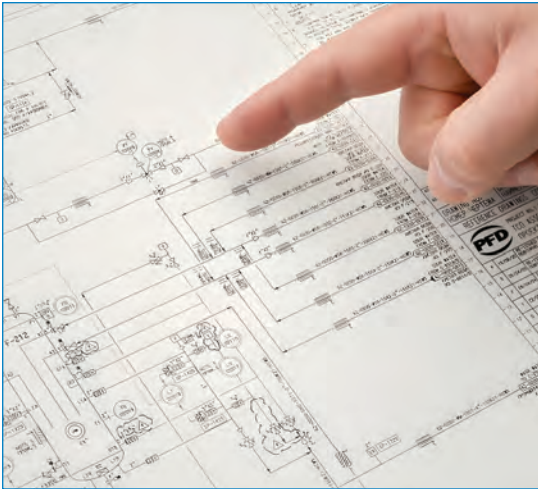
9 رموز السلامة والحماية (Safety Symbols):

مثل: صمام الإغاثة (Relief Valve (RV))، وأنظمة الإيقاف الطارئ (Emergency Shutdown (ESD))، وأدوات الإنذار (Alarms).

10 الملاحظات ودليل الرموز (Notes & Symbols Legend/Symbol Key):

تشمل تفسير الرموز، والاختصارات، ووحدات القياس المستخدمة في المخطط.

طريقة قراءة الرموز في مخطط الأنابيب وأجهزة القياس (Symbols Reading in P&ID)



يستخدم مخطط P&ID رموزًا قياسية لتمثيل المعدات، والصمامات، وأجهزة القياس، وخطوط الأنابيب، ولفهم المخطط بدقة، يجب اتباع الخطوات الآتية:

1 تعرّف الرموز القياسية (Standard Symbols):

■ كل نوع من المعدات أو الصمامات أو أجهزة القياس له رمز محدد موحد عالميًا أو حسب معيار المنشأة.

■ مثال:

■ المضخة (Pump): دائرة مع مثلث داخلي.





- الصمام الكروي (Ball Valve): دائرة مع خط متقطع عبرها.



- مقياس الضغط (Pressure Gauge): دائرة صغيرة مع سهم.

2 قراءة أسماء الأجهزة وملصقاتها (Tags/Labels):

- تحتوي كل المعدات على رقم تعريف يوضح نوع الجهاز ووظيفته، حيث تساعد هذه الملصقات على تحديد الجهاز بسرعة أثناء التشغيل، أو الصيانة، مثل:
 - PT-101: يُشير هذا الرمز إلى Pressure Transducer رقم (101).
 - FV-205: يُشير هذا الرمز إلى Flow Control Valve رقم (205).

3 متابعة خطوط الأنابيب (Piping Lines):

- سماكة الخط ونوعه تحدد نوع المادة، أو وسيط العملية.
- تشير الأسهم على الخطوط إلى اتجاه تدفق المادة.

4 قراءة إشارات التحكم والقياس (Control & Signal Lines):

- تُظهر هذه الإشارات كيفية اتصال الأجهزة بوحدة التحكم، وغالبًا ما يُرمز لها بخطوط متقطعة، أو ملونة مع وصف للإشارة، ويمكن أن تكون:
 - إشارة كهربائية (Electrical Signal).
 - إشارة هوائية (Pneumatic Signal).
 - إشارة رقمية (Digital Signal).

5 الاستعانة بدليل الرموز والملاحظات (Notes & Symbols Legend/Symbol Key):

- يحتوي كل مخطط P&ID على مفتاح الرموز لتفسير الرموز المختصرة؛ مما يسهل قراءة المخطط بدقة.

6 التركيز على التدفق العام للعملية (Process Flow):

- بعد تعرّف الرموز، يجب تتبع مسار المواد والإشارات عبر المخطط لفهم كيفية عمل النظام بالكامل.

أساسيات قياس درجة الحرارة

(Fundamentals of Temperature Measurement)



تمثل درجة الحرارة أحد أهم المتغيرات التشغيلية في العمليات الصناعية، حيث تؤثر مباشرة في جودة الإنتاج، وسلامة المعدات، وكفاءة استهلاك الطاقة، وتعتمد أنظمة التحكم الحديثة على قياس درجة الحرارة لضبط العمليات المختلفة، مثل: التسخين، والتبريد، والتفاعلات الكيميائية، والتجفيف؛ مما يجعل فهم قياس درجة الحرارة أمراً أساسياً لأي فني، أو مهندس يعمل في الصيانة، أو التشغيل الصناعي.

وتشمل أجهزة قياس درجة الحرارة المستخدمة في المنشآت الصناعية أنواعاً متعددة من المجسات، مثل: الترمومترات الزئبقية، والترمومترات المقاومة (RTD)، والمزدوجات الحرارية/الثرموكبلات، وأجهزة الإرسال الرقمية، وفهم مبادئ عمل هذه الأجهزة، وطريقة تركيبها، وحدود استخدامها، واختيار المجس المناسب، يضمن دقة القياس، ويساعد على تحليل المشكلات الحرارية، واتخاذ القرارات الفنية الصحيحة، بما يعزز التشغيل السليم، والسلامة، والكفاءة في العمليات الصناعية.



درجة الحرارة

:(Temperature)

هي مقياس للطاقة الحرارية الموجودة في المادة، وتعكس مدى حركة جزيئاتها في العمليات الصناعية، وتُستخدم درجة الحرارة لتحديد حالة السوائل والغازات، وضبط ظروف التفاعل الكيميائي، والتحكم في عمليات التسخين والتبريد والتجفيف.

وتكمن أهمية قياس درجة الحرارة في الآتي:

■ ضمان جودة الإنتاج:

التحكم في درجة الحرارة يضمن التفاعلات الصحيحة والحصول على منتجات مطابقة للمواصفات.

■ سلامة المعدات والعاملين:

القياس الدقيق يمنع ارتفاع درجة الحرارة، أو انخفاضها عن الحد المسموح؛ مما يحمي المعدات ويقلل المخاطر.

■ تحسين كفاءة الطاقة:

يساعد ضبط درجات الحرارة بدقة على تقليل استهلاك الطاقة في العمليات الصناعية.

■ دعم التحكم الصناعي:

أنظمة التحكم الحديثة تعتمد على بيانات درجة الحرارة لتشغيل المضخات، والصمامات، وأجهزة التسخين والتبريد بدقة.

ومن أمثلة العمليات الصناعية التي تعتمد على قياس درجة الحرارة ومجساتها الآتي:

- ضبط حرارة الأفران.
- مراقبة حرارة خزانات الوقود.
- التحكم في حرارة خطوط التبريد والتكييف.

حساسات درجة الحرارة الشائعة في الصناعة (Common Temperature Sensors Used in Industry)

تُستخدم في المنشآت الصناعية حساسات درجة الحرارة لمراقبة وضبط درجة الحرارة بدقة في مختلف العمليات، وتختلف هذه الأجهزة من حيث مبدأ القياس، ونطاق درجات الحرارة، وسرعة الاستجابة، ودقة القياس، ويوضح الجدول الآتي أجهزة حساسات درجة الحرارة المستخدمة في الصناعة:

الترمومترات الزئبقية (Mercury Thermometers)

	■ تمدد الزئبق مع درجة الحرارة.	مبدأ العمل
	■ درجات الحرارة المنخفضة إلى المتوسطة.	مدى الاستخدام
	■ بسيطة. ■ دقيقة في نطاق محدود.	المميزات

الترمومترات المقاومة (Resistance Temperature Detectors (RTD))

	مبدأ العمل	تغير مقاومة المعدن مع درجة الحرارة.
	مدى الاستخدام	واسع، ودقيق.
	المميزات	- الدقة العالية. - الاستجابة المستقرة. - مناسب للقياس المستمر.

المزدوجات الحرارية/الثرموكبلات (Thermocouples)

	مبدأ العمل	توليد جهد كهربائي عند تقاطع سلكين معدنيين مختلفين.
	مدى الاستخدام	واسع جداً، يشمل درجات حرارة عالية جداً، ومناسبة للعمليات ذات درجات الحرارة العالية، أو المتغيرة.
	المميزات	- تحمل درجات الحرارة المرتفعة. - الاستجابة السريعة.

أجهزة الإرسال الرقمية (Digital Temperature Transmitters)

	مبدأ العمل	تحويل إشارة RTD أو Thermocouple إلى إشارة رقمية.
	مدى الاستخدام	كافة العمليات الصناعية.
	المميزات	- الدقة العالية. - الموثوقية. - المراقبة عن بُعد.

حساسات درجة الحرارة بالأشعة (Infrared Sensors)

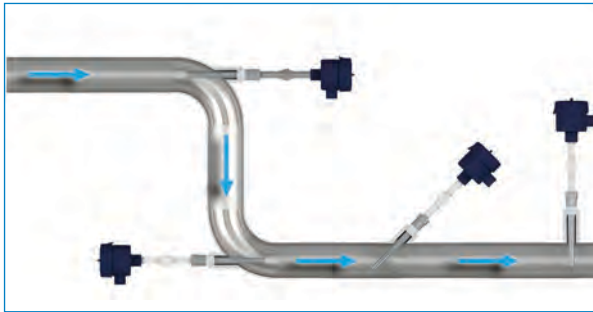


■ قياس درجة الحرارة عن بُعد بواسطة الأشعة تحت الحمراء.	مبدأ العمل
■ العمليات صعبة الوصول، والمواد الساخنة، أو المتحركة.	مدى الاستخدام
■ لا تحتاج إلى اتصال مباشر. ■ الاستجابة السريعة.	المميزات



تُعد الترمومترات الزئبقية أدوات قياس تقليدية، ولا تُعد من الحساسات المستخدمة ضمن أنظمة التحكم الصناعية الحديثة.

معايير تركيب حساسات درجة الحرارة (Temperature Sensor Installation)



لكي تعمل حساسات درجة الحرارة بدقة وموثوقية، يجب تركيبها وفق المعايير الآتية:

1 الموضع المناسب:

- تركيب الحساس في موقع يعكس درجة الحرارة الحقيقية للوسط المراد قياسه.
- تجنب الأماكن القريبة من جدران الأوعية، أو مصادر درجة الحرارة المباشرة التي قد تعطي قراءة خاطئة.

2 الاتصال الحراري الجيد:

- ضمان أن الحساس ملامس جيدا للوسط (سائل، أو غاز، أو سطح صلب).
- استخدام مواد توصيل حرارية إذا لزم الأمر؛ لتقليل الفارق الحراري.

3 التوجيه الصحيح:

- بعض الحساسات، مثل المزدوجات الحرارية تحتاج لتركيبها باتجاه معين لتعمل بدقة.
- تجنب الانحناءات الحادة، أو الالتواءات في الأسلاك التي قد تؤثر في الإشارة.

4 الحماية الميكانيكية والبيئية:

- تركيب الغلاف الواقي، أو الحماية ضد الاهتزازات، أو التآكل، أو المواد الكيميائية.
- حماية الحساس من الصدمات، أو درجات الحرارة القصوى التي تتجاوز نطاق التشغيل.

ربط حساسات درجة الحرارة بأنظمة التحكم (Integration of Temperature Sensors with Control Systems)



تعمل حساسات درجة الحرارة، مثل: المزدوجات الحرارية (Thermocouples) والترمومترات المقاومة (RTD)، على استشعار درجة الحرارة وتحويلها إلى إشارة كهربائية أولية تُرسل إلى أنظمة التحكم لمراقبة وضبط العمليات الصناعية، ومن وظائف التحكم المرتبطة بدرجة الحرارة ما يأتي:

- **التحكم في درجة الحرارة:** تشغيل أو إيقاف الصمامات والمضخات لتثبيت درجة الحرارة المطلوبة.
- **التنبهات والأمان:** تنشيط الإنذارات أو إجراءات الإيقاف الطارئ عند تجاوز الحدود المسموح بها.
- **التسجيل والمراقبة:** تخزين البيانات وتحليل الأداء؛ لتحسين كفاءة العملية.

ويُعد الربط السليم بين أنظمة التحكم بدرجة الحرارة وأجهزة قياس درجة الحرارة عنصراً أساسياً؛ لضمان قراءة دقيقة لدرجة الحرارة، وسرعة الاستجابة للتغيرات الحرارية، وحماية كل من المعدات والعاملين، إضافة إلى أن أي خلل في التوصيل، أو في معالجة الإشارات قد يؤدي إلى قراءات غير دقيقة، الأمر الذي قد ينعكس سلباً على جودة العمليات التشغيلية ومستويات السلامة داخل الأنظمة المختلفة، وتكون عملية الربط وفق الخطوات الآتية:

1 تحويل الإشارة (Signal Transmission):

- المجسات تنتج إشارة كهربائية صغيرة (جهد أو مقاومة).
- تحوّل هذه الإشارة عادة إلى شكل قابل للقراءة عبر أجهزة الإرسال الرقمية (Transmitters) لتتناسب مع وحدات التحكم (DCS/PLC).

2 الاتصال بأنظمة التحكم (Control System Interface):

- توصيل الإشارة إلى وحدات التحكم الموزعة (DCS)، أو وحدات التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC).
- يتيح هذا الاتصال مراقبة درجة الحرارة لحظياً، واتخاذ قرارات تلقائية للتحكم في الصمامات، أو المضخات، أو عناصر التسخين والتبريد.

3 معالجة الإشارة (Signal Conditioning):

- يشمل تضخيم الإشارة، وترشيح الضوضاء، وتصحيح الانحرافات؛ لضمان دقة القياس.
- تقوم بعض الأنظمة الحديثة بتحويل الإشارة إلى إشارة رقمية مباشرة لمراقبتها على شاشات (HMI)، أو (SCADA).

العوامل المؤثرة في دقة قياس درجة الحرارة (Temperature Measurement Affecting Factors)

تتأثر دقة قياس درجة الحرارة بعدة عوامل فنية، ويُعد فهم هذه العوامل أمراً أساسياً؛ لضمان الحصول على قراءات صحيحة وموثوقة، ويساعد على اختيار الحساس المناسب، وتحسين أسلوب التركيب والتشغيل، وتقليل الأخطاء التي قد تؤثر في سلامة وكفاءة العمليات الصناعية، وهذه العوامل هي:

■ نوع الحساس المستخدم:

الترمومترات المقاومة (RTD) دقيقة أكثر من المزدوجات الحرارية، لكنها أبطأ في الاستجابة.

- **جودة الاتصال الحراري:**
أي فجوة، أو سوء تلامس يقلل دقة القياس.
- **التداخل الكهربائي أو المغناطيسي:**
يمكن أن تتأثر الإشارات الكهربائية بالضوضاء إذا لم تُحمَ الأسلاك جيداً.
- **نطاق التشغيل:**
يؤدي تشغيل الحساس خارج نطاقه المسموح به إلى قراءة غير دقيقة، أو تلف الجهاز.
- **التثبيت والتركيب:**
الانحناءات الحادة، والتثبيت في أماكن غير مناسبة، أو تعرض الحساس للصدمات تؤثر في دقة القراءة.
- **تأثير التدفق والحركة:**
عدم وجود تدفق مناسب للسوائل والغازات حول الحساس، أو وجود فقاعات يمكن أن يقلل الدقة.

فحص ومعايرة حساسات درجة الحرارة (Temperature Sensor Testing and Calibration)



يُعد فحص ومعايرة حساسات درجة الحرارة خطوة أساسية لضمان دقة القياس وكفاءة نظام التحكم الصناعي، وتكمن أهمية الفحص والمعايرة في الآتي:

- يضمن قراءة دقيقة ومستقرة للحرارة.
- يمنع الأعطال الناتجة عن القراءات الخاطئة.
- يحافظ على الأداء الأمثل للعمليات الصناعية، ويقلل الهدر في الطاقة.

وتشمل عملية فحص ومعايرة حساسات درجة الحرارة المراحل والخطوات الآتية:

1 الفحص البصري والميكانيكي:

- التأكد من سلامة الهيكل الخارجي للحساس والحماية الميكانيكية.
- فحص الأسلاك والوصلات؛ للتأكد من عدم وجود قطع أو تآكل.
- التأكد من تثبيت الحساس تثبيتاً صحيحاً في موقع القياس.

2 اختبار الإشارة الكهربائية:

- استخدام أجهزة القياس، مثل جهاز القياس المتعدد (Multimeter) لقياس الجهد، أو المقاومة الناتجة من الحساس.
- التحقق من أن الإشارة تتغير مع تغير درجة الحرارة كما هو متوقع.
- اختبار الاتصال بين الحساس وجهاز الإرسال (Transmitter) للتأكد من استجابة النظام.

3 المعايرة (Calibration):

- مقارنة قراءة الحساس مع مرجع حرارة معروف، مثل استخدام حمام حرارة ثابت؛ للتأكد من دقة الحساس.
- ضبط الإشارة أو إجراء تصحيح (Offset Adjustment) بحيث تتطابق قراءات الحساس مع القيمة الحقيقية للحرارة.
- توثيق نتائج المعايرة والتأكد من أنها ضمن حدود الدقة المسموح بها.

4 المراقبة الدورية:

- جدولة الفحص والمعايرة دورياً حسب نوع الحساس ودرجة حرارته التشغيلية.
- المراقبة الدورية تضمن ثبات القياسات، وتقلل الأخطاء التشغيلية، وتحافظ على جودة الإنتاج وسلامة المعدات.

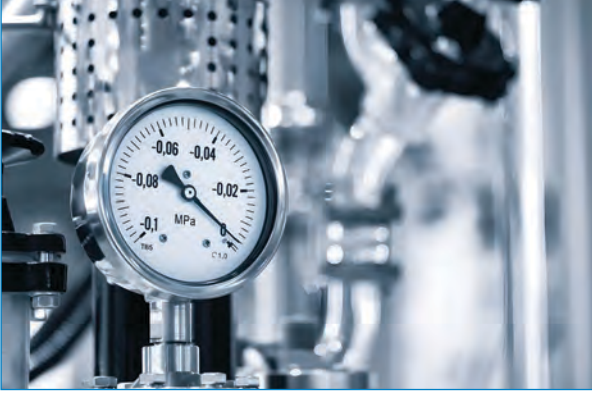
الأخطاء الشائعة في قياس درجة الحرارة (Common Faults in Temperature Measurement)

أثناء قياس درجة الحرارة في العمليات الصناعية، قد تظهر بعض الأخطاء التي تؤثر في دقة القياس وكفاءة التحكم، ويوضح الجدول الآتي أكثر الأخطاء شيوعاً، وأسبابها، والطريقة المناسبة لمعالجتها؛ لضمان قراءة دقيقة وآمنة للحرارة:

الخطأ الشائع	السبب	المعالجة
تركيب الحساس في موقع غير مناسب	وضع الحساس بعيداً عن وسط القياس الفعلي.	وضع الحساس في النقطة التي تمثل حرارة الوسط الحقيقي، والتأكد من الاتصال الحراري الجيد.
الاتصال الحراري غير الكافي	وجود فجوة، أو سوء تماس بين الحساس والوسط.	استخدام مواد توصيل حرارية، أو تركيب الحساس بحيث يلامس الوسط مباشرة.
التداخل الكهربائي أو المغناطيسي	تأثر إشارات الحساس بالضوضاء من المعدات القريبة.	استخدام أسلاك محمية، ومرشحات، وفصل الحساسات عن مصادر التداخل عند الإمكان.
تشغيل الحساس خارج نطاقه	تعريض الحساس لدرجات حرارة أعلى، أو أقل من النطاق المسموح به.	اختيار الحساس مناسب لنطاق درجة الحرارة المتوقع، وتركيب حماية إذا لزم الأمر.
انحراف أو فقدان المعايرة	تغير دقة الحساس نتيجة للاستخدام الطويل.	معايرة الحساس بانتظام باستخدام مرجع حرارة موثوق وتوثيق النتائج.
مشاكل الأسلاك والتوصيلات	تلف الأسلاك، أو الانحناءات الحادة، أو التوصيلات غير المحكمة.	فحص الأسلاك دورياً، واستخدام طرق تثبيت صحيحة، واستبدال أي جزء تالف.
التأثيرات البيئية	الاهتزازات، أو الرطوبة، أو التآكل.	تركيب الحساس في غلاف حماية مناسب، وتوفير حماية ضد الظروف البيئية القاسية.

أساسيات قياس الضغط

(Fundamentals of Pressure Measurement)



يُعد الضغط أحد أهم المتغيرات التشغيلية في الأنظمة الصناعية، إذ يؤثر في سلامة المعدات وكفاءة العمليات، فقياس الضغط يتيح التحكم في المضخات، والصمامات، وخطوط البخار والغاز، وأنظمة التغذية في العمليات الكيميائية والبتروكيماوية، وتتنوع أجهزة القياس بين القياسات الميكانيكية، والإلكترونية، والتفاضلية؛ مما يمنح الفني القدرة على اختيار الجهاز

المناسب لكل عملية، وتُظهر المخططات (P&ID) موقع أجهزة الضغط، وطريقة ارتباطها بأنظمة التحكم، وهو ما يسهل تشخيص الأعطال وتحسين التشغيل.



الضغط (Pressure):

هو القوة المؤثرة في وحدة المساحة من سطح ما، وينتج عادة عن حركة الموائع (سوائل أو غازات) داخل الأنظمة الصناعية، ويُقاس الضغط بوحدات، مثل: الباسكال (Pa)، أو البار (bar)، أو الرطل لكل بوصة مربعة (psi).

ويمثل الضغط متغيراً مهماً في معظم الأنظمة الصناعية، مثل: الغلايات، وخطوط الأنابيب، وخزانات التخزين، وأنظمة الهواء والغاز، والتحكم في الضغط، ويسهم قياس الضغط بدقة في الآتي:

- ضمان السلامة التشغيلية من خلال منع حدوث الانفجارات، أو التسريبات الناتجة عن ارتفاع الضغط.
- حماية المعدات، مثل: المضخات، والصمامات، والخزانات من التلف، أو التشغيل خارج حدودها المسموح بها.
- تحسين جودة العملية عبر التحكم في ظروف التشغيل أثناء التفاعلات الكيميائية، أو عمليات الضخ والنقل.
- تشخيص الأعطال مبكراً قبل أن تؤثر في كفاءة التشغيل، أو تسبب توقفاً في الإنتاج.



إن امتلاك معرفة جيدة بمبادئ قياس الضغط وأنواعه وطريقة تفسير قراءاته يعد أساساً لنجاح أعمال الصيانة والتشغيل، ويسهم في رفع مستوى الأمان وتحسين الأداء العام للمنشأة.

أنواع الضغط (Types of Pressure)



يمكن تصنيف الضغط في الأنظمة الصناعية إلى الأنواع الآتية:

1 الضغط الجوي (Atmospheric Pressure):

هو الضغط الناتج عن وزن عمود الهواء المحيط بالأرض، ويُعد مرجعاً للقياسات الأخرى.

2 الضغط المطلق (Absolute Pressure):

هو الضغط المقاس نسبةً إلى الفراغ التام (Zero Pressure)، ويمكن قياسه بالعلاقة الآتية:

$$\text{الضغط المطلق} = \text{الضغط الجوي} + \text{الضغط المقاس}$$

3 الضغط المقاس أو النسبي (Gauge Pressure):

هو الضغط المقاس نسبةً إلى الضغط الجوي، ويُستخدم في معظم التطبيقات الصناعية، عندما يُكتب الضغط بالقيمة (barG) فهذا يعني ضغطاً نسبياً.

4 الضغط التفاضلي (Differential Pressure (DP)):

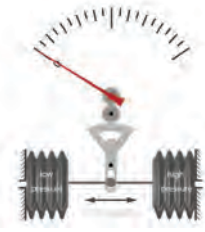
هو الفرق بين ضغطين في نقطتين مختلفتين داخل النظام، ويُستخدم في قياس التدفق، ومستوى السوائل، وبعض التطبيقات الحرجة.

5 الضغط الفراغي (Vacuum Pressure):

هو ضغط أقل من الضغط الجوي، ويُستخدم في أنظمة التفريغ، والتجفيف، والتبريد.

أجهزة قياس الضغط (Pressure Measurement Instruments)

تختلف أجهزة قياس الضغط في مبدأ عملها ودقتها ومجالات استخدامها داخل الأنظمة الصناعية، ويوضح الجدول الآتي هذه الأجهزة مع فكرة عمل كل منها وأبرز تطبيقاتها؛ مما يساعد الفني على اختيار الجهاز المناسب لكل عملية:

اسم الجهاز	مبدأ العمل	أبرز الاستخدامات	شكل توضيحي
مقياس بوردون (Bourdon Gauge)	تمدد أنبوب معدني منحني عند تعرضه للضغط.	■ الضواغط. ■ الفلايات. ■ أنظمة الغاز والهواء.	
مقياس الحجاب الحاجز (Diaphragm Gauge)	انحناء غشاء معدني مرن بفعل الضغط.	■ السوائل اللزجة. ■ المياه. ■ الصناعات الغذائية	
مقياس المنفاخ (Bellows Gauge)	تمدد وانكماش أسطوانة معدنية متموجة.	■ أجهزة التحكم. ■ القياسات المتوسطة والمنخفضة.	
حساسات الضغط الإلكترونية (Electronic Sensors)	عناصر حساسة مثل مقياس الإجهاد (Strain Gauge)، أو التيار الكهروضغطية (Piezoelectric) تولد إشارة كهربائية.	■ الأتمتة الصناعية. ■ أنظمة التحكم الحديثة	

اسم الجهاز	مبدأ العمل	أبرز الاستخدامات	شكل توضيحي
مرسلات الضغط (Pressure Transmitters)	تحويل الضغط إلى إشارة قياسية (4-20 mA).	- المراقبة والتحكم. - العمليات الحرجة.	
أجهزة الضغط التفاضلي (DP Transmitters)	قياس الفرق بين ضغطين داخل النظام.	- قياس التدفق. - مستوى السوائل. - أنظمة التهوية.	
مقياس الضغط الرقمي (Digital Gauge)	مستشعر داخلي مع شاشة رقمية.	- الصيانة. - المعايرة. - الاستخدامات المخبرية.	

رموز أجهزة قياس الضغط في مخططات (P&ID) طبقاً لمعيار ISA (Pressure Measurement Instruments Symbols in as per ISA Standard)

تعتمد مخططات القياس والتحكم (P&ID) على رموز موحدة وفق معيار (ISA-5.1) لتمثيل أجهزة الضغط ووظائفها، وتساعد هذه الرموز على فهم مكان الجهاز، ونوع الإشارة، وطريقة الربط مع أنظمة التحكم كالاتي:

- الحرف (P) هو الأساس لكل أجهزة الضغط في معيار (ISA).
- إضافة حرف آخر تعطي الوظيفة:

(V)	(C)	(S)	(T)	(I)
صمام (Valve)	تحكم (Controller)	مفتاح تحسس (Switch)	جهاز إرسال (Transmitter)	مؤشر (Indicator)

ويُشير وجود خط، أو شكل دائري، أو اسم مختصر بجانب الرمز في P&ID إلى نوع الجهاز ومكان تركيبه، ويوضح الجدول الآتي هذه الرموز:

الرمز الحرفي	المعنى	التفاصيل
P	Pressure	الحرف الأساسي الدال على الضغط في جميع الأجهزة المرتبطة به.
PI	Pressure Indicator	جهاز عرض/إظهار الضغط، مثل المؤشر التناظري (Gauge).
PT	Pressure Transmitter	جهاز إرسال الضغط الذي يحول الضغط إلى إشارة كهربائية/هوائية.
PS	Pressure Switch	مفتاح تحسس الضغط المستخدم لأغراض الإنذار، أو التشغيل.
PSH	Pressure Switch High	مفتاح ضغط عالي لتفعيل إنذار، أو حماية عند ارتفاع الضغط.
PSL	Pressure Switch Low	مفتاح ضغط منخفض لإصدار إنذار عند هبوط الضغط.
PST	Pressure Safety Trip	جهاز فصل تلقائي (Trip) عند تجاوز حدود الضغط الآمنة.
PG	Pressure Gauge	مقياس ضغط ميكانيكي (Gauge).
PRV	Pressure Relief Valve	صمام تنفيس الضغط لحماية الأنظمة من الارتفاع الزائد.
PSV	Pressure Safety Valve	صمام أمان الضغط (Safety Valve)، ويستخدم في أنظمة البخار والغاز.
PD	Pressure Differential	رمز عام للضغط التفاضلي دون مرسل.
PDT	Pressure Differential Transmitter	جهاز إرسال الضغط التفاضلي (DP Transmitter).
PDI	Pressure Differential Indicator	مؤشر الضغط التفاضلي.
PIT	Pressure Indicating Transmitter	جهاز إرسال الضغط مع مؤشر (Indicator + Transmitter).

الرمز الحرفي	المعنى	التفاصيل
PIR	Pressure Indicator Recorder	مسجل/عارض للضغط.
PIC	Pressure Indicating Controller	جهاز تحكم بالضغط مع خاصية العرض.
PCV	Pressure Control Valve	صمام تحكم بالضغط يعمل من خلال إشارة تحكم.

العوامل المؤثرة في دقة قياس الضغط (Pressure Measurement Affecting Factors)

تتأثر دقة قياس الضغط بعدد من العوامل الفنية والبيئية المرتبطة بجهاز قياس الضغط نفسه، وطريقة تركيبه، وظروف تشغيل النظام، ومن أهم هذه العوامل ما يأتي:



1 معايرة جهاز قياس الضغط (Pressure Calibration):

عدم إجراء المعايرة الدورية لأجهزة قياس، أو إرسال الضغط يؤدي إلى انحراف القراءات عن القيمة الحقيقية.

2 درجة حرارة الوسط المقاس (Process Temperature):

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة، أو المتغيرة للوسط (غاز أو سائل) في حساسات الضغط، وقد تسبب تغيراً في خصائصها الفيزيائية.

3 الضغط النبضي، أو غير المستقر (Pressure Pulsation):

يؤدي التغير السريع، أو التذبذب في الضغط، خاصة في الأنظمة الهيدروليكية، أو المضخات إلى قراءات غير مستقرة، أو غير دقيقة.

4 الاهتزازات الميكانيكية (Mechanical Vibrations):

الاهتزازات الناتجة عن المعدات القريبة، مثل: (المضخات أو الضواغط) تؤثر سلباً في ثبات جهاز قياس الضغط.

5 طريقة التركيب وموقع القياس (Installation & Tapping Point):

التركيب غير الصحيح، أو اختيار نقطة قياس غير مناسبة، قد يؤدي إلى قياس ضغط لا يمثل الضغط الحقيقي للنظام.

6 انسداد أو تلوث خط الضغط (Impulse Line Blockage):

تراكم الأوساخ، أو السوائل، أو الغازات في أنابيب التوصيل يؤدي إلى تأخير، أو تشويه إشارة الضغط.

7 نطاق جهاز قياس الضغط (Pressure Range Selection):

استخدام جهاز بنطاق أعلى أو أقل بكثير من ضغط التشغيل الفعلي يقلل من دقة القياس.

8 تسربات الضغط (Leakage):

وجود تسربات في الوصلات أو الأنابيب يؤثر في قيمة الضغط المقاسة، ويعطي قراءات أقل من الواقع.

9 الظروف البيئية المحيطة بالجهاز (Other Environmental Conditions):

مثل الرطوبة العالية، والتآكل، والمواد الكيميائية، التي قد تؤثر في أداء جهاز قياس، أو إرسال الضغط.

10 خطأ المستخدم أثناء التشغيل أو القراءة (Human Error):

مثل قراءة التدريج قراءة خاطئة، أو اختيار نوع جهاز غير مناسب.

فحص ومعايرة أجهزة الضغط (Inspection and Calibration of Pressure Instruments)

تمثل عملية فحص ومعايرة أجهزة الضغط خطوة أساسية؛ لضمان دقة القراءات وسلامة تشغيل الأنظمة الصناعية، وتهدف هذه العملية إلى التحقق من أداء الجهاز، واكتشاف أي انحرافات، وضبطه ليعمل ضمن الحدود المقبولة وفقاً للمعايير الفنية المعتمدة.

وتكمن أهمية الفحص والمعايرة في الآتي:

- ضمان دقة القياس في العمليات الصناعية.
- حماية المعدات والأنظمة من أعطال الضغط الخطيرة.
- مطابقة شروط الجودة والمعايير الدولية، مثل (ISO وISA).
- إطالة العمر التشغيلي لأجهزة القياس.



■ فحص أجهزة الضغط (Inspection):

يتضمن الفحص التأكد من الحالة العامة للجهاز قبل المعايرة من خلال الآتي:

- 1- **التحقق من سلامة الهيكل الخارجي:**
التأكد من عدم وجود تلف، أو تشققات، أو تآكل في جسم الجهاز.
- 2- **فحص الوصلات والأنابيب:**
التأكد من إحكام التوصيل وخلوها من التسريب.
- 3- **فحص المؤشر أو شاشة القراءة:**
التأكد من وضوح القراءة وعدم وجود اهتزازات، أو تجمد في المؤشر.
- 4- **التحقق من نظافة الجهاز ومكان التركيب:**
إزالة الأوساخ والرطوبة التي قد تؤثر في الأداء.
- 5- **مقارنة القراءة الأولية بقراءة مرجع معيار:**
لتحديد مقدار الانحراف قبل بدء الضبط.



■ معايرة أجهزة الضغط (Calibration):

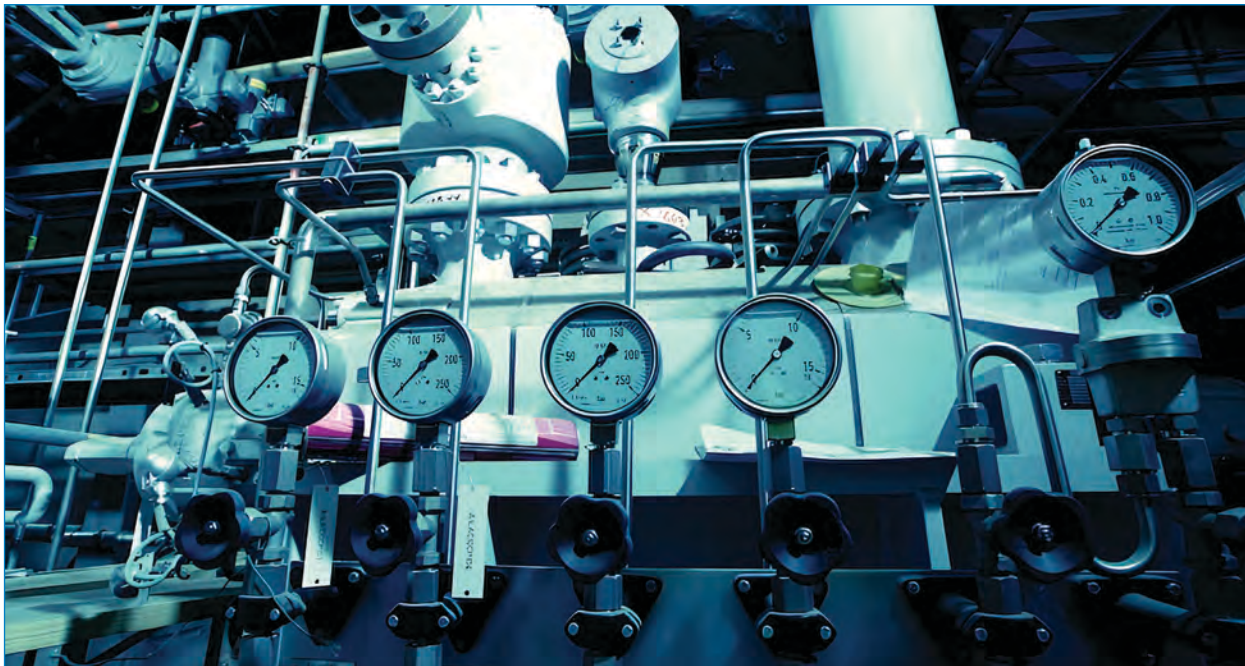
تُجرى المعايرة باستخدام أجهزة مرجعية دقيقة للتحقق من مدى مطابقة القراءة للقيم الحقيقية وضبط الجهاز عند الحاجة، وتشمل خطوات المعايرة ما يأتي:

- 1- استخدام جهاز مرجعي معتمد (Dead Weight Tester/ Master Gauge): لقياس الضغط بدقة عالية.
- 2- ربط الجهاز المراد معايرته مع الجهاز المرجعي: عبر وصلات محكمة وخالية من التسريب.
- 3- رفع الضغط تدريجياً ومقارنة القراءات: عند نقاط قياس مختلفة، مثل: (0%)، (25%)، (50%)، (75%)، (100%) من النطاق.
- 4- تسجيل الانحرافات وتصحيحها: إذا كانت القراءة تختلف عن المرجع يُضبط الجهاز باستخدام مفاتيح المعايرة.
- 5- إعادة الاختبار بعد الضبط: للتأكد من ثبات ودقة الجهاز بعد المعايرة.
- 6- إصدار شهادة معايرة (Calibration Certificate): تتضمن البيانات الفنية والانحرافات قبل وبعد المعايرة.

تطبيقات قياس الضغط في الصناعة (Pressure Measurement Applications in Industry)

يُستخدم قياس الضغط في مجموعة واسعة من العمليات الصناعية بهدف ضمان التشغيل السليم، والتحكم الدقيق، والحفاظ على سلامة المعدات والعمال، وفيما يأتي أبرز التطبيقات العملية لقياس الضغط في مختلف القطاعات:

- الغلايات وأنظمة البخار: مراقبة وضبط الضغط لتجنب الحوادث.
- خطوط الأنابيب: متابعة الضغط لمنع التسرب والانسدادات.
- الصناعات الكيميائية والبتروكيمياوية: التحكم في ضغط المفاعلات وخزانات الغاز.
- التبريد والتكييف (HVAC): ضبط ضغط غازات التبريد وتشخيص الأعطال.
- المضخات والضواغط: مراقبة ضغط السحب والطرء؛ لضمان أداء المعدات.
- الصناعات الغذائية والدوائية: ضبط الضغط في المعقمات وأوعية الطهي الصناعية.
- النفط والغاز: متابعة ضغط الآبار وخطوط الإنتاج والتحكم في عمليات الفصل.
- أنظمة الهواء المضغوط: التحكم في ضغط المعدات الهوائية، وتحسين كفاءة الطاقة.
- تطبيقات السلامة: تفعيل الحماية عند تجاوز حدود الضغط.
- المخططات الهندسية (P&ID): تحديد مواقع أجهزة الضغط لتسهيل التشغيل والصيانة.



أساسيات قياس المنسوب

(Fundamentals of Level Measurement)



يُعد قياس المنسوب من أهم العمليات في الأنظمة الصناعية، إذ تعتمد عليه سلامة التشغيل وكفاءة الإنتاج في مختلف الصناعات، مثل: النفط والغاز، ومعالجة المياه، والصناعات الغذائية، والمواد الكيميائية، فالمنسوب يشير إلى ارتفاع المادة داخل الخزان أو الوعاء، سواء كانت سائلة أو صلبة حبيبية، وتتنوع تقنيات القياس بين طرق بسيطة تعتمد على مبدأ الطفو، وأخرى متقدمة تستخدم الموجات فوق الصوتية، أو الرادار أو الضغط الهيدروستاتيكي، مما يجعل فهم هذه الأنظمة ضرورياً لكل فني يعمل في مجالات التشغيل والصيانة.

وتكمن أهمية قياس المنسوب في الآتي:



قياس المنسوب

(Level Measurement):

هو تحديد ارتفاع، أو كمية المادة الموجودة داخل خزان أو وعاء، سواء كانت سوائل، أو مواد صلبة حبيبية، ويهدف هذا القياس إلى معرفة مستوى الامتلاء بدقة من أجل التحكم في العمليات الصناعية وضمان التشغيل الآمن للمعدات.

- **حماية المعدات ومنع الفيضانات أو الجفاف:** يساعد قياس المنسوب في تجنب امتلاء الخزانات الزائد، أو انخفاضها إلى مستويات قد تُسبب تلف المضخات والأنظمة المرتبطة.
- **التحكم في العمليات الصناعية:** تعتمد العديد من العمليات على مستوى دقيق من السوائل أو المواد، مثل: الخلط والتفاعل الكيميائي والمعالجة الحرارية.
- **تحقيق السلامة التشغيلية:** يمنع حدوث تسربات، أو فيضانات قد تشكل مخاطر على العاملين والموقع.
- **تحسين كفاءة الاستهلاك والإنتاج:** يساعد على إدارة المخزون بدقة وتقليل الفاقد، خاصة في الصناعات التي تتطلب مراقبة مستمرة للمواد الخام.
- **دعم أنظمة التحكم الآلي (Automation):** تدخل إشارات أجهزة قياس المنسوب ضمن أنظمة التحكم والتحكم المتقدم لضبط المضخات والصمامات تلقائياً.

طرق وأجهزة قياس المنسوب (Methods and Instruments for Level Measurement)

تتعدد طرق وأجهزة قياس المنسوب في الأنظمة الصناعية نظراً لاختلاف طبيعة المواد وظروف التشغيل ومتطلبات الدقة والتحكم، فبعض التطبيقات تحتاج إلى قياس بسيط ومباشر، بينما تتطلب أخرى أجهزة متقدمة تعمل في ظروف قاسية، مثل: الضغط العالي، أو درجات الحرارة المرتفعة، ويوضح الجدول الآتي مقارنة شاملة بين أكثر طرق وأجهزة قياس المنسوب شيوعاً:

العوامة (Float)

	مبدأ العمل	تتحرك مع مستوى السائل.
	الدقة	منخفضة - متوسطة.
	المزايا	بسيطة ورخيصة وسهلة الصيانة.
	العيوب	تتأثر باللزوجة والرغوة والترسبات.
	الاستخدامات	الخزانات المفتوحة والسوائل الخالية من الشوائب.

الزجاجة المدرجة (Sight Glass)

	مبدأ العمل	رؤية مباشرة لمستوى السائل.
	الدقة	متوسطة.
	المزايا	قراءة مباشرة وواضحة.
	العيوب	لا تناسب السوائل الخطرة، وقد تتكسر.
	الاستخدامات	أنظمة التبريد، والغلايات، وخزانات التشغيل.

القضيب المدرج (Dipstick)



مبدأ العمل	غمر قضيب لقياس الارتفاع.
الدقة	منخفضة.
المزايا	بسيط جداً ورخيص.
العيوب	غير دقيق، ويتطلب إيقاف التشغيل.
الاستخدامات	الخزانات الصغيرة والقياس اليدوي.

الهيدروستاتيكي (Pressure Sensor)



مبدأ العمل	قياس ضغط السائل عند القاع.
الدقة	متوسطة - عالية.
المزايا	مناسب للسوائل الكثيفة وبأسعار مناسبة.
العيوب	يتأثر بالكثافة ودرجة الحرارة.
الاستخدامات	خزانات المياه، والزيوت، والوقود.

خلايا الحمل (Load Cell)



مبدأ العمل	قياس وزن الخزان ومحتواه.
الدقة	عالية.
المزايا	لا يتأثر بالرغوة، أو اللزوجة.
العيوب	تكلفة عالية وحاجة لتركيب دقيق.
الاستخدامات	خزانات المواد الصلبة والسوائل المغلقة.

الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic)



مبدأ العمل	قياس زمن ارتداد الموجة.
الدقة	متوسطة.
المزايا	لا تلامس السائل وسهلة التركيب.
العيوب	تتأثر بدرجة الحرارة، والرطوبة، والغازات.
الاستخدامات	مياه الصرف، والحبيبات، والسوائل غير الخطرة.

الرادار الحر (Radar)



مبدأ العمل	إرسال موجات ميكروويف إلى السطح.
الدقة	عالية جدًا.
المزايا	دقة ممتازة، ويعمل في الظروف الصعبة.
العيوب	تكلفة عالية.
الاستخدامات	الصناعات النفطية والبتروكيميائية

الرادار الموجه (Guided Wave Radar (GWR))



مبدأ العمل	موجات تنتقل داخل قضيب موجه.
الدقة	عالية جدًا.
المزايا	لا يتأثر بالبخار أو الرغوة.
العيوب	تكلفة أعلى من الرادار الحر.
الاستخدامات	الخزانات عالية الضغط ودرجة الحرارة.

مجسات قياس السعة (Capacitive)



مبدأ العمل	قياس تغير السعة الكهربائية.
الدقة	متوسطة - عالية.
المزايا	جيدة للسوائل اللزجة.
العيوب	تتأثر بترسب المواد على المجس.
الاستخدامات	الزيوت، والسوائل اللزجة، والحبيبات.

مجسات التوصيل (Conductive)



مبدأ العمل	استشعار مستوى التوصيل الكهربائي.
الدقة	متوسطة.
المزايا	رخيصة وسهلة.
العيوب	تصلح للسوائل الموصلة فقط.
الاستخدامات	المياه، ومحاليل الأملاح.

أجهزة جاما (Gamma)



مبدأ العمل	امتصاص المادة لأشعة جاما.
الدقة	عالية جداً.
المزايا	مناسبة للظروف القاسية والخزانات المغلقة.
العيوب	تكلفة عالية، وإجراءات أمان إشعاعي.
الاستخدامات	الصناعات الثقيلة والمواد السامة.

الليزر (Laser Level)



مبدأ العمل	قياس المسافة بالليزر.
الدقة	عالية.
المزايا	دقة ممتازة وسرعة.
العيوب	يتأثر بالغبار والبخار.
الاستخدامات	المواد الصلبة، والصوامع.

شوكة الاهتزاز (Vibrating Fork)



مبدأ العمل	انقطاع الاهتزاز عند ملامسة المادة.
الدقة	منخفضة.
المزايا	ممتازة للحماية.
العيوب	ليست لقياس المنسوب المستمر.
الاستخدامات	الإنذارات والتحكم بوضع التشغيل.

رموز أجهزة قياس المنسوب في مخططات P&ID (Level Measurement Instruments Symbols in P&ID)

وفقاً لمعيار ISA تظهر أجهزة قياس المنسوب عادة بالرموز الآتية في المخططات:

الرمز الحرفي	اسم الجهاز
LI	Level Indicator (مؤشر المنسوب).
LT	Level Transmitter (مرسل المنسوب).
LSH	Level Switch High (مفتاح منسوب مرتفع).
LSL	Level Switch Low (مفتاح منسوب منخفض).
LIC	Level Indicating Controller (متحكم بالمنسوب).
LG	Level Gauge (مقياس منسوب).

العوامل المؤثرة في دقة قياس المنسوب (Level Measurement Affecting Factors)

عند قياس مستوى السوائل في الخزانات، تتأثر دقة القياس بعدة عوامل، ويساعد فهم هذه العوامل في تحسين دقة القياسات وضمان موثوقية البيانات المستخدمة في التحكم والمراقبة، وهذه العوامل هي كالآتي:

■ خصائص المادة:

الكثافة، واللزوجة، والتوصيل، ودرجة الحرارة، وعوامل السطح، مثل الرغوة.

■ بيئة الخزان:

الشكل، والضغط، والاهتزاز، ووجود عوائق داخل الخزان.

■ ظروف التشغيل:

الترسبات على المجس، وتغيرات المستوى السريعة، والبخار والغازات.

■ عوامل الجهاز:

مدى القياس، والحساسية، والمعايرة، والتداخلات الكهربائية.

■ العوامل البشرية:

أخطاء التركيب، واختيار جهاز غير مناسب، وضعف الصيانة.

فحص ومعايرة أجهزة قياس المنسوب (Inspection and Calibration of Level Instruments)

تعد أجهزة قياس المنسوب من العناصر الأساسية في مراقبة العمليات الصناعية وضمان سلامة تشغيل الخزانات والأنظمة المختلفة، وللحفاظ على دقتها وموثوقيتها، يجب إجراء الفحص الدوري للتأكد من سلامتها، ومعايرتها لضبط قراءاتها وفق القيم الحقيقية، ويساعد الفحص والمعايرة على تقليل الأخطاء، ومنع الأعطال المفاجئة، وضمان تشغيل مستقر وآمن للمنشآت الصناعية.

■ فحص أجهزة قياس المنسوب (Inspection):

من الخطوات المهمة لإجراء الفحص الدوري لأجهزة قياس المنسوب، ما يأتي:

- التأكد من سلامة الجهاز وعدم وجود تلف ميكانيكي.
- فحص التوصيلات الكهربائية والكابلات.
- التأكد من تثبيت الجهاز في الموقع الصحيح.
- تنظيف الحساس من الترسبات، أو الشوائب.
- التحقق من عدم وجود عوائق داخل الخزان تؤثر في القياس.
- مقارنة القراءة بقياس مرجعي سريع.

■ معايرة أجهزة قياس المنسوب (Calibration):

بعد إتمام الفحص، تُنفَّذ خطوات المعايرة الآتية لضبط الجهاز وفق القيم الحقيقية:

- ضبط (Zero) عند مستوى الصفر، أو حالة الخزان الفارغ.
- ضبط (Span) عند مستوى الامتلاء، أو قيمة مرجعية معلومة.
- مقارنة قراءات الجهاز بالمرجع المعتمد، وتسجيل الانحراف.
- تعديل إعدادات الجهاز حتى تكون القراءات ضمن المدى المسموح.
- توثيق نتائج المعايرة ووضع ملصق المعايرة (Calibration Label).

تطبيقات قياس المنسوب في الصناعة (Level Measurement Applications in Industry)

يُعد قياس منسوب السوائل من العمليات الأساسية في العديد من القطاعات الصناعية، حيث يُساهم في ضمان سير العمليات بأمان وفعالية، وضبط كميات المواد، وحماية المعدات من الفيضانات أو النقص، وتُستخدم هذه القياسات في مجموعة واسعة من التطبيقات بحسب نوع الصناعة ومتطلباتها التشغيلية، ومن هذه التطبيقات ما يأتي:

- 1 **خزانات التخزين:** لمراقبة مستويات الوقود، والزيوت، والمواد الكيميائية، والمياه.
- 2 **عمليات الخلط والمعالجة:** لضبط كمية المواد الداخلة في الخلطات والمفاعلات الصناعية.
- 3 **محطات المياه والصرف الصحي:** للتحكم في مستويات الخزانات والأحواض ومنع الفيضانات.
- 4 **الصناعات النفطية والغازية:** لمتابعة مستويات السوائل داخل الفواصل، وخزانات النفط، وخطوط الإنتاج.
- 5 **الصناعات الغذائية:** لقياس مستويات الحليب، والعصائر، والزيوت، والمواد الحبيبية داخل الصوامع.
- 6 **محطات الطاقة:** للتحكم في مستوى المياه في الغلايات وخزانات التغذية.



تطبيقات قياس المنسوب في الصناعة

أساسيات قياس التدفق

(Fundamentals of Flow Measurement)



يُعد قياس التدفق أحد الركائز الأساسية لمراقبة العمليات الصناعية والتحكم فيها، فهو يحدد كمية السوائل أو الغازات التي تمر عبر الأنابيب؛ مما يجعله عاملاً حاسماً في دقة الخلط، وكفاءة التفاعلات الكيميائية، وتشغيل المضخات والأنظمة المختلفة، وتعتمد جودة الإنتاج وسلامة التشغيل إلى حد كبير على قدرة الأنظمة على قياس التدفق بدقة واستجابة سريعة.

ومع التطور التقني، ظهرت مجموعة واسعة

من أجهزة قياس التدفق، تتنوع بين الأساليب الميكانيكية التقليدية وتقنيات الضغط التفاضلي، إضافةً إلى الأجهزة المتقدمة التي تستخدم الموجات فوق الصوتية، أو المجالات الكهرومغناطيسية، ويتيح هذا التنوع اختيار جهاز مناسب لطبيعة السائل وظروف التشغيل، ويساعد العاملين في تشخيص أي انحرافات، أو أعطال قد تؤثر في القراءات.

إضافة إلى أن فهم رموز أجهزة التدفق في مخططات (P&ID) يعزز قدرة الفنيين على متابعة الأنظمة وربط أجهزة القياس بمنظومات التحكم المختلفة، ويسهم هذا الفهم في رفع كفاءة التشغيل، وتقليل الأعطال، وتحسين مستوى الأمان داخل المنشآت الصناعية.

وتكمن أهمية قياس التدفق في الآتي:

■ التحكم في كميات المواد المستخدمة في الخلط والتفاعلات الصناعية.

■ ضمان جودة المنتج عبر المحافظة على معدلات تدفق ثابتة ودقيقة.



التدفق (Flow):

هو معدل حركة السوائل، أو الغازات داخل الأنابيب، أو القنوات خلال فترة زمنية معينة. ويُقاس عادةً بوحدة، مثل: لتر/دقيقة، متر مكعب/ساعة، أو كغ/ثانية، ويعد من أهم المتغيرات التشغيلية في الأنظمة الصناعية.

- رفع مستوى السلامة من خلال منع الزيادة، أو النقص المفاجئ في الكميات المنقولة.
- تحسين كفاءة استهلاك الطاقة عبر تشغيل المضخات والأنظمة وفق الحاجة الفعلية.
- مراقبة الأداء وتشخيص الأعطال عبر اكتشاف أي تغير غير طبيعي في معدل التدفق.

أنواع معدلات التدفق (Types of Flow Rates)

هناك نوعان رئيسيان للتدفق، وهما كالآتي:

1 معدل التدفق الحجمي (Volumetric Flow Rate):

- يقيس حجم السائل، أو الغاز الذي يمر عبر مقطع معين لكل وحدة زمنية.
- الوحدات الشائعة: لتر/دقيقة (L/min)، أو متر³/ساعة (m³/h).

2 معدل التدفق الكتلي (Mass Flow Rate):

- يقيس كتلة المادة التي تمر عبر مقطع معين لكل وحدة زمنية.
- الوحدات الشائعة: كيلوجرام/ساعة (kg/h)، أو جرام/ثانية (g/s).

طرق وأجهزة قياس التدفق

(Methods and Instruments of Flow Measurement)

تُستخدم طرق وأجهزة قياس التدفق لضبط كمية السوائل، أو الغازات المارة داخل الأنابيب، وتختلف أجهزة القياس من حيث مبدأ العمل، والدقة، والتطبيقات المناسبة لكل مادة وظروف التشغيل، ويوضح الجدول الآتي أهم هذه الطرق والأجهزة مع خصائصها الأساسية:

صفحة الفتحة (Orifice Plate)



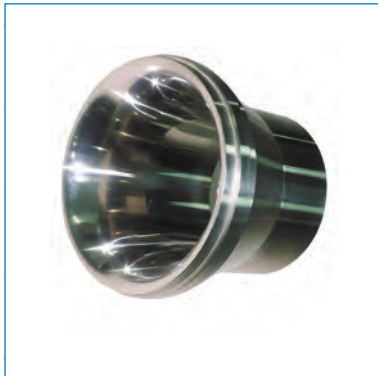
مبدأ العمل	فرق الضغط عبر صفحة بها فتحة.
المميزات	بسيط ورخيص.
العيوب	فقد ضغط كبير.
التطبيقات	الصناعات النفطية والغاز.

مقياس فنتوري (Venturi Meter)



مبدأ العمل	قياس فرق الضغط داخل أنبوب مقلّص.
المميزات	دقة أعلى، وفقد ضغط قليل.
العيوب	تكلفة أعلى من صفحة الفتحة.
التطبيقات	المياه، المضخات، والأنابيب الرئيسية.

فوهة التدفق (Flow Nozzle)



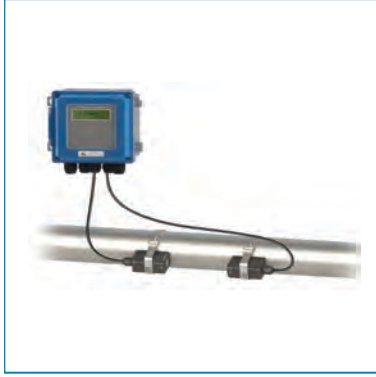
مبدأ العمل	تضييق الانسياب لقياس فرق الضغط.
المميزات	مناسب للسرعات العالية.
العيوب	فقد ضغط متوسط.
التطبيقات	البخار والغازات.

التدفق الكهرومغناطيسي (Magnetic Flow Meter)



مبدأ العمل	الحث الكهرومغناطيسي لقياس السرعة.
المميزات	دقة عالية ولا يسبب فقد ضغط.
العيوب	يصلح فقط للسوائل الموصلة.
التطبيقات	المياه، ومياه الصرف، والمواد الكيميائية.

عداد الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic)



مبدأ العمل	قياس زمن عبور الموجات.
المميزات	لا يحتاج لقطع الأنابيب.
العيوب	يتأثر بالفقاعات والرواسب.
التطبيقات	قياس التدفق دون توقف النظام.

عداد التوربين (Turbine Meter)



مبدأ العمل	دوران توربين يتناسب مع التدفق.
المميزات	دقة جيدة.
العيوب	يحتاج صيانة، ويتأثر باللزوجة.
التطبيقات	النفط والغاز والسوائل النظيفة.

مقياس الإزاحة الموجبة (Positive Displacement Meter)



مبدأ العمل	حجز كمية معروفة من السائل.
المميزات	دقة ممتازة.
العيوب	غير مناسب للسوائل المتسخة.
التطبيقات	محطات الوقود، والزيوت.

عداد الكتلة الحرارية (Thermal Mass Meter)



مبدأ العمل	انتقال درجة الحرارة في الغاز.
المميزات	يقيس التدفق الكتلي مباشرة.
العيوب	مناسب للغازات فقط.
التطبيقات	الهواء، والغازات الصناعية.

عداد كوريوليس للكتلة (Coriolis Meter)



مبدأ العمل	قياس قوة كوريوليس الناتجة عن الكتلة.
المميزات	أعلى دقة.
العيوب	مرتفع التكلفة.
التطبيقات	الصناعات الدقيقة، والمواد اللزجة.

عداد التدفق العائم (Rotameter)



مبدأ العمل	ارتفاع العوامة مع التدفق.
المميزات	بسيط ورخيص.
العيوب	دقة أقل وتأثر بالضغط.
التطبيقات	المختبرات والعمليات البسيطة.

رموز أجهزة قياس التدفق في مخططات P&ID (Flow Measurement Instruments Symbols in P&ID)

تستخدم مخططات الأجهزة والتحكم مجموعة من الرموز الموحدة لتمثيل أجهزة قياس التدفق داخل الأنظمة الصناعية، وتساعد هذه الرموز على فهم وظيفة كل جهاز وموقعه ودوره في عملية التحكم دون الحاجة إلى شرح نصي طويل.

ويوضح الجدول الآتي أهم رموز أجهزة التدفق في مخططات P&ID وفقاً لمعيار IAS:

الرمز الحرفي	اسم الجهاز
FE	Flow Element (عنصر قياس التدفق / الحساس).
FT	Flow Transmitter (مرسل التدفق).
FI	Flow Indicator (مؤشر التدفق).
FIC	Flow Indicating Controller (متحكم مع إظهار للتدفق).
FQ	Flow Quantity Totalizer (مجمّع/حاسب كمية التدفق).
FS	Flow Switch (مفتاح التدفق).
FV	Flow Control Valve (صمام التحكم في التدفق).
FY	Flow Relay (مرحل التدفق).

العوامل المؤثرة في دقة قياس التدفق (Flow Measurement Affecting Factors)

تتأثر دقة قياس التدفق بعدة عوامل تتعلق بخصائص السائل، وطبيعة الجهاز المستخدم، وظروف التشغيل في النظام، وتُعد معرفة هذه العوامل ضرورية لاختيار جهاز القياس المناسب وضمان الحصول على قراءات صحيحة تساعد في التحكم الدقيق بالعمليات الصناعية، وهذه العوامل هي:

■ لزوجة السائل:

كلما زادت اللزوجة، زادت صعوبة الحركة داخل الأنبوب، وتأثرت دقة القراءة.

■ درجة الحرارة:

تؤثر في كثافة السائل ولزوجته، ما يغيّر قيمة التدفق المقاس.

■ الضغط التشغيلي:

تغيرات الضغط قد تؤثر في كثافة السائل وخصائصه، خاصة في الغازات.

■ وجود فقاعات هواء أو شوائب:

تسبب اضطراباً في السريان، وتؤدي لقراءات غير دقيقة.

■ اهتزاز الأنابيب أو المعدات:

قد يُحدث تشويشاً في الأجهزة الحساسة، مثل: عداد التوربين والموجات فوق الصوتية.

■ التركيب غير الصحيح للجهاز:

يشمل طول خط مستقيم غير كافٍ قبل وبعد الجهاز، أو تركيب بزاوية غير مناسبة.

■ اختيار جهاز غير مناسب لنوع السائل:

بعض الأجهزة لا تعمل مع السوائل الموصلة، أو اللزجة أو ذات المواد الصلبة.

■ التآكل والترسبات داخل الأنبوب:

يُغير مساحة المقطع، ويؤثر في سرعة السريان المقاسة.

■ عدم المعايرة الدورية للجهاز:

يؤدي إلى انحراف تدريجي في القراءات مع مرور الوقت.

فحص ومعايرة أجهزة قياس التدفق

(Inspection and Calibration of Flow Measurement Instruments)

تُعد أجهزة قياس التدفق من العناصر الأساسية في مراقبة العمليات الصناعية، لضمان دقة القراءات وسلامة التشغيل، ويجب إجراء الفحص الدوري للتأكد من سلامة الأجهزة، والمعايرة لضبطها وفق المعايير المعتمدة.

■ فحص أجهزة قياس التدفق (Inspection):

من الخطوات المهمة لإجراء الفحص الدوري لأجهزة قياس التدفق، ما يأتي:

- التأكد من نظافة خطوط السريان وخلوها من الترسبات أو الانسداد.
- فحص التوصيلات الكهربائية والكابلات.
- التحقق من عدم وجود تسربات حول الجهاز أو في مسار التدفق.
- التأكد من الاتجاه الصحيح لتركيب الجهاز.
- فحص الحالة الميكانيكية للأجهزة (عداد التوربين، وعداد التدفق العائم، والفوهات).
- التأكد من وجود أطوال مستقيمة كافية قبل وبعد الجهاز.
- مراقبة القراءات الأولية، والتأكد من مطابقتها للنطاق المتوقع.

■ معايرة أجهزة قياس التدفق (Calibration):

بعد إتمام الفحص، تُنفَّذ خطوات المعايرة الآتية لضبط الجهاز وفق القيم الحقيقية:

- توصيل الجهاز بمصدر تدفق معياري، أو منصة معايرة.
- توليد قيم تدفق معروفة من حيث الحجم والكتلة باستخدام جهاز مرجعي.
- مقارنة قراءة الجهاز بالقيم المرجعية.
- ضبط (Zero) و (Span) لتصحيح أي انحراف.
- تكرار القياس عند عدة نقاط؛ لضمان دقة المنحنى الكامل.
- توثيق نتائج المعايرة ووضع ملصق المعايرة على الجهاز.

تطبيقات قياس التدفق في الصناعة (Flow Measurement Applications in Industry)

يمثل قياس التدفق أحد العناصر الحيوية في العمليات الصناعية، حيث يتيح متابعة كميات السوائل والغازات المتدفقة وضبط العمليات بدقة، وتُستخدم هذه القياسات لضمان الكفاءة التشغيلية، وسلامة المعدات، وتحقيق الجودة في الإنتاج عبر مجموعة متنوعة من التطبيقات الصناعية منها ما يأتي:

- 1 **خزانات التخزين:** لمراقبة كمية السوائل، مثل: المياه، والزيوت، والمواد الكيميائية.
- 2 **عمليات الخلط والمعالجة:** لضبط نسب المواد الداخلة في الخلطات والمفاعلات.
- 3 **محطات المياه والصرف الصحي:** للتحكم في مستويات التدفق ومنع الفيضانات.
- 4 **الصناعات النفطية والغازية:** لمتابعة تدفق النفط، والغاز، والفصل بين المراحل المختلف.
- 5 **الصناعات الغذائية:** لمراقبة تدفق السوائل والحبيبات، مثل: الحليب، والعصائر، والمواد الحبيبية.
- 6 **محطات الطاقة:** للتحكم في تدفق المياه والبخار داخل الغلايات وخزانات التغذية.

تفسير مخططات P&ID وتطبيق مبادئ القياس

(Interpreting P&IDs and Applying Measurement Principles)

يُعد الجانب العملي من أهم مراحل تعلم الأجهزة وأنظمة القياس، فهو يُتيح للمتدربين فرصة تطبيق المفاهيم النظرية على أرض الواقع، واكتساب مهارات دقيقة في قراءة المخططات، وتحديد مواقع أجهزة القياس، وتوصيل الأجهزة توصيلاً صحيحاً، وفحصها ومعايرتها، وفيما يأتي تطبيق عملي يهدف إلى تفسير مخططات P&ID، وتطبيق مبادئ القياس على شبكة صغيرة من الأنابيب والأجهزة، وفق خطوات منظمة تحاكي الأعمال الفعلية في المصانع.

خطوات أساسية قبل التطبيق العملي (Pre-application Steps)

قبل البدء في أي تطبيق عملي، يجب اتخاذ خطوات تحضيرية لضمان السلامة والكفاءة، وتشمل الآتي

- 1 الالتزام بإجراءات السلامة، وارتداء معدات الوقاية الشخصية (الخوذة، النظارات، والقفازات، وأحذية الحماية).
- 2 مراجعة قائمة الأدوات والأجهزة؛ للتأكد من سلامتها وصلاحياتها للعمل.
- 3 التنسيق مع الفريق في حال وجود عمل جماعي لتوزيع المهام وضمان سلاسة التنفيذ.
- 4 مراجعة مخطط P&ID المطلوب تطبيقه، وتحديد نقاط القياس وأجهزة التحكم.

نصائح لضمان جودة التطبيق العملي (Practical Application Considerations)

لتحقيق نتائج دقيقة وموثوقة أثناء تنفيذ الأعمال العملية، من المهم اتباع بعض الإرشادات الأساسية التي تقلل الأخطاء وتحسن كفاءة العمل، ومن هذه النصائح ما يأتي:

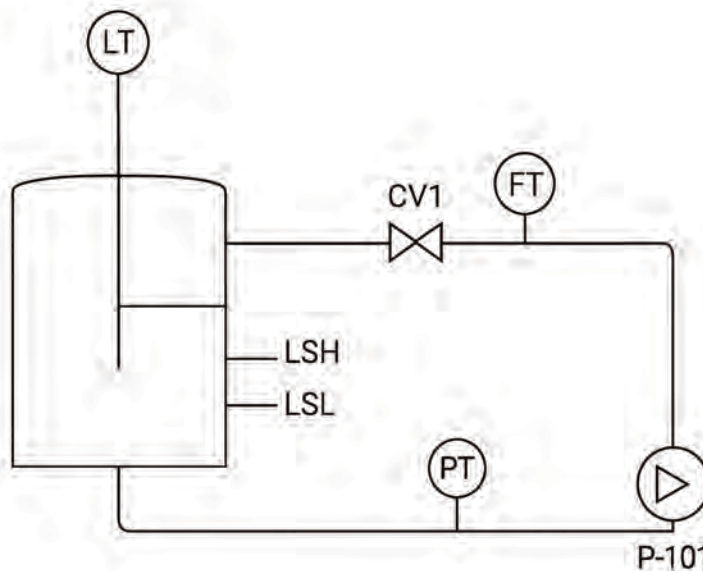
- التأني في قراءة المخططات، وتحديد المواقع بدقة قبل التركيب.
- التأكد من اختيار الأجهزة المناسبة لنوع السائل وظروف التشغيل.

- استخدام الكمية المناسبة من المواد المانعة للتسرب.
- فحص كل وصلة وجهاز بعد التركيب مباشرة قبل الانتقال للخطوة التالية.
- المحافظة على ترتيب وتنظيم الأدوات والمعدات أثناء العمل.
- إجراء معايرة دقيقة للأجهزة بعد التركيب؛ لضمان دقة القياسات.

دراسة حالة تطبيقية (Practical Case Study)

يوضح المخطط P&ID الآتي خزان لتجميع مادة سائلة:

- الخزان يحتوي على:
 - جهاز إرسال المنسوب (LT).
 - مفتاح منسوب مرتفع (LSH).
 - مفتاح منسوب منخفض (LSL).
- خط التغذية مزود بصمام تحكم (CV1).
- خط التصريف مزود بمضخة (P-101).
- يوجد مقياس تدفق (FT) على خط الخروج.
- يوجد مقياس ضغط (PT) قبل المضخة.



■ المطلوب في الحالة:

تحليل المشكلة الآتية واقتراح إجراء تصحيحي لها: "مستوى السائل يرتفع باستمرار رغم أن مضخة التصريف تعمل بشكل طبيعي".

■ تحليل المشكلة بناءً على المخطط:

- احتمال خلل في FT: قد لا يرسل قراءة تدفق صحيحة، فتعمل المضخة على سرعة أقل من المطلوبة.
- احتمال خلل في CV1: قد يكون عالقاً في وضع الفتح الكامل؛ مما يجعل كمية التغذية أعلى من قدرة التصريف.
- احتمال خلل في LT: إذا كانت القراءة غير دقيقة، فإن وحدة التحكم لن تستجيب صحيحاً.
- انسداد جزئي في خط التصريف؛ مما يقلل التدفق الفعلي.
- احتمال خلل في PT: قد يدل على ارتفاع ضغط الخط؛ مما يشير إلى انسداد.

■ الإجراء التصحيحي المقترح:

- فحص LT ومعايرته.
- اختبار سرعة المضخة، ومقارنتها بقيم FT.
- فحص CV1 ميكانيكياً.
- تنظيف خط التصريف إذا لزم الأمر.



أسئلة الوحدة

- ما أهمية مخططات الأنابيب وأجهزة القياس (P&ID) في عمليات الصيانة؟
- ما الفرق بين مخطط (PFD) ومخطط (P&ID)؟
- ما المقصود بدرجة الحرارة؟
- ما العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار حساس درجة الحرارة؟
- ما تأثير الموقع الخاطئ لتركيب حساس درجة الحرارة في دقة القياس؟
- ماذا نعني بالضغط التفاضلي؟ وأين يستخدم؟
- اذكر وحدتين شائعتين لقياس الضغط.
- اذكر خطوات معايرة جهاز الضغط.
- ما العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار جهاز قياس الضغط؟
- اشرح الفرق بين الضغط المطلق والضغط النسبي مع مثال من العمليات الصناعية لكل منهما.
- ما المقصود بقياس المنسوب؟
- بين مبدأ عمل قياس المنسوب بالضغط الهيدروستاتيكي، واذكر أحد عيوبه.
- وضح لماذا يُعد جهاز الرادار من أكثر أجهزة قياس المنسوب دقة في الخزانات الصناعية.
- اشرح باختصار خطوات معايرة جهاز المنسوب.
- ما المقصود بالتدفق؟

- اشرح الفرق بين التدفق الحجمي والتدفق الكتلي.
- اذكر ثلاثة أجهزة لقياس التدفق؟
- اذكر خطوات تفسير مخطط (P&ID) عملياً.
- ما أهمية فحص أجهزة الضغط ودرجة الحرارة والمنسوب أثناء الدراسة العملية؟
- اشرح كيف يساعد مخطط (P&ID) في تحديد الأعطال المحتملة.

رقم الإيداع
م٢٠٢٦/١٠٤٠٢

www.moe.gov.om



الصيانة الهندسية

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني