وزارة التعليم

رؤية عُمان 2040 OmanVision

عمليات الرفع والتنزيل
Lifting Operations

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ – ٢٠٢٥ م

وزارة التعليم

عمليات الرفع والتنزيل
Lifting Operations

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الثاني

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ – ٢٠٢٥ م

المغفور لـه
السلطان قابوس بن سعيد
-طيّب اللّه ثراه-

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

سلطنة عُمان

(المحافظات والولايات)

النَّشيدُ الْوَطَنِيُّ

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

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

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

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

محفوظة جميع الحقوق

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

الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

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

تقديم

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

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

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

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

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

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

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

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية

وزيرة التعليم

المحتويات

تقديم 1

الوحدة الأولى

الدوائر الكهربائية في أنظمة الرفع والتنزيل

(Electrical Circuits in Lifting Systems) 5

الوحدة الثانية

تشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل

(Operation and Maintenance of Lifting Equipment) 47

الوحدة الثالثة

المحاكاة والنمذجة في عمليات الرفع والتنزيل

(Simulation and Modeling in Lifting Operations) 71

ملحق

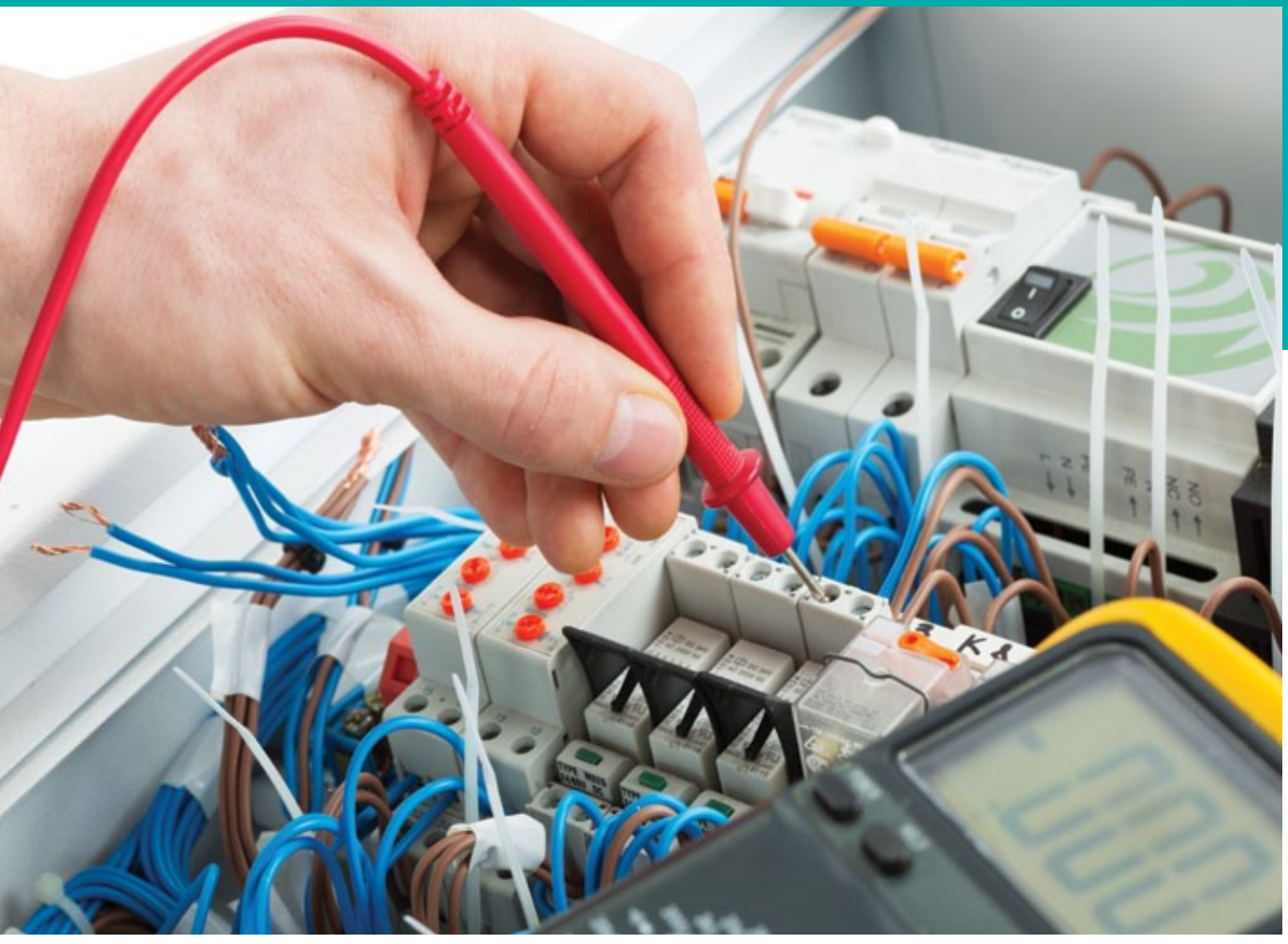
تطبيقات عملية في عمليات الرفع والتنزيل

(Practical Applications in Lifting Operations) 99

الوحدة الأولى

الدوائر الكهربائية في أنظمة الرفع والتنزيل

Electrical Circuits in Lifting Systems



محتويات الوحدة الأولى

الدرس الأول

دائرة القدرة الكهربائية ومحركات التشغيل في معدّات الرفع والتنزيل
(Electrical Power Circuit and Drive Motors in Lifting Equipment) 8

الدرس الثاني

دائرة التحكم الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Electrical Control Circuit in Lifting Equipment) 17

الدرس الثالث

دائرة الحماية والأمان في معدّات الرفع والتنزيل
(Protection and Safety Circuit in Lifting Equipment) 23

الدرس الرابع

دائرة الإشارات التحذيرية والإضاءة في معدّات الرفع والتنزيل
(Warning and Lighting Circuit in Lifting Equipment) 29

الدرس الخامس

الأسلاك الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل
(Electrical Wires and Cables Used in Lifting Equipment) 34

أسئلة الوحدة 45

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتَّبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يشرح مفهوم القدرة الكهربائية ودورها في تشغيل أنظمة الرفع والتنزيل.
- يحدد مصادر الطاقة الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
- يميز بين أنواع المحركات الكهربائية المستخدمة في أنظمة الرفع والتنزيل.
- يصنف المحركات حسب طبيعة العمل والقدرة الميكانيكية.
- يوضح معايير اختيار المحركات الكهربائية في أنظمة الرفع والتنزيل.
- يصف إجراءات السلامة الخاصة بالمحركات الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل.
- يشرح مفهوم دائرة التحكم الكهربائية ودورها في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل بأمان.
- يحدد مكونات دائرة التحكم الكهربائية ووظيفة كل منها.
- يميز بين أنواع دوائر التحكم الكهربائية.
- يحدد إجراءات السلامة الخاصة بدوائر التحكم الكهربائية.
- يشرح مفهوم دائرة الحماية والأمان ودورها في منع المخاطر أثناء التشغيل.
- يحدد مكونات دائرة الحماية والأمان ووظيفة كل منها.
- يميز بين أنواع أنظمة الحماية.
- يشرح آلية عمل أجهزة الأمان مثل مفاتيح الحد، والحمل الزائد، وإيقاف الطوارئ.
- يوضح أهمية الإشارات التحذيرية والإضاءة في تعزيز السلامة المهنية.
- يحدد أنواع أنظمة الإشارات التحذيرية في معدّات الرفع والتنزيل.
- يفسر دلالات ألوان الإشارات التحذيرية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
- يميّز بين أجهزة التحذير المرئية والسمعية واستخداماتها.
- يشرح أهمية الأسلاك والكابلات في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل بأمان.
- يحدد الخواص الأساسية للكابلات الكهربائية.
- يميّز بين أنواع الكابلات حسب المادة والغرض والتطبيق.
- يحدد السلك أو الكابل المناسب لتطبيق معين وفق معايير فنية محددة.

ملخص الوحدة

تتناول هذه الوحدة دراسة الدوائر الكهربائية الأساسية المستخدمة في أنظمة الرفع والتنزيل من حيث المفهوم، والتركيب، وآلية العمل، وتركّز على تحليل دوائر القدرة والتحكم والحماية والإشارات، وفهم العلاقة التكاملية بينها؛ لضمان كفاءة الأداء وسلامة التشغيل، كذلك يتعرف الطالب من خلال هذه الوحدة مكونات كل دائرة ووظائفها الأساسية، ويكتسب مهارات تصنيف الأسلاك والكابلات المناسبة لمعدّات الرفع والتنزيل، وتطبيق إجراءات السلامة أثناء التركيب والتشغيل والصيانة، وتشمل الوحدة كذلك تحليل الأعطال الشائعة في الدوائر الكهربائية واقتراح الحلول الفنية المناسبة لمعالجتها، بما يعزز قدرة الطالب على التعامل مع أنظمة الرفع والتنزيل بمهارة ووعي هندسي، وتشمل دوائر القدرة، والتحكم، والحماية، والإشارات، وتوضح الوحدة مكونات كل دائرة ووظيفتها ودورها في تشغيل المعدّات بأمان وكفاءة، وتُبرز أهمية اختيار الأسلاك والكابلات المناسبة؛ لضمان سلامة الأداء.

دائرة القدرة الكهربائية ومحركات التشغيل في معدّات الرفع والتنزيل

(Electrical Power Circuit and Drive Motors in Lifting Equipment)

تُعد أنظمة الرفع والتنزيل من المعدّات الأساسية في العديد من التطبيقات الصناعية والخدمية، وتعتمد اعتمادا كبيرا على الطاقة الكهربائية لتفعيل مكوناتها وضمان أداء مستقر وآمن، وتشكل دائرة القدرة الكهربائية الإطار الذي يزوّد المحركات ووحدات التحكم بالطاقة اللازمة؛ مما يمكّن النظام من تنفيذ عمليات الرفع والتنزيل، والتحريك بكفاءة وموثوقية.

ويُعد فهم القدرة الكهربائية أمرًا مهمًا لتقييم أداء نظام الرفع، إذ ترتبط بمستوى استهلاك الطاقة وكفاءة تحويلها إلى شغل ميكانيكي فعّال، وتتنوع مصادر التغذية الكهربائية بين الشبكة العمومية والمولدات والبطاريات ووحدات الطاقة غير المنقطعة، وذلك وفق طبيعة المعدّة ومتطلبات التشغيل، أما محركات التشغيل فهي المحور الرئيسي الذي يحوّل الطاقة الكهربائية إلى حركة ميكانيكية، تُستخدم لنقل الأحمال والتحكم في سرعتها واتجاهها.

القدرة الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Electrical Power in Lifting Equipment)

تشير القدرة الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل إلى مقدار الطاقة التي يستهلكها النظام أثناء تشغيل مختلف مكوناته، ويشمل ذلك المحركات الكهربائية المسؤولة عن حركة الرفع والخفض، ووحدات التحكم التي تدير أوامر التشغيل، إضافة إلى أنظمة الإضاءة والإشارات التي تُسهم في ضمان التشغيل الآمن، ويُعد قياس القدرة الكهربائية أمرًا مهمًا لفهم طبيعة أداء المعدّة، إذ يعكس حجم الجهد المبذول لتحريك الأحمال وتنفيذ المهام المطلوبة.

وتتميز القدرة الكهربائية بأنها مؤشر مباشر على كفاءة النظام، فكلما كانت المكونات قادرة على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بفاعلية أعلى، انخفض الاستهلاك وارتفع مستوى الأداء، ولذلك تُعتمد القدرة الكهربائية كأحد المعايير الأساسية عند تقييم أنظمة الرفع والتنزيل، سواء من حيث القدرة على تحمل الأحمال المختلفة أو من حيث كفاءة التشغيل واستقرار الأداء.

مصدر الطاقة الكهربائية (Electrical Power Source)

يُعد مصدر القدرة الكهربائية العنصر المسؤول عن تزويد معدّات الرفع والتنزيل بالطاقة اللازمة لتشغيل مكوناتها المختلفة، بما في ذلك المحركات ووحدات التحكم وأنظمة الإضاءة والإشارات، ويعتمد اختيار مصدر التغذية المناسب على عدة عوامل، مثل: نوع نظام الرفع، وحجم المعدّة، وبيئة التشغيل، ومتطلبات السلامة، ويهدف هذا الاختيار إلى ضمان توفير قدرة مستقرة وآمنة تسمح باستمرار عمل النظام دون انقطاع، خصوصًا في التطبيقات الحساسة التي تتطلب تشغيلًا موثوقًا على مدار الساعة.

أنواع مصادر الطاقة الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Types of Electrical Power Sources in Lifting Equipment)

تتنوع مصادر الطاقة الكهربائية المستخدمة في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل تبعًا لطبيعة النظام وموقع التشغيل ومتطلبات القدرة، ويهدف اختيار المصدر المناسب إلى ضمان استمرارية التشغيل، وفيما يأتي أهم مصادر الطاقة الكهربائية في هذا المجال:

1. الشبكة الكهربائية العمومية (Public Power Grid)

الوصف	تُعد الشبكة الكهربائية العمومية المنظومة الأساسية لتوليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى المستخدمين، وتُعد المصدر الأساسي للطاقة الكهربائية المستخدمة في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل داخل المصانع، والمستودعات، والمباني التجارية، والمرافق العامة.
المميزات	■ مصدر طاقة ثابت ومستمر. ■ مناسب للأحمال الكبيرة. ■ لا يحتاج إلى صيانة ضمن موقع الاستخدام.
العيوب	■ يتأثر بانقطاع التيار، أو انخفاض الجهد. ■ يحتاج إلى مصدر طاقة احتياطي للطوارئ.

2. المولدات الكهربائية (Electric Generators)

الوصف	المولدات الكهربائية هي أجهزة أساسية لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية؛ مما يوفّر مصدرًا بديلًا أو أساسيًّا للطاقة في المواقع الصناعية، لذا فهي من أهم مصادر الطاقة الاحتياطية الأساسية في أنظمة الرفع والتنزيل، حيث تُستخدم لتأمين التغذية الكهربائية عند انقطاع التيار عن الشبكة العمومية؛ مما يضمن استمرار تشغيل المعدّات الحيوية، مثل: المصاعد، والرافعات، دون حدوث توقف مفاجئ قد يسبب خطورة على الأشخاص، أو يسبب تلف المعدّات.
المميزات	■ تعمل تلقائيًّا عند انقطاع التيار العمومي. ■ قادرة على تشغيل المعدّات الثقيلة مؤقتًا. ■ سهلة التركيب والتوصيل في المواقع البعيدة. ■ يمكن التحكم في قدرتها حسب متطلبات التشغيل.
العيوب	■ تحتاج إلى وقود (ديزل) وصيانة دورية. ■ تصدر ضوضاء وانبعاثات غازية. ■ لا تناسب التشغيل المستمر لفترات طويلة. ■ تتطلب نظام بدء آلي وتحكم لتشغيلها السريع في حالات الطوارئ.

3. البطاريات الكهربائية (Battery Power Units)

الوصف	البطاريات الكهربائية هي وحدات تُخزّن الطاقة في صورة طاقة كيميائية، تُحوَّل إلى طاقة كهربائية عند الحاجة لتشغيل المحركات ووحدات التحكم والإضاءة؛ مما يزوّد الأنظمة بالقدرة اللازمة عند الحاجة، فهي عنصر أساسي يُستخدم مصدرا للطاقة الرئيسية أو الاحتياطية؛ لضمان استمرارية التشغيل في أنظمة الرفع والتنزيل في الحالات الطارئة، أو في المواقع التي لا تتوفر فيها تغذية كهربائية من الشبكة العمومية.
المميزات	■ مصدر طاقة متنقل وآمن. ■ لا يصدر ضوضاء، أو غازات أثناء التشغيل. ■ مناسب للمعدّات الصغيرة، أو الرافعات المتحركة داخل الورش والمخازن.
العيوب	■ سعة البطاريات محدودة مقارنة بالمصادر الأخرى. ■ تحتاج إلى شحن دوري ومنتظم. ■ لا تناسب التشغيل المستمر، أو الأحمال الكبيرة. ■ تكلفة الاستبدال مرتفعة مع مرور الوقت.

المحركات المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل
(Motors Used in Lifting Equipment)

تُعد المحركات الكهربائية العنصر الرئيسي في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل، إذ تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية تُستخدم في تحريك الأحمال وتنفيذ عمليات الرفع والخفض، وتتعدد أنواع المحركات المستخدمة حسب طبيعة التطبيق، وحجم الحِمل، ومتطلبات التحكم، وفيما يأتي أهم أنواع المحركات الشائعة في هذا المجال:

1. محركات التيار المتردد ثلاثية الطور (Three Phase Induction Motors)

الوصف	تستخدم محركات التيار المتردد ثلاثية الطور على نطاق واسع في الأنظمة الصناعية ومعدّات الرفع الثقيلة؛ نظرًا لكفاءتها العالية واعتماديتها الكبيرة، حيث تعمل هذه المحركات على تيار متردد ثلاثي الطور (عادةً بين 380 – 415 فولت)، وتُحوِّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية من خلال تكوين مجال مغناطيسي دوّار داخل العضو الثابت.
المميزات	■ كفاءة تشغيل عالية وقدرة على تحمل الأحمال الثقيلة. ■ عمر تشغيلي طويل. ■ استقرار في الأداء. ■ متانة ميكانيكية عالية مع قلة الحاجة إلى الصيانة.
العيوب	■ تحتاج إلى دوائر تحكم معقدة عند التحكم في السرعة، أو الاتجاه. ■ التكلفة الأولية المرتفعة. ■ حجمها ووزنها أكبر من الأنواع الأخرى.
الاستخدام	■ الرافعات الجسرية (Overhead Cranes). ■ المصاعد الصناعية (Industrial Elevators). ■ روافع التحميل الثقيلة.

2. محركات التيار المتردد أحادية الطور (Single Phase AC Motors)

الوصف	تُستخدم محركات التيار المتردد أحادية الطور في تشغيل الأحمال الخفيفة والمعدّات المنزلية والصناعية الصغيرة، وكذلك معدّات الرفع الخفيفة والمصاعد الصغيرة، حيث تعمل على جهد 220 فولت، وتُعد مناسبة للأحمال المحدودة التي لا تتطلب عزمًا مرتفعًا، أو تحكمًا متقدمًا في السرعة.
المميزات	■ بساطة التشغيل وقلة متطلبات الصيانة. ■ مناسبة للأحمال الصغيرة والمتوسطة. ■ صغيرة الحجم، وسهلة التركيب. ■ التكلفة المبدئية منخفضة.
العيوب	■ كفاءة تشغيل أقل من المحركات ثلاثية الطور. ■ غير مناسبة للأحمال الثقيلة، أو التشغيل المستمر. ■ عزم بدء منخفض. ■ صعوبة التحكم في سرعتها. ■ مستوى اهتزازات وضوضاء أعلى من الأنواع الأخرى.
الاستخدام	■ الروافع المنزلية الصغيرة. ■ بوابات الرفع الآلية. ■ المعدّات الخفيفة المتنقلة.

3. محركات التيار المستمر (DC Motors)

الوصف	هي أجهزة كهروميكانيكية تحول الطاقة الكهربائية المستمرة (من مصادر مثل البطاريات) إلى طاقة حركية دورانية، وتُعد محركات التيار المستمر من أقدم أنواع المحركات الكهربائية وأكثرها استخدامًا في التطبيقات التي تتطلب تحكمًا دقيقًا في السرعة والعزم، حيث توفر أداءً موثوقًا وقابلية تعديل سهلة للسرعة؛ مما يجعلها مثالية لمعدّات الرفع والتنزيل والروبوتات، والمركبات الكهربائية والأنظمة الدقيقة التي تحتاج إلى استجابة عالية ودقة في التشغيل.
المميزات	■ تحكم ممتاز في السرعة والعزم. ■ استجابة سريعة للتغيرات في الأحمال أو الأوامر. ■ يمكن عكس اتجاه الدوران بسهولة.
العيوب	■ تحتاج إلى صيانة أكثر بسبب وجود الفُرش (Brushes). ■ أغلى سعرًا من محركات التيار المتردد. ■ تكلفة تصنيع مرتفعة. ■ عمر تشغيلي أقصر نسبيًا.
الاستخدام	■ الرافعات المتحركة (Mobile Cranes). ■ أنظمة التحكم الدقيقة في المصاعد الحديثة. ■ منصات الرفع الإلكترونية.

تصنيف المحركات حسب طبيعة العمل والقدرة الميكانيكية
(Load & Duty Classification)

تُعد عملية تصنيف المحركات حسب طبيعة العمل والقدرة الميكانيكية من الخطوات الأساسية في اختيار المحرك المناسب للتطبيقات الصناعية، إذ تعتمد كفاءة الأداء وطول العمر التشغيلي للمعدّة على مدى توافق المحرك مع نوع الحِمل والظروف المختلفة، وفيما يأتي تصنيف المحركات المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل حسب طبيعة عملها وقدرتها الميكانيكية:

المحركات	شكل توضيحي	الاستخدام	الخصائص
محركات خفيفة الحِمل (Light Duty Motors)		البوابات والمصاعد المنزلية.	قدرة منخفضة (حتى 1.5 كيلوواط).
محركات متوسطة الحِمل (Medium Duty Motors)		رافعات الورش والمستودعات.	قدرة من (2) إلى (10) كيلوواط تقريبًا.
محركات ثقيلة الحِمل (Heavy Duty Motors)		الرافعات البرجية والرافعات الجسرية.	قدرة عالية تفوق (10) كيلوواط.

معايير اختيار المحرك المناسب (Motors Selection Standards)

يُعد اختيار المحرك الكهربائي المناسب لمعدّات الرفع والتنزيل من العناصر الأساسية في تصميم وتشغيل الأنظمة الميكانيكية والكهربائية، إذ تعتمد كفاءة الأداء وسلامة التشغيل مباشرة على مدى دقة اختيار المحرك وفقًا للمعايير الفنية الآتية:

- **قدرة التحميل (Load Capacity):**
  تحديد أقصى وزن وحجم للحمولة التي سيتعامل معها المحرك، مع إضافة معامل أمان مناسب؛ لضمان التشغيل الآمن والمستقر.
- **نوع مصدر التغذية الكهربائية (Type of Electrical Supply Source):**
  التحقق من توافق المحرك مع مصدر التغذية المتاح (أحادي الطور أو ثلاثي الطور) وقيمة الجهد والتردد.
- **نظام التشغيل والتحكم (Operating and Control System):**
  يدوي أو أتوماتيكي بما يتوافق مع متطلبات التحكم والأمان.
- **عزم الدوران (Torque):**
  مقدار القوة الدوارة اللازمة لتشغيل المعدّة بكفاءة.
- **نسبة التشغيل المستمر (Duty Cycle):**
  تحديد مدى قدرة المحرك على العمل لفترات طويلة دون تأثير في أدائه.
- **بيئة العمل (Work Environment):**
  مراعاة العوامل البيئية، مثل: (الحرارة، والرطوبة، والغبار) التي قد تؤثر في المحرك.

إجراءات السلامة الخاصة بالمحركات الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Motors Safety Procedures in Lifting Equipment)

تُسهم إجراءات السلامة الخاصة بالمحركات الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل في حماية العاملين والمعدّات من المخاطر الكهربائية والميكانيكية ومن أهم هذه الإجراءات ما يأتي:

دائما ✓

- الفحص الدوري للمحركات قبل التشغيل؛ للتأكد من سلامتها وكفاءة أدائها.
- تأريض المحركات وجسم المعدّة لتفريغ أي تيارات كهربائية زائدة ومنع الصدمات الكهربائية.
- الالتزام بالنظافة والتهوية الجيدة حول المحرك؛ لتجنب ارتفاع درجة الحرارة، أو تراكم الغبار والزيوت.
- تغطية الأجزاء الدوارة لمنع ملامستها أو تعرض العاملين لأي إصابات.
- تجنب ملامسة الأجزاء الدوارة، أو المكشوفة أثناء التشغيل؛ لضمان سلامة المستخدمين.

دائرة التحكم الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل

(Electrical Control Circuit in Lifting Equipment)

تُعد دائرة التحكم الكهربائي الجزء المسؤول عن تنظيم وتشغيل حركة معدّات الرفع والتنزيل بدقة وأمان، فهي تتحكم في تشغيل المحركات الكهربائية وتغيير اتجاه دورانها وضبط سرعتها بما يتناسب مع متطلبات العمل، وتتيح إمكانية إيقاف المعدّات عند الحاجة، أو في حالات الطوارئ؛ مما يضمن أعلى مستويات السلامة أثناء التشغيل.

وتؤدي دوائر التحكم دورًا أساسيًّا في ضمان كفاءة وأمان تشغيل معدّات الرفع والتنزيل بمختلف أنواعها، إذ تساعد على تنظيم الحركة، وحماية المكونات، وتحسين أداء الأنظمة، ويمكن تلخيص أهميتها فيما يأتي:

1. **ضمان التشغيل الآمن (Safety Operation):**
تمنع دائرة التحكم حدوث التشغيل المتزامن في الاتجاهين (رفع وتنزيل)، وتُوقف المعدّة تلقائيًّا عند تجاوز الحدود المسموح بها؛ مما يحمي المشغل والمعدّة من المخاطر المحتملة.

2. **تحقيق الدقة في التحكم (Accurate Control):**
تتيح هذه الدوائر التحكم الدقيق في اتجاه وسرعة الحركة بما يتناسب مع نوع المعدّة وطبيعة الحمولة؛ مما يضمن أداءً متزنًا وفعّالًا.

3. **حماية المحركات والمكونات (Protection):**
تحتوي دوائر التحكم على عناصر أمان، مثل: المرحلات الحرارية، وصمامات الحماية الكهربائية التي تحمي النظام من التلف الناتج عن زيادة التيار، أو الحِمل الزائد.

4. **تسهيل التشغيل والصيانة (Ease of Operation & Maintenance):**
تجعل عملية التشغيل بسيطة وآمنة للمشغل، وتسهل اكتشاف أعطال المعدّات وصيانتها بسرعة وكفاءة.

5. **رفع كفاءة وأداء المعدّات (Improve Efficiency & Performance of Equipment):**
من خلال التحكم المنظم في عمليات التشغيل والإيقاف بدقة، تساعد الدوائر على تحسين أداء المعدّات، وإطالة عمرها التشغيلي، وتقليل فترات التوقف عن العمل.

مكونات دائرة التحكم الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Electrical Control Circuit Components in Lifting Equipment)

تتكون دائرة التحكم الكهربائية من مجموعة من العناصر الكهربائية التي تعمل معًا لتنظيم عمليات التشغيل، والإيقاف، وتغيير اتجاه الحركة لمعدّات الرفع والتنزيل، وفيما يأتي أهم هذه المكونات ووظائفها:

1. مفاتيح التشغيل والإيقاف (Start/Stop Push Buttons):

- زر **التشغيل** (Start): يسمح بمرور التيار الكهربائي إلى ملف قاطع التلامس لتشغيل المحرك.
- زر **الإيقاف** (Stop): يقطع التيار الكهربائي عن ملف قاطع التلامس لإيقاف تشغيل المحرك.
- تُستخدم هذه المفاتيح للتحكم اليدوي في بدء التشغيل أو إيقافه، وتُعد من أبسط وسائل التحكم في الدوائر الكهربائية.

2. قاطع التلامس (Contactor):

- هو مفتاح كهربائي يعمل بالمغناطيس الكهربائي لتوصيل وفصل التيار الكهربائي عن المحرك بسرعة وأمان.
- يعمل قاطع التلامس على التحكم في تشغيل المحركات عن بُعد من خلال إشارة تحكم منخفضة الجهد.
- يساعد في تأمين التشغيل وحماية العاملين من مخاطر الجهد العالي، ويتيح سهولة التحكم في المحركات الكبيرة.

3. مفاتيح اختيار الاتجاه (Direction Selector Switch):

- تُستخدم لتحديد اتجاه حركة المحرك سواء للرفع أو التنزيل.
- تقوم بتغيير ترتيب أطراف التغذية للمحرك لتغيير اتجاه دورانه.
- تُعد من العناصر الأساسية في أنظمة الرفع التي تعتمد على حركة ميكانيكية في اتجاهين متعاكسين.

4. مفاتيح الحد (Limit Switches):

- تركب في نهاية مسار الرفع أو التنزيل.
- تعمل على فصل التيار الكهربائي عن المحرك تلقائيًا عند وصول الحِمل إلى الحد الأعلى أو الأدنى المسموح به؛ لحماية النظام من التشغيل الزائد أو الاصطدام.
- تستخدم وسيلة أمان أساسية لحماية النظام من التشغيل الزائد، أو الاصطدام.

5. المرحلات (Relays):

- تعمل على نقل الإشارات الكهربائية بين أجزاء مختلفة من الدائرة.
- تُستخدم لتشغيل دوائر إضافية، مثل: إشارات التنبيه، أو المصابيح التحذيرية عند حدوث حالات معينة.

6. وحدات التحكم المبرمجة (Programmable Logic Controller (PLC)):

- تُستخدم في الأنظمة الحديثة للتحكم الآلي في عمليات الرفع والتنزيل.
- تقوم باستقبال إشارات من الحساسات وإرسال أوامر إلى قاطعات التلامس والمحركات وفقًا للبرنامج المحدد.
- توفر دقة عالية وسرعة في الاستجابة وسهولة في البرمجة والتشغيل.

تصنيف دوائر التحكم الكهربائية
(Electrical Control Circuits Classification)

يمكن تصنيف دوائر التحكم في أنظمة الرفع والتنزيل إلى عدة أنواع رئيسية، وفقًا لأسلوب عملها وطبيعة مكوناتها على النحو الآتي:

- **دائرة التحكم اليدوية (Manual Control Circuits):** تُعد دوائر التحكم اليدوية أبسط أنواع دوائر التحكم في معدّات الرفع والتنزيل، حيث تُشغَّل المعدّة وتُوقَّف مباشرة بواسطة المشغل من خلال مفاتيح، أو أزرار تشغيل وإيقاف مثبتة على لوحة التحكم، ويعتمد هذا النوع من الدوائر على التدخل البشري الكامل في تنفيذ جميع أوامر التشغيل دون استخدام أنظمة تحكم أوتوماتيكية، أو أجهزة تحكم عن بُعد.
- **دوائر التحكم شبه الأوتوماتيكية (Semi-Automatic Control Circuits):** تُعد دوائر التحكم شبه الأوتوماتيكية مرحلة انتقالية بين الدوائر اليدوية والدوائر الأوتوماتيكية الكاملة، وفي هذا النوع يبدأ المشغل تشغيل المعدّة يدويًا، بينما تُكمل الدائرة باقي خطوات التشغيل أوتوماتيكيا وفق تسلسل محدد مسبقًا، وتتميز هذه الدوائر بأنها تجمع بين دقة التحكم اليدوي وكفاءة التشغيل الآلي؛ مما يحقق أداءً أكثر أمانًا وموثوقية.
- **دوائر التحكم الأوتوماتيكية (Automatic Control Circuits):** تُعد دوائر التحكم الأوتوماتيكية من المكونات المتقدمة في أنظمة الرفع والتنزيل، حيث تُستخدم لتنفيذ عمليات التشغيل والإيقاف وتغيير الاتجاه والسرعة تلقائيًّا دون تدخل مباشر من المشغل، وتعتمد هذه الدوائر على مكونات، مثل: المستشعرات والمرحلات ووحدات التحكم المنطقية (PLC) لتنظيم حركة المعدّة وفق تسلسل محدد مسبقًا، بما يضمن الدقة والكفاءة في الأداء.
- **دوائر التحكم عن بُعد (Remote Control Circuits):** تُستخدم دوائر التحكم عن بُعد لتشغيل معدّات الرفع والتنزيل من مسافة آمنة دون الحاجة إلى الوجود بالقرب من المعدّة؛ مما يحقق مستوى أعلى من الأمان والراحة للمشغل، خاصة في الأماكن الخطِرة، أو التي يصعب الوصول إليها، وتعتمد هذه الدوائر على أنظمة إرسال واستقبال إشارات كهربائية، أو لاسلكية للتحكم في وظائف مختلفة، مثل: الرفع، والتنزيل، والإيقاف، وتغيير الاتجاه، وتُستخدم في الرافعات الكبيرة، أو الخطرة التي تتطلب تشغيل المعدّات من مواقع مختلفة.

مقارنة بين أنواع دوائر التحكم في معدّات الرفع والتنزيل

نوع دائرة التحكم	درجة الأمان	المميزات	العيوب	أمثلة على الاستخدام
دوائر التحكم اليدوية (Manual Control Circuits)	منخفضة نسبيًا	■ بسيطة في التشغيل. ■ سهلة التركيب والصيانة. ■ منخفضة التكلفة.	■ تحتاج إلى تدخل يدوي أثناء التشغيل. ■ لا تتوقف تلقائيًا عند الوصول للحدود.	■ الروافع الصغيرة. ■ التطبيقات التدريبية والتعليمية.
دوائر التحكم شبه الأوتوماتيكية (Semi-Automatic Control Circuits)	متوسطة	■ توفر مستوى أعلى من الأمان. ■ مزودة بوسائل حماية ضد تجاوز الحدود. ■ أداء أكثر استقرارًا من الأنظمة اليدوية.	■ تحتاج تدخل يدوي عند بدء التشغيل. ■ لا يمكنها العمل المستمر دون إشراف.	■ روافع الورش. ■ المصاعد الصناعية الصغيرة.
دوائر التحكم الأوتوماتيكية (Automatic Control Circuits)	مرتفعة	■ دقة عالية في التشغيل. ■ سرعة استجابة كبيرة. ■ إمكانية البرمجة والتحكم الكامل في الأداء.	■ تكلفة تركيب وصيانة مرتفعة. ■ تحتاج فنيين متخصصين للتشغيل والصيانة.	■ المصاعد الحديثة. ■ أنظمة الرفع المؤتمتة في خطوط الإنتاج والمصانع.
دوائر التحكم عن بُعد (Remote Control Circuits)	مرتفعة جدًّا	■ توفر حماية عالية للمشغل. ■ تسمح بالتحكم من مسافات بعيدة، أو في الأماكن الخطِرة. ■ مرونة كبيرة في التشغيل.	■ تكلفة عالية نسبيًا. ■ تحتاج إلى أنظمة حماية ضد التدخل اللاسلكي.	■ الرافعات الجسرية. ■ الرافعات المتحركة.

إجراءات السلامة الخاصة بدوائر التحكم الكهربائية
(Safety Procedures of Electrical Control Circuits)

تُعد دوائر التحكم الكهربائية من العناصر الحساسة في أنظمة الرفع والتنزيل، لذا يجب اتباع مجموعة من إجراءات السلامة؛ لضمان التشغيل الآمن والفعال، ومن أهمها ما يأتي:

دائما ✓

- التأكد من سلامة مفاتيح التشغيل والتحكم قبل الاستخدام: يجب فحص المفاتيح والأزرار قبل بدء التشغيل للتأكد من عملها السليم، وعدم وجود تلف، أو تعليق في الحركة.
- اختبار زر الإيقاف الطارئ (Emergency Stop) بصفة دورية: التأكد من فعالية زر الإيقاف الطارئ؛ للتأكد من قدرته على فصل التيار الكهربائي فورًا عند الحاجة.
- عدم تجاوز أو تعطيل دوائر الأمان: يمنع تمامًا تعديل، أو تجاوز أنظمة الحماية، مثل: المرحلات أو المفاتيح المحدِّدة للحدود؛ لأنها مصممة لمنع الحوادث، أو الأعطال الخطِرة.
- الحفاظ على نظافة لوحة التحكم: يجب إبقاء لوحة التحكم نظيفة وجافة وخالية من الأتربة والزيوت والرطوبة التي قد تؤدي إلى قصر كهربائي، أو تلف في المكونات.
- إجراء صيانة دورية للمكونات الكهربائية: فحص قاطع التلامس، والمفاتيح، وصمامات الحماية الكهربائية، والمرحلات بانتظام؛ للتأكد من سلامتها واستبدال الأجزاء التالفة فورًا؛ لضمان استمرارية الأداء الآمن.

دائرة الحماية والأمان في معدّات الرفع والتنزيل

(Protection and Safety Circuit in Lifting Equipment)

تُعد دائرة الحماية والأمان عنصرًا أساسيًا في أنظمة الرفع والتنزيل، مثل: الرافعات، والمصاعد، والرافعات الشوكية، حيث تُصمم لضمان التشغيل الآمن وحماية المعدّات والمستخدمين من المخاطر المحتملة، إذ تتكون هذه الدائرة من المكونات الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية، التي تعمل بتكامل وتنسيق مستمر لرصد أي حالة تشغيل غير طبيعية، مثل ما يأتي:

- زيادة الحِمل عن الحد المسموح به.
- تجاوز حدود الحركة (أعلى أو أسفل).
- ارتفاع درجة حرارة المحركات.
- انقطاع الإشارات في الدائرة.

مكونات دائرة الحماية والأمان في معدّات الرفع والتنزيل
(Protection and Safety Circuit Components in Lifting Equipment)

تتكون دائرة الحماية والأمان في معدّات الرفع والتنزيل من مجموعة من العناصر المترابطة التي تعمل معًا؛ لضمان التشغيل الآمن للمعدّة، وحماية المعدّة والمستخدم من المخاطر المحتملة، ومن أهم هذه المكونات ما يأتي:

1. **مفاتيح الحد** (Limit Switches):

تُعد من العناصر الأساسية لمراقبة حدود الحركة في أنظمة الرفع، وتشمل الآتي:

- **مفاتيح الحد الأقصى للرفع/التنزيل:** تمنع استمرار حركة الخطاف عند الوصول إلى أقصى ارتفاع، أو انخفاض مسموح به؛ مما يحمي المكونات الميكانيكية من التلف.
- **مفاتيح السير:** تُحدد أقصى مدى لحركة العربة داخل منطقة العمل، وتمنع الاصطدام بالأطراف أو العوائق.

2. أجهزة الحماية من التحميل الزائد (Overload Protection Devices):

تعمل هذه الأجهزة على مراقبة وزن الحمولة ومنع تجاوز الحد الآمن للتشغيل، وتشمل ما يأتي:

- **مستشعرات/خلايا الحمولة (Load Cells):** تقيس الوزن الفعلي للحِمل باستمرار، وترسل الإشارة إلى وحدة التحكم.
- **محددات الحمل (Load Limiters):** تفصل دائرة الرفع أوتوماتيكيًا، وتُصدر إنذارًا في حال تجاوز الحمولة حد العمل الآمن (Safe Working Load (SWL)) المحدد للمعدّة.

3. أنظمة الحماية من الانقلاب (Anti-Tipping Systems):

تُستخدم أساسًا في الرافعات المتحركة للحفاظ على استقرار المعدّة أثناء العمل وتشمل ما يأتي:

- **أنظمة مراقبة لحظة الحمولة (Load Moment Indicators):** تراقب العلاقة بين وزن الحمولة ونصف قطر الرفع؛ لمنع الانقلاب.
- **مستشعرات الاستواء (Level Sensors):** تتأكد أن الرافعة في وضع مستوٍ قبل البدء بعملية الرفع؛ لضمان التوازن والاستقرار.

4. أجهزة الإيقاف الطارئ (Emergency Stop Devices (E-Stop)):

عبارة عن أزرار توضع في أماكن يسهل الوصول إليها في كابينة التشغيل ونقاط مختلفة على المعدّة، وتعمل على الآتي:

- فصل الطاقة فورًا عن جميع الدوائر الكهربائية عند حدوث خطر مفاجئ.
- إيقاف الحركة الكاملة للمعدّة؛ لحماية الأفراد والمكونات من التلف، أو الإصابة.

5. أنظمة الفرملة والتثبيت (Braking and Stabilization Systems):

تُستخدم لضمان بقاء الحمولة في وضع آمن عند التوقف، أو انقطاع الطاقة، وتشمل ما يأتي:

- **الفرامل (Brakes):** مصممة لإبقاء الحِمل معلقًا بأمان حتى عند انقطاع التيار الكهربائي، ويجب فحصها دوريًا؛ للتأكد من فعاليتها.
- **المثبتات الهيدروليكية (Outriggers):** تُستخدم في الرافعات المتحركة لزيادة قاعدة الارتكاز وضمان الثبات، ويجب أن تكون مجهزة بأجهزة استشعار تؤكد النشر الصحيح قبل بدء الرفع.

أنواع أنظمة الحماية في معدّات الرفع والتنزيل
(Types of Protection Systems in Lifting Equipment)

تُعد أنظمة الحماية في معدّات الرفع والتنزيل من العناصر الأساسية؛ لضمان التشغيل الآمن والموثوق للمعدّات، وتهدف هذه الأنظمة إلى حماية الأفراد والمعدّات من المخاطر الناتجة عن الأعطال الكهربائية أو التشغيلية، من خلال الكشف المبكر عن الخلل وفصل النظام عند الحاجة، وتتنوع أنظمة الحماية لتشمل حماية المحركات الكهربائية وحماية النظام الكهربائي العام، بما يضمن سلامة التشغيل واستمراريته.

1. حماية النظام الكهربائي العام

تُعد حماية النظام الكهربائي العام من الجوانب الحيوية في أنظمة الرفع والتنزيل، إذ تهدف إلى ضمان سلامة الأفراد والمعدّات ومنع حدوث الأعطال الناتجة عن التسرُّبات، أو التلامس الكهربائي غير المرغوب فيه، وفيما يأتي أهم عناصر الحماية العامة ووظائفها:

العنصر	شكل توضيحي	الوظيفة	الأهمية
نظام التأريض (Earthling System)		توصيل جميع الأجزاء المعدنية غير الحاملة للتيار الكهربائي، مثل هيكل المعدّة أو جسم المحرك بخط أرضي آمن.	يحمي المشغل من الصعق الكهربائي في حالة حدوث قصر كهربائي، أو تسرُّب تيار إلى الهيكل المعدني.
قاطع التسرب الأرضي (Earth Leakage Circuit Breaker)		يراقب الفرق بين التيار الداخل والخارج في الدائرة الكهربائية، إذا كان هناك فرق (بسبب تسرّب تيار إلى الأرض، مثل حالة لمس شخص لسلك مكهرب)، يقوم بفصل التيار فورًا خلال أجزاء من الثانية.	حماية أساسية لحياة الإنسان من الصعق الكهربائي، ويقلل من مخاطر الحرائق الناتجة عن تسرّب التيار.

2. حماية المحرك الكهربائي (Motor Protection)

تُعد حماية المحرك الكهربائي من العناصر الأساسية؛ لضمان استمرارية وكفاءة تشغيل المعدّات، من خلال منع التلف الناتج عن الأحمال الزائدة، أو الأعطال الكهربائية، أو الظروف التشغيلية غير المناسبة، وفيما يأتي أهم عناصر نظام حماية المحرك ووظائفها:

العنصر	شكل توضيحي	الوظيفة	الأهمية
القاطع الحراري (Thermal Overload Breaker)		يحمي المحرك من التيارات الزائدة التي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته ارتفاعا خطيرا، ويعمل على مبدأ محاكاة التسخين في المحرك، فإذا استمر التيار الزائد لفترة معينة، يقوم بفصل الدائرة.	يمنع احتراق ملفات المحرك بسبب الحمل الزائد، أو انخفاض الجهد.
القاطع المغناطيسي (Magnetic Circuit Breaker)		يعمل مفتاحا لتحكم رئيسي لتشغيل وإيقاف المحرك، ويمكن فصله يدويًا، أو كهربائيًا عن طريق دوائر الحماية الأخرى، مثل: (القاطع الحراري أو أجهزة الحد).	يوفر وسيلة آمنة للتحكم في المحرك عن بعد وعزله عن مصدر الطاقة عند الحاجة، أو في حالات الطوارئ.
قاطع الحماية من انخفاض الجهد (Under-Voltage Protection)		في حالة انخفاض الجهد بشكل كبير أو انقطاعه، تقوم هذه الحماية بفصل الدائرة، ولا تسمح بإعادة التشغيل تلقائيًا عند عودة التيار، بل يتطلب الأمر من المشغل إعادة التشغيل يدويًا.	يمنع التشغيل المفاجئ وغير المتوقع للمعدّة الذي قد يشكل خطرًا، ويحمي المحركات من العمل بجهد منخفض؛ مما يسبب تيارًا عاليًا وتسخينًا.
حماية من عدم التوازن أو فقدان الطور (Phase Failure/ Phase Sequence Protection)		تراقب وجود الأطوار الثلاثة في المحركات ثلاثية الطور، وتتحقق من ترتيبها الصحيح، فعند فقدان أحد الأطوار أو انعكاس التتابع، تمنع تشغيل المحرك.	تحمي المحرك من التلف الناتج عن التشغيل بطور واحد، أو باتجاه عكسي؛ مما قد يؤدي إلى احتراق الملفات.

3. حماية دائرة التحكم (Control Circuit Protection)

تُعد دائرة التحكم من أهم أجزاء نظام التشغيل في معدّات الرفع والتنزيل، إذ تتحكم في جميع عمليات التشغيل والإيقاف والاتجاه، لذلك، يتطلب الأمر حماية دقيقة لعناصرها من الأعطال أو التشغيل الخاطئ؛ لضمان السلامة التامة، وفيما يأتي أبرز عناصر حماية دائرة التحكم ووظائفها:

العنصر	الوظيفة	الأهمية
مفتاح الطوارئ (Emergency Stop Button)	مفتاح إيقاف فوري (عادةً ما يكون باللون الأحمر وعليه علامة الطوارئ)، وعند الضغط عليه، يفتح دائرة التحكم الرئيسية ويوقف جميع حركات المعدّة فورًا.	خط الدفاع الأخير للمشغل في حالة الطوارئ، ويوضع في أماكن واضحة وسهلة الوصول لحماية الأرواح والمعدّات.
مفتاح باب غرفة التحكم (Control Cabin Door Switch)	يمنع تشغيل المعدّة ما لم يكن باب كابينة المشغل مغلقًا بإحكام؛ لضمان التشغيل في وضع آمن.	يحمي المشغل من السقوط أثناء التشغيل ويضمن أنه في وضع التحكم الآمن.
المنصهرات (Fuses)	تحمي دوائر التحكم والإشارات من التيارات الزائدة، أو من خلال فصل الدائرة عند تجاوز التيار المسموح به.	حماية المعدّات والأفراد من الأحمال الزائدة والقصر الكهربائي وضمان التشغيل الآمن.

4. أنظمة الحماية المتقدمة (في المعدّات الحديثة)

تضمن أنظمة الحماية المتقدمة في المعدّات الحديثة المراقبة الذكية للأعطال والتدخل الوقائي للحفاظ على سلامة المحركات والمعدّات وكفاءة التشغيل، وفيما يأتي أبرز عناصر الحماية المتقدمة ووظائفها:

نظام الحماية	شكل توضيحي	الوظيفة	الأهمية
نظام التحكم المضاد للتأرجح		يستخدم خوارزميات في وحدة التحكم (PLC) للتحكم في حركات المحرك (الرفع، أو السحب، أو الدوران) لتقليل أو إلغاء تأرجح الحِمل.	يزيد من مستوى الدقة والأمان في عمليات الرفع، خاصة في الأماكن الضيقة، أو عند التعامل مع حمولات حساسة.
نظام مراقبة الحالة		يستخدم حساسات لقياس الاهتزازات، ودرجة حرارة المحرك والمحامل، وساعات التشغيل، ويقوم بإرسال إنذارات للصيانة الوقائية قبل حدوث عطل كامل.	يتيح الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة في المحرك والمكونات المرتبطة به، ما يضمن تنفيذ الصيانة الوقائية، ويعزز استمرارية التشغيل وكفاءة المعدّات، ويطيل عمرها الافتراضي.

دائرة الإشارات التحذيرية والإضاءة في معدّات الرفع والتنزيل

(Warning and Lighting Circuit in Lifting Equipment)

تُعد الإشارات التحذيرية من العناصر الأساسية في أنظمة التشغيل الخاصة بمعدّات الرفع والتنزيل؛ إذ تُستخدم لتنبيه العاملين والمشغلين إلى حالات التشغيل المختلفة أو الظروف غير الآمنة التي قد تنشأ أثناء العمل، وتهدف هذه الإشارات إلى تعزيز السلامة ومنع الحوادث من خلال توفير تنبيهات بصرية أو صوتية واضحة تساعد في اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة في الوقت المناسب.

وتهدف دائرة الإشارات التحذيرية إلى تحقيق مجموعة من الوظائف الأساسية، من أهمها ما يأتي:

- تنبيه العاملين عند بدء التشغيل وأثناء عمليات الرفع والتنزيل والتحميل؛ مما يضمن الاستعداد الآمن للعمل.
- توفير إنذار مبكر عن الأعطال والحالات التشغيلية غير الطبيعية، مثل: زيادة الحمولة، أو ارتفاع درجة حرارة المحرك، أو تعطل بعض الأجزاء؛ للحد من تطور الأعطال وحماية الأفراد والمعدّات.
- تحقيق الأمان التشغيلي والالتزام بمتطلبات السلامة المهنية وفق المعايير المعتمدة؛ مما يقلل من المخاطر داخل بيئة العمل.
- تنظيم سير العمل وتنسيق حركة التشغيل بين العاملين والمعدّات، بما يمنع التعارض في العمليات ويضمن انسيابيتها.
- ضمان التواصل البصري والسمعي الفعّال بين العاملين أثناء التشغيل، والحد من الحوادث الناتجة عن سوء الفهم، أو ضعف التواصل.
- توفير إضاءة تشغيلية مناسبة في مناطق العمل، خاصة في الأماكن المغلقة، أو أثناء العمل الليلي؛ لتحسين الرؤية وسلامة الأداء.
- الوقاية من تلف المكونات الكهربائية والميكانيكية الناتج عن أخطاء التشغيل، أو الأحمال الزائدة.
- رفع كفاءة واستمرارية التشغيل بأمان وانتظام، وتقليل التوقفات غير المتوقعة.
- تعزيز ثقافة السلامة ورفع وعي العاملين بأهمية الالتزام بإجراءات الأمان أثناء التشغيل.

أنظمة التحذير في معدّات الرفع والتنزيل
(Warning Systems in Lifting Equipment)

تُعد أنظمة التحذير من أهم مكونات منظومة السلامة في معدّات الرفع والتنزيل، إذ تعمل على تنبيه المشغلين والعاملين بوجود مخاطر محتملة أو حالات تشغيل غير طبيعية؛ مما يُسهم في الحد من الحوادث، وضمان التشغيل الآمن، وتشمل هذه الأنظمة ما يأتي:

1. نظام الإشارات الضوئية (Visual Warning System)

الوصف	يتكون من مصابيح، أو أبراج إضاءة متعددة الألوان (أحمر، وأصفر، وأخضر)، تُركب في أماكن ظاهرة بالمعدّة.
الاستخدام	تنبيه العاملين بحالة التشغيل الحالية للمعدّة (تشغيل، أو استعداد أو عطل).
المميزات	■ وسيلة بصرية واضحة وسهلة الفهم. ■ تعمل باستمرار دون إزعاج صوتي. ■ يمكن رؤيتها من مسافات بعيدة. ■ قابلة للتكامل مع أنظمة التحكم الآلي.

2. نظام الإشارات الصوتية (Audible Warning System)

الوصف	يتكون من صفارات إنذار، أو جرس كهربائي، يصدر صوتًا مميزًا عند حدوث حالة خطر، أو تشغيل غير آمن.
الاستخدام	تحذير العاملين عند بدء تشغيل الرافعة، أو عند وجود خلل، أو خطر وشيك.
المميزات	■ فعّال في البيئات ذات الرؤية المحدودة. ■ يجذب الانتباه بسرعة. ■ يمكن دمجه مع الإشارات الضوئية لزيادة الأمان.

3. نظام التحذير من العوائق (Obstacle Detection System)

الوصف	نظام يعتمد على حساسات قرب، أو مستشعرات ليزر لاكتشاف الأجسام، أو الأشخاص في مسار حركة المعدّة.
الاستخدام	منع التصادم أثناء حركة المعدّة أو العربة.
المميزات	■ يزيد أمان بيئة العمل. ■ يوقف التشغيل تلقائيًا عند اكتشاف عائق. ■ يُستخدم في الأنظمة الحديثة عالية الأمان.

أجهزة التحذير في معدّات الرفع والتنزيل
(Warning Devices in Lifting Equipment)

هي المكونات التي تُصدر تحذيرًا مسموعًا، أو مرئيًّا؛ لتنبيه العاملين عند وجود مخاطر، أو حالات تشغيل غير طبيعية، وتشمل الآتي:

- **الإنذارات الصوتية (Audible Alarms):**
  - الأبواق والصفارات: تُستخدم لإصدار أصوات عالية ومميزة لتنبيه العاملين في المنطقة المحيطة بحركة الرافعة، أو عند وجود حمولة زائدة.
  - المكبر الصوتي: يُستخدم لتوجيه تعليمات فورية أثناء العمل.
- **الإنذارات المرئية (Visual Alarms):**
  - الأضواء الوامضة: أضواء ساطعة (عادةً باللون الأحمر، أو الأخضر، أو الأصفر، أو الأزرق)، تدور أو تومض لجذب الانتباه بصريًّا، خاصة في البيئات الصاخبة التي قد لا يُسمع فيها الصوت.
  - أضواء المؤشر: مصابيح تُثبّت على الرافعة، أو الخطاف لتوضيح حالة التشغيل، أو تحديد موقع الخطاف.

دلالات ألوان الإشارات التحذيرية في معدّات الرفع والتنزيل
(Warning Colors Meanings in Lifting Equipment)

تُعد الإشارات التحذيرية الضوئية من العناصر الأساسية في أنظمة السلامة بمعدّات الرفع والتنزيل، حيث تُستخدم الألوان المختلفة وسيلة واضحة وسريعة لنقل حالة المعدّة للعاملين دون الحاجة إلى تدخل مباشر، ويساعد توحيد دلالات الألوان على تحسين مستوى الأمان، وتقليل الأخطاء التشغيلية، وضمان الاستجابة السريعة للحالات الطارئة أو التحذيرية.

ويوضح الجدول الآتي دلالات ألوان الإشارات التحذيرية وتطبيقها العملي أثناء تشغيل معدّات الرفع والتنزيل:

اللون	الدلالة	التطبيق
الأحمر	خطر أو توقف.	وجود خلل، أو توقف طارئ.
الأخضر	تشغيل طبيعي.	عندما تعمل المعدّة عملا سليما.
الأصفر	تحذير أو استعداد.	قبل بدء التشغيل، أو أثناء التحميل.
الأزرق	تعليمات خاصة.	وضع تشغيل خاص، أو صيانة.

الأعطال الشائعة في دوائر الإشارات التحذيرية
(Common Faults of Warning Circuit in Lifting Equipment)

تؤدي دوائر الإشارات التحذيرية دورًا مهمًا في تنبيه المشغل إلى وجود خلل، أو حالة غير طبيعية أثناء التشغيل، ومع الاستخدام المستمر، قد تظهر بعض الأعطال التي تؤثر في عمل المصابيح، أو الإشارات الصوتية، أو شاشات العرض، لذلك يساعد تعرُّف الأعطال الشائعة، واتباع خطوات استكشافها على سرعة الإصلاح، والمحافظة على سلامة النظام واستمرارية عمله.

ويوضح الجدول الآتي أهم هذه الأعطال مع خطوات استكشافها:

العطل	خطوات استكشاف العطل
المصابيح لا تعمل	■ فحص المنصهرات. ■ فحص الجهد عند المصباح. ■ فحص سلامة المصباح.
إشارة صوتية ضعيفة	■ فحص مصدر الطاقة. ■ فحص السماعة. ■ فحص دوائر التحكم.
شاشات العرض لا تعمل	■ فحص مصدر الطاقة. ■ فحص أسلاك البيانات. ■ إعادة تشغيل النظام.

إجراءات السلامة الخاصة بدوائر الإشارات التحذيرية
(Safety Procedures of Warning Circuits)

تُعد إجراءات السلامة الخاصة بدوائر الإشارات التحذيرية عنصرًا أساسيًا في منظومة الأمان لمعدّات الرفع والتنزيل، ومن أهم هذه الإجراءات ما يأتي:

دائما ✓

- حماية المصابيح: تأمين المصابيح ضد الغبار والرطوبة وفق معايير الحماية.
- الألوان القياسية: استخدام ألوان الإشارات المعتمدة لتسهيل قراءة التنبيهات.
- الصيانة الدورية: تنفيذ الفحص والصيانة المنتظمة لنظام الإنذار والإضاءة لضمان الاعتمادية.
- الالتزام بجهد التشغيل: تشغيل العناصر ضمن الجهد المسموح لتجنب الأعطال.

الدرس الخامس

الأسلاك والكابلات الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل

(Electrical Wires and Cables Used in Lifting Equipment)

تُعد الأسلاك والكابلات الكهربائية من العناصر الأساسية في منظومات التشغيل الكهربائية لمعدّات الرفع والتنزيل، إذ تمثل الوسيط الرئيسي لنقل الطاقة الكهربائية وإشارات التحكم بين مكونات الدائرة الكهربائية المختلفة، وتؤدي هذه العناصر دورًا محوريًا في ضمان كفاءة وأمان تشغيل المعدّات، من خلال تحقيق توصيل مستقر وآمن للتيار الكهربائي تحت مختلف ظروف التشغيل.

الخواص الرئيسية للكابلات الكهربائية في معدّات الرفع

(Properties of Electrical Cables in Lifting Equipment)

تتميز الكابلات الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل بعدد من الخواص الفنية التي تضمن أداءها الآمن والمستقر في بيئات التشغيل المختلفة، ومن أهم هذه الخواص ما يأتي:

- **الخواص الكهربائية** (Electrical Properties)

1. **المقاومة الكهربائية** (Electrical Resistance):
   - يجب أن تكون منخفضة؛ لضمان مرور التيار بكفاءة، وتقليل الفاقد في الطاقة.
   - تعتمد المقاومة على طول السلك، ومساحة مقطعه العرضي، ونوع مادة الموصل.
2. **التيار المقنن** (Rated Current):
   - أقصى تيار كهربائي يمكن أن يمر عبر السلك دون أن ترتفع حرارته إلى مستوى غير آمن.
   - يتأثر بنوع العزل المستخدم، وطريقة التمديد، ودرجة الحرارة المحيطة.

3. **الفقد الكهربائي (Voltage Drop):**
   - يعبر عن انخفاض الجهد بين طرفي السلك أثناء مرور التيار.
   - يجب ألا يتجاوز الحد المسموح به في الأنظمة الكهربائية؛ لتجنب ضعف أداء المحركات، أو وحدات التحكم.

الخواص الميكانيكية (Mechanical Properties)

1. **المرونة العالية (High Flexibility):**
   - تسمح هذه المرونة بتثبيت الكابل في الأجزاء المتحركة دون أن يتعرض للكسر أو الانقطاع.
   - تُصنع من موصلات متعددة الشعيرات؛ لتتحمل الانحناءات المتكررة أثناء التشغيل.

2. **مقاومة الشد (Tensile Strength):**
   - قدرة الكابل على تحمل قوى الشد والسحب الناتجة عن حركة الرفع أو التنزيل، حيث يضاف إلى بعض الكابلات أسلاك فولاذية دقيقة لزيادة مقاومتها للشد.
   - تحمي هذه الخاصية الكابل من التمدد الزائد، أو الانقطاع أثناء التشغيل الميكانيكي.

3. **مقاومة التآكل والاحتكاك (Abrasion and Friction Resistance):**
   - تحمي الكابل من التلف الميكانيكي الناتج عن الحركة المستمرة، أو الاحتكاك.

4. **مقاومة الصدمات والضغط (Impact and Crushing Resistance):**
   - يجب أن تتحمل الكابلات الصدمات الناتجة عن سقوط المعدّات، أو احتكاكها بأجزاء صلبة.
   - يكون ذلك عبر استخدام طبقات حماية إضافية، أو تدريع معدني.

الخواص الحرارية (Thermal Properties)

1. **قدرة التحمل الحراري (Thermal Endurance):**
   - قدرة الكابل على العمل لفترات طويلة ضمن مدى حراري محدد دون تدهور في الأداء.
   - اختيار نوع العزل الحراري المناسب يحافظ على عمر الكابل التشغيلي ويمنع تلفه.

2. **درجة حرارة التشغيل (Operating Temperature):**

- تمثل الحد الأعلى لدرجة حرارة الكابل أثناء التشغيل المستمر دون التأثير في خواصه الكهربائية، أو الميكانيكية.
- يجب اختيار الكابل وفقًا لظروف التشغيل الفعلية.

3. **مقاومة اللهب والحرائق (Flame and Fire Resistance):**

- بعض الكابلات تُصمم لتكون مقاومة للاشتعال بحيث لا تنقل اللهب في حال نشوب حريق.
- تُستخدم هذه الكابلات في المنشآت الصناعية، أو المباني ذات متطلبات الأمان العالية.
- تستخدم كابلات مقاومة للحريق؛ لكي تحافظ على نقل التيار لفترة محددة أثناء الحريق لتأمين أنظمة الطوارئ، مثل المصاعد.

■ الخواص البيئية (Environmental Properties)

1. **مقاومة الرطوبة والمياه (Moisture and Water Resistance):**

- يجب أن تتحمل الكابلات التعرض المباشر، أو غير المباشر للمياه خاصة في البيئات الخارجية، أو الموانئ.
- تُستخدَم أغلفة خارجية مقاومة للماء، أو مواد مانعة للتسرب؛ لمنع نفاذ الرطوبة إلى الموصلات.

2. **مقاومة الزيوت والمواد الكيميائية (Oil and Chemical Resistance):**

- في بيئات المصانع أو الورش الصناعية، قد تتعرض الكابلات للزيوت أو المذيبات، لذا تُصنع بعض الكابلات من مواد مقاومة للزيوت والمذيبات دون تأثر في العزل أو الغلاف.

3. **مقاومة الأشعة فوق البنفسجية (UV Resistance):**

- تتعرض الكابلات المستخدمة في الهواء الطلق لأشعة الشمس لفترات طويلة؛ مما قد يؤدي إلى تشققات في الغلاف الخارجي، أو فقدان المرونة.
- تُستخدم مواد مقاومة للأشعة فوق البنفسجية؛ لضمان عمر تشغيلي طويل في البيئات الخارجية.

رافعة شوكية تتعرض للرطوبة والمياه

رافعة تتعرض لأشعة الشمس

تصنيف الأسلاك والكابلات الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل
(Classification of Electrical Cables in Lifting Equipment)

يُعد اختيار نوع السلك الكهربائي المناسب خطوة مهمة لضمان سلامة التشغيل، وتحقيق الكفاءة العالية واستمرارية الأداء دون توقف أو أعطال، ويكون ذلك من خلال معرفة خصائص كل نوع من أنواع الأسلاك ومدى ملاءمته لطبيعة الحمل الكهربائي وظروف التشغيل، وفيما يأتي تصنيف أهم أنواع الأسلاك الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل:

- **حسب نوع المادة الموصلة** (Material-Based Classification)

1. أسلاك النحاس (Copper Wires)

المميزات	■ موصلية كهربائية عالية جدًّا. ■ مرونة عالية. ■ مقاومة جيدة للتآكل والحرارة. ■ قوة ميكانيكية عالية. ■ إمكانية اللحام والتوصيل بسهولة.
الاستخدام	جميع التطبيقات الكهربائية والتحكم.

2. أسلاك الألومنيوم (Aluminum Wires)

المميزات	■ خفة الوزن مقارنة بالنحاس. ■ تكلفة أقل. ■ مقاومة معقولة للتآكل.
الاستخدام	الكابلات الطويلة لنقل الطاقة في المصاعد الكبيرة، أو الرافعات.

■ حسب الغرض من الاستخدام (Function-Based Classification)

1. كابلات القدرة الكهربائية (Power Cables)

الوصف	هي كابلات تُستخدم لنقل الطاقة الكهربائية من مصادر التغذية إلى الأحمال المختلفة، مثل: المحركات، ووحدات التحكم، ولوحات التوزيع في معدّات الرفع والتنزيل.
الاستخدام	■ تزويد محركات الرفع الرئيسية بالطاقة المطلوبة للتشغيل. ■ توصيل لوحات التوزيع والتحكم بمصدر الجهد الكهربائي. ■ نقل الطاقة من المولدات، أو البطاريات الاحتياطية؛ لضمان استمرارية العمل. ■ تشغيل وحدات الإضاءة والمكونات الكهربائية المساعدة داخل النظام.
المميزات	■ قدرة عالية على نقل التيار دون فقد كبير في الجهد. ■ مقاومة ممتازة للعوامل الميكانيكية والبيئية، مثل: الاهتزازات والحرارة. ■ عمر تشغيلي طويل نتيجة جودة العزل والحماية الخارجية. ■ مستوى أمان عالٍ أثناء التشغيل بفضل طبقات العزل المتعددة والتأريض الجيد. ■ إمكانية الاستخدام في بيئات صناعية متنوعة سواء داخلية أو خارجية.

2. كابلات التحكم والإشارة (Control and Signal Cables)

الوصف	هي كابلات تُستخدم لنقل إشارات التحكم والأوامر الكهربائية بين مكونات النظام في معدّات الرفع والتنزيل، مثل: المفاتيح، والمفاتيح الكهربائية التي تعمل بالإشارات، ووحدات التحكم الإلكترونية، وأجهزة الاستشعار.
الاستخدام	■ توصيل دوائر التحكم مع المفاتيح، وأزرار التشغيل، ووحدات التحكم (PLC). ■ نقل إشارات الحماية والتغذية الراجعة من الحساسات، مثل: (مستشعرات الحمل أو الارتفاع). ■ تشغيل أنظمة الإنذار والإشارات التحذيرية داخل المعدّة. ■ التوصيل بين وحدات التحكم والمحركات في أنظمة التحكم التلقائي.
المميزات	■ نقل دقيق وآمن للإشارات الكهربائية دون تأثر بالتشويش، أو التداخل. ■ مرونة عالية تسهّل التركيب داخل المسارات الضيقة أو المتحركة. ■ مقاومة جيدة للعوامل البيئية، مثل: الاهتزازات والحرارة والرطوبة. ■ توفر أنواع مظللة للحماية من التداخل الكهرومغناطيسي الناتج عن كابلات القدرة.

3. كابلات البيانات والاتصالات (Data & Communication Cables)

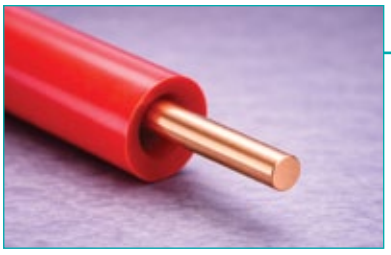
الوصف	هي كابلات مخصصة لنقل المعلومات الرقمية، أو التناظرية بين وحدات التحكم، وأجهزة القياس، وأنظمة المراقبة في معدّات الرفع والتنزيل.
الاستخدام	■ ربط وحدات التحكم الإلكترونية بأنظمة المراقبة أو الحواسيب الصناعية. ■ نقل بيانات أجهزة الاستشعار الذكية، مثل: مستشعرات الموقع، والسرعة، والحمولة. ■ توصيل وحدات الاتصال اللاسلكية، أو الشبكات الصناعية. ■ نقل إشارات المراقبة والتحكم عن بُعد في الأنظمة الحديثة لمعدّات الرفع والتنزيل.
المميزات	■ سرعة عالية في نقل البيانات مع دقة كبيرة واستقرار في الإشارة. ■ مقاومة ممتازة للتداخل الكهرومغناطيسي بفضل التصميم الملتف، أو التظليل الكامل. ■ إمكانية نقل البيانات لمسافات طويلة دون فقد ملحوظ في الجودة. ■ تصميم خفيف ومرن يسهل تمديده وصيانته داخل المعدّات.

4. كابلات الطوارئ الاحتياطية (Emergency/Backup Cables)

الوصف	هي كابلات مخصصة لنقل الطاقة، أو الإشارات الحيوية من مصادر احتياطية، مثل: المولدات أو البطاريات إلى أنظمة التشغيل الأساسية عند انقطاع التيار الكهربائي الرئيسي في معدّات الرفع والتنزيل، وتُصمم هذه الكابلات؛ لضمان استمرار عمل الأنظمة الحيوية أثناء حالات الطوارئ.
الاستخدام	■ تغذية أنظمة الطوارئ، مثل: إنارة الطوارئ ولوحات التحكم. ■ توصيل المولد الاحتياطي بالمعدّات الأساسية؛ لضمان عدم توقف الرفع. ■ تشغيل دوائر الإنذار والتحذير أثناء انقطاع التيار الكهربائي. ■ ربط أنظمة الحماية والمراقبة بمصادر طاقة احتياطية؛ للحفاظ على استمرارية التشغيل الآمن.
المميزات	■ قدرة عالية على العمل تحت ظروف الطوارئ، مثل: الحرارة أو انقطاع التغذية. ■ مقاومة للحريق؛ لضمان سلامة الأنظمة والأفراد. ■ عزل كهربائي متين يمنع تسرب التيار، أو حدوث تماس كهربائي أثناء الظروف غير المستقرة. ■ اعتمادية كبيرة واستمرارية في نقل الطاقة؛ لضمان تشغيل أنظمة الأمان دون انقطاع. ■ تصميم قوي ومتين يسمح بالاستخدام في البيئات الصناعية والمواقع الحرجة.

■ حسب الشكل والتطبيق (Construction-Based Classification)

1. كابلات مفردة النواة (Single-Core Cables)

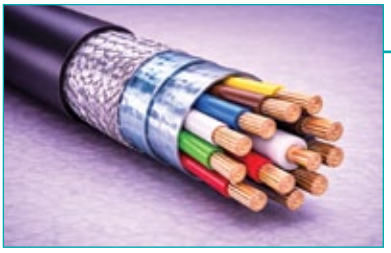


الوصف	تتكون من موصل مفرد مصنوع من النحاس، أو الألومنيوم مُغلف بطبقة من العزل الكهربائي.
الاستخدام	■ توصيل الطاقة إلى الأحمال ذات التيار العالي، مثل المحركات. ■ تستخدم في دوائر القدرة الرئيسية، أو الخطوط الطويلة.
المميزات	■ سهلة التركيب والفحص. ■ قدرة عالية على نقل التيار. ■ مناسبة للدوائر التي تتطلب مرونة أقل.

2. كابلات متعددة النواة (Multi-Core Cables)

الوصف	تحتوي على عدة موصلات معزولة داخل غلاف واحد لتسهيل التنظيم والتوصيل في الأنظمة الكهربائية والإلكترونية.
الاستخدام	■ دوائر التحكم والإشارة. ■ شبكات البيانات والاتصالات داخل المعدّات الصناعية.
المميزات	■ تنظيم الأسلاك في كابل واحد لتسهيل التوصيل. ■ تقليل التشابك والفوضى داخل مجاري الأسلاك. ■ حماية أفضل ضد التداخل الكهربائي.

3. كابلات مدرعة (Shielded Cables)



الوصف	تحتوي على طبقة حماية معدنية حول الموصلات لتقليل التداخل الكهرومغناطيسي الناتج عن مصادر الجهد العالي، أو المعدّات الصناعية.
الاستخدام	■ نقل الإشارات الدقيقة في أنظمة التحكم والبيانات. ■ المناطق القريبة من كابلات القدرة أو المحركات الكبيرة.
المميزات	■ حماية فعالة ضد التشويش والتداخل الكهرومغناطيسي. ■ مناسبة للبيئات الصناعية عالية التداخل.

4. كابلات مرنة (Flexible/Stranded Cables)

الوصف	هي كابلات تحتوي على عدة أسلاك نحاسية رفيعة مَجدولة معًا؛ لتوفير مرونة عالية وسهولة في التوجيه مقارنة بالكابلات الصلبة؛ مما يجعلها مثالية للتوصيلات المتحركة.
الاستخدام	■ التوصيلات المتحركة بين المحركات واللوحات، أو بين أجزاء الرافعة المتحركة. ■ دوائر التحكم والإشارة التي تحتاج إلى مرونة كبيرة داخل المجاري الضيقة، أو الأذرع المتحركة. ■ الربط مع الأجهزة المتنقلة، أو الوحدات القابلة للفصل داخل النظام الكهربائي.
المميزات	■ مرونة عالية تسمح بالانحناء والتوجيه بسهولة دون كسر الموصلات. ■ مقاومة للاهتزازات والتآكل الميكانيكي الناتج عن الحركة المستمرة. ■ عمر تشغيلي أطول في التطبيقات المتحركة، أو الديناميكية.

المعايير الأساسية لاختيار الكابل أو السلك المناسب
(Electrical Cables Selection Standards)

عند اختيار الكابل أو السلك المستخدم في أنظمة الرفع والتنزيل، يجب مراعاة مجموعة من العوامل الفنية؛ لضمان الأداء الآمن والفعال، وتشمل ما يأتي:

1. شدة التيار الكهربائي: اختيار مقطع السلك بناءً على قيمة التيار المطلوب؛ لضمان عدم ارتفاع درجة حرارة الموصل، وتفادي الفقد الكهربائي، أو التلف الحراري.
2. الجهد الكهربائي: يجب أن يتحمل العزل الكهربائي للكابل الجهد المطبق دون انهيار، مع الالتزام بحدود الجهد المسموح بها وفقًا لنظام التشغيل.
3. نوع العزل: يختار نوع العزل بناءً على طبيعة البيئة التشغيلية مع مراعاة مقاومته للحرارة والرطوبة والزيوت والمواد الكيميائية.
4. البيئة التشغيلية: تحديد الكابل المناسب حسب ظروف التشغيل، مثل: الحرارة، أو الرطوبة، أوالاهتزاز، أو التعرض للمواد الكيميائية؛ لضمان استمرارية الأداء دون تلف.
5. التكلفة وعمر الخدمة: تحقيق توازن بين جودة الكابل وتكلفته، مع اختيار الأنواع ذات العمر الطويل؛ لتقليل أعمال الصيانة والاستبدال المتكرر.
6. المرونة: يُراعى اختيار الكابلات المرنة في التطبيقات المتحركة، بينما تُفضل الأنواع ذات الغلاف المتين في البيئات الثابتة أو القاسية.

إجراءات السلامة المتبعة عند التعامل مع الأسلاك في معدّات الرفع والتنزيل
(Safety Procedures of Electrical Cables in Lifting Equipment)

لضمان سلامة العاملين واستمرارية عمل الأنظمة الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل، يجب الالتزام بالإجراءات الآتية:

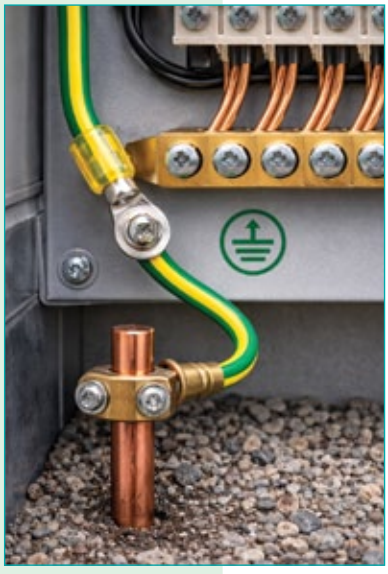
1. **فصل التيار الكهربائي قبل العمل (Power Isolation):**
   - التأكد من إيقاف مصدر التغذية وفصل القواطع قبل أي صيانة أو تركيب للأسلاك.
   - استخدام أجهزة القفل والعلامات (Lockout/Tagout) لمنع التشغيل العرضي.

2. **استخدام معدّات الوقاية الشخصية (Personal Protective Equipment (PPE)):**
   - ارتداء القفازات العازلة للكهرباء؛ لحماية اليدين من الصدمات.
   - ارتداء الأحذية العازلة والمقاومة للانزلاق التي تتناسب مع البيئة الصناعية.
   - استخدام نظارات واقية عند التعامل مع الأسلاك المكشوفة، أو أثناء القص، أو الربط.

3. **التأكد من سلامة العزل والحماية (Insulation and Protection Check):**
   - فحص طبقات العزل على الأسلاك قبل الاستخدام؛ للتأكد من عدم وجود تشققات أو تلف.
   - التأكد أن كابلات القدرة والتحكم والبيانات مفصولة داخل مجاري الأسلاك؛ لتجنب التداخل والتلف.

4. **اتباع اللوحات الإرشادية واللون القياسي للأسلاك (Wiring Identification Standards):**
   - الالتزام بلون الأسلاك المخصص لكل وظيفة (طور، أو محايد، أو تأريض، أو تحكم، أو بيانات)؛ لتقليل الأخطاء.
   - اتباع الإرشادات والتعليمات الفنية للشركة المصنعة أثناء التركيب، أو الصيانة.

5. **الصيانة الدورية والفحص المنتظم (Periodic Inspection):**
   - فحص الأسلاك والكابلات دوريًا للكشف عن أي تآكل، أو حرارة زائدة، أو تشققات.
   - استبدال أي كابل تالف على الفور؛ لتجنب المخاطر الكهربائية، أو الميكانيكية.



6. **التحقق من نظام التأريض (Grounding Verification):**
   - التأكد أن جميع المعدّات والأسلاك المهمة موصولة بنظام تأريض فعّال؛ لضمان تفريغ الشحنات الكهربائية وتجنب الصدمات، أو الأعطال.

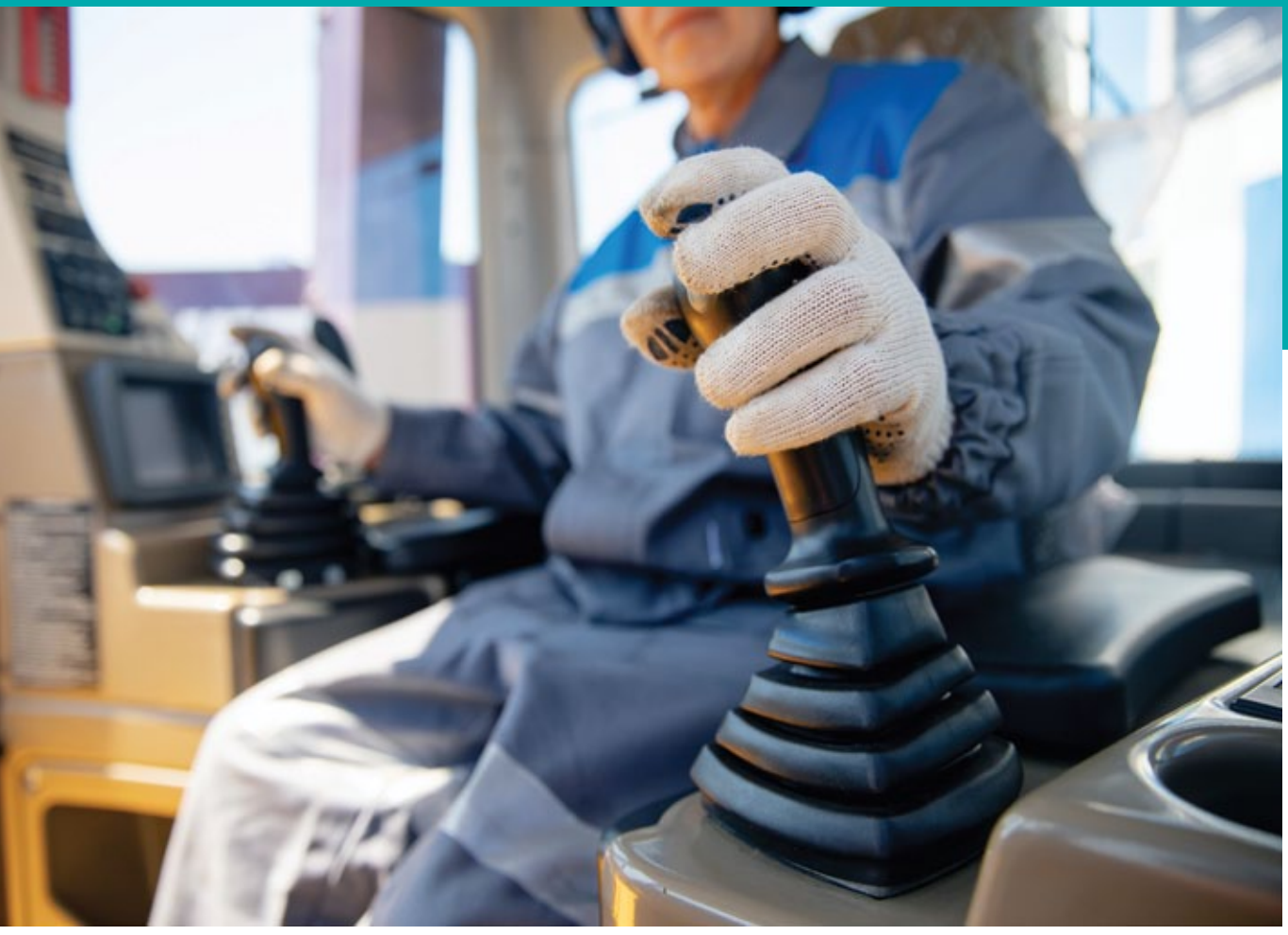
أسئلة الوحدة

1. عرّف القدرة الكهربائية، وبيّن دورها في تشغيل أنظمة الرفع والتنزيل.
2. اذكر مصادر الطاقة الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
3. عدّد أنواع المحركات الكهربائية المستخدمة في أنظمة الرفع والتنزيل.
4. كيف تُصنَّف المحركات الكهربائية حسب طبيعة العمل والقدرة الميكانيكية؟
5. اذكر ثلاثة معايير تُراعى عند اختيار المحرك الكهربائي في أنظمة الرفع والتنزيل.
6. ما المقصود بدائرة التحكم الكهربائية؟ وما دورها في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل؟
7. اذكر مكونات دائرة التحكم الكهربائية مع توضيح وظيفة مكوّن واحد منها.
8. عدّد أنواع دوائر التحكم الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
9. ما المقصود بدائرة الحماية والأمان؟ ولماذا تُستخدم في معدّات الرفع والتنزيل؟
10. عدّد مكونات دائرة الحماية والأمان مع ذكر وظيفة أحدها.
11. ما أنواع أنظمة الحماية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل؟
12. اشرح بإيجاز آلية عمل أحد أجهزة الأمان: (مفتاح حد – حماية حمل زائد – زر إيقاف طوارئ).
13. ما أهمية الإشارات التحذيرية والإضاءة في تعزيز السلامة المهنية؟
14. عدّد أنواع أنظمة الإشارات التحذيرية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
15. فسّر دلالة لونين من ألوان الإشارات التحذيرية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
16. ميّز بين أجهزة التحذير المرئية وأجهزة التحذير السمعية من حيث الاستخدام.
17. ما أهمية الأسلاك والكابلات الكهربائية في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل بأمان؟
18. اذكر الخواص الأساسية للكابلات الكهربائية المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل.
19. صنّف الكابلات الكهربائية حسب مادة الصنع والغرض من الاستخدام.
20. كيف يُختار السلك أو الكابل المناسب لتطبيق معين في معدّات الرفع والتنزيل؟

الوحدة الثانية

تشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل

Operation and Maintenance of Lifting Equipment



محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

إجراءات تشغيل معدّات الرفع والتنزيل

(Operation Procedures of Lifting Equipment) 50

الدرس الثاني

النظام الهيدروليكي في معدّات الرفع والتنزيل

(Hydraulic System in Lifting Equipment) 54

الدرس الثالث

صيانة معدّات الرفع والتنزيل

(Maintenance of Lifting Equipment) 58

الدرس الرابع

تشخيص الأعطال الشائعة في معدّات الرفع والتنزيل

(Diagnosis of Common Failures in Lifting Equipment) 64

الدرس الخامس

إجراءات السلامة أثناء التشغيل والصيانة

(Safety Procedures During Operation & Maintenance) 68

أسئلة الوحدة 70

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتَّبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يتعرَّف إجراءات التشغيل الصحيحة لمعدّات الرفع والتنزيل لتحقيق السلامة وتقليل الحوادث.
- يعدد خطوات الفحص قبل التشغيل؛ للتأكد من جاهزية معدّات الرفع والتنزيل.
- يطبق إجراءات التشغيل الآمن أثناء العمل مع الحفاظ على استقرار الحمولة، وعدم تجاوز الحدود المسموح بها.
- يشرح إجراءات ما بعد التشغيل لترك المعدّة في وضع آمن وجاهز للاستخدام اللاحق.
- يشرح مبدأ عمل النظام الهيدروليكي في معدّات الرفع والتنزيل بالاستناد إلى قانون باسكال.
- يعدد المكونات الأساسية للنظام الهيدروليكي ووظيفة كل مكوّن بدقة.
- يميّز بين أنواع الصمامات الهيدروليكية، ودور كل منها في التحكم بالضغط والاتجاه والسرعة.
- يوضح دور النظام الهيدروليكي في تنفيذ عمليات الرفع والخفض والإمالة، وتثبيت الحمولة بأمان.
- يحدد إجراءات السلامة الأساسية للأنظمة الهيدروليكية.
- يشرح أهمية الصيانة الدورية لمعدّات الرفع والتنزيل، ودورها في تحسين الأداء وضمان السلامة المهنية.
- يعدد خطوات صيانة معدّات الرفع والتنزيل الأساسية.
- يميز بين أنواع الصيانة، ويحدد الهدف من كل نوع.
- يطبق إجراءات الفحص والصيانة للأجزاء الرئيسية للمعدّات.
- يتعرَّف الأخطاء الشائعة أثناء الصيانة وطرق تجنبها؛ لضمان سلامة وكفاءة المعدّات.
- يوضح أهمية توثيق أعمال الصيانة في السجلات وكيفية استخدامها في التخطيط المستقبلي وضمان السلامة.
- يشرح أنواع الأعطال الشائعة في معدّات الرفع والتنزيل ومؤشرات كل نوع.
- يحدد الأسباب المحتملة للأعطال التشغيلية والهيدروليكية عند ظهور.

ملخص الوحدة

تركّز هذه الوحدة على الجوانب العملية والفنية لتشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل، من خلال تعريف الطلبة بإجراءات تشغيل المعدّات، مع التركيز على أنظمة التحكم والتشغيل الهيدروليكي وكيفية التعامل معها بكفاءة. وتتناول الوحدة أساليب الفحص والصيانة الدورية وفق الإجراءات المعتمدة، إلى جانب تشخيص الأعطال الشائعة وطرق معالجتها، وتهدف الوحدة إلى رفع كفاءة المشغّلين والفنيين وتطوير مهاراتهم العملية، بما يسهم في تقليل الأعطال والحوادث، وضمان استمرارية التشغيل الآمن والموثوق للمعدّات.

إجراءات تشغيل معدّات الرفع والتنزيل

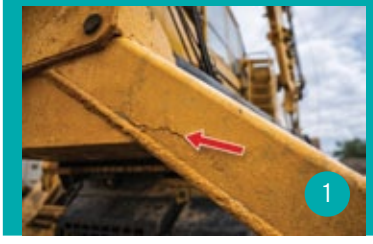
(Operation Procedures of Lifting Equipment)

يُعد التشغيل الصحيح لمعدّات الرفع والتنزيل من العوامل الأساسية التي تضمن سلامة العاملين وكفاءة المعدّات، وتؤكد الخبرات العملية أن أغلب الحوادث والأعطال تعود إلى أخطاء تشغيلية ناتجة عن عدم الالتزام بالإجراءات الصحيحة، وفيما يأتي الإجراءات المتبعة في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل في المراحل الثلاث: قبل التشغيل، وأثناء التشغيل، وبعد الانتهاء من العمل.

إجراءات ما قبل التشغيل (Pre-operational Procedures)

تهدف إجراءات ما قبل التشغيل إلى فحص المعدّة؛ للتأكد من جاهزيتها للعمل دون مخاطر تشغيلية، وتكمن أهمية هذه الإجراءات في الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة، مثل: التسربات أو تلف الأجزاء؛ مما يمنع وقوع حوادث أثناء التشغيل، ويقلل من توقف المعدّة فجأة، ويشمل ذلك فحص الهيكل العام للمعدّة كالآتي:

التأكد من سلامة الهيكل العام، وعدم وجود تشققات، أو تلف.



فحص أنظمة الفرامل والتوجيه.

التأكد من سلامة أنظمة التحكم والتشغيل.

التحقق من مستويات الزيوت والسوائل.

التأكد من وضوح لوحة الحمولة القصوى وعدم تجاوزها.

فحص الخراطيم والأسلاك بحثًا عن أي تسرُّب، أو تلف.

الإجراءات أثناء التشغيل (Operational Procedures)

تتبع معدّات الرفع والتنزيل أثناء التشغيل مجموعة من الإجراءات التي تهدف إلى ضمان سلامة المعدّة والعاملين، وتقليل مخاطر الحوادث الناتجة عن سوء التشغيل أو الإهمال، ويُسهم الالتزام بهذه الإجراءات في الحفاظ على توازن الحمولة واستقرار المعدّة أثناء أداء المهام، بما يضمن التشغيل الآمن والفعّال.

وتشمل هذه الإجراءات ما يأتي:

- **الرفع التدريجي للحمولة:**

يجب رفع الحمولة تدريجيًّا دون حركات مفاجئة، حيث إن الرفع السريع قد يؤدي إلى فقدان التوازن، أو التسبب في ضغط مفاجئ على أجزاء المعدّة، ويشمل ذلك ما يأتي:

- رفع الحمولة ببطء مع المراقبة المستمرة لاستقرارها.
- التوقف فورًا عند ملاحظة أي اهتزاز، أو حركة غير طبيعية.
- التأكد الصحيح من تمركز الحمولة قبل مواصلة الرفع.

- **استقرار الحمولة أثناء التشغيل:**

يعد الحفاظ على استقرار الحمولة أمرًا أساسيًّا لمنع سقوطها أو انزلاقها؛ مما قد يسبب إصابات أو أضرار بالمعدّات، ويشمل ذلك الآتي:

- استخدام وسائل تثبيت مناسبة تتوافق مع نوع الحمولة ووزنها.
- توزيع الوزن توزيعا متوازنا؛ لتجنب الميل أو الانحراف.
- فحص نقاط التثبيت دوريًّا أثناء العمل؛ للتأكد من سلامتها.

- **تجنب الحركات المفاجئة:**

تزيد الحركات المفاجئة من احتمالية فقدان السيطرة على المعدّة، وقد تؤدي إلى حدوث إجهاد ميكانيكي مفاجئ على أجزائها، ويشمل ذلك الآتي:

- تشغيل أدوات التحكم بسلاسة.
- تجنب التسارع، أو التوقف المفاجئ.
- الالتزام الكامل بتعليمات التشغيل الصادرة عن الشركة المصنِّعة.

■ الالتزام بالسرعات المسموح بها:

تشكل السرعات الزائدة داخل موقع العمل خطرًا مباشرًا على سلامة العاملين والمعدّات، خاصة في مواقع الإنشاء المزدحمة، وفيما يأتي الإجراءات المتبعة في هذا الشأن:

- الالتزام بلافتات تحديد السرعة المعتمدة داخل الموقع.
- تخفيض السرعة في مناطق العمل الضيقة ذات الرؤية المحدودة.
- الانتباه المستمر لحركة العمال والمشاة والمعدّات الأخرى.

■ عدم تجاوز الحمولة القصوى:

قد يؤدي تشغيل المعدّة بحمولة أعلى من المسموح بها إلى أعطال خطيرة أو انقلاب المعدّة، وعليه يجب الرجوع إلى دليل التشغيل الخاص بالمعدّة لمعرفة الحمولة القصوى المسموح بها، وعدم الاعتماد على التقدير الشخصي للوزن.

■ تقليل الإجهاد الميكانيكي والهيدروليكي:

قد يؤدي التشغيل المستمر دون مراعاة الحدود التشغيلية للمعدّة إلى تلف في الأنظمة الميكانيكية والهيدروليكية، ولتفادي ذلك يجب الالتزام بما يأتي:

- مراقبة مؤشرات الضغط ودرجة الحرارة.
- منح المعدّة فترات راحة مناسبة عند الحاجة وفقًا لتعليمات التشغيل.
- إيقاف التشغيل فور ملاحظة أي خلل، أو سلوك غير طبيعي.

■ سلامة المشغل والعاملين:

سلامة الأفراد داخل موقع العمل هي أولوية قصوى، ولا يمكن تحقيقها دون الالتزام بإجراءات السلامة المعتمدة، ويشمل ذلك ما يأتي:

- ارتداء معدّات الوقاية الشخصية.
- منع وجود غير المختصين بالقرب من المعدّات العاملة أثناء التشغيل.
- الحفاظ على تواصل واضح بين المشغل وبقية فريق العمل.

إجراءات ما بعد التشغيل (Post-operational Procedures)

بعد الانتهاء من العمل، يجب اتباع مجموعة من الإجراءات التي تضمن ترك المعدّة في وضع آمن وجاهز للاستخدام لاحقًا، وتقلل من احتمالية وقوع حوادث بعد التشغيل، وفيما يأتي أهم الإجراءات المتبعة بعد انتهاء العمل:

1. إنزال الحمولة ووضع المعدّة في وضع آمن:

إنزال الحمولة ببطء وعلى سطح مستوٍ، لتجنب سقوطها أو تحركها غير المتوقع، ويشمل ذلك الآتي:

- التأكد من استقرار الحمولة قبل فصل أدوات التثبيت.
- إيقاف جميع الحركات التشغيلية قبل مغادرة المعدّة.

2. إيقاف المعدّة وفصل مصادر الطاقة:

يسهم الإيقاف الصحيح للمعدّة في منع التشغيل غير المقصود وحماية الأنظمة الداخلية، وعليه يجب الالتزام بالآتي:

- إطفاء المحرك وفق التسلسل الصحيح المعتمد.
- فصل مصادر الطاقة.
- استخدام وسائل الأمان المتوفرة.

3. تنظيف وفحص المعدّة:

يساعد تنظيف المعدّة بعد التشغيل على اكتشاف الأعطال المبكرة، ويمنع تراكم الأوساخ التي قد تؤثر سلبًا في الأداء، ويشمل ذلك الإجراءات الآتية:

- إزالة الأتربة والزيوت وبقايا التشغيل.
- فحص الأجزاء الأساسية بصريًا.
- تسجيل أي ملاحظات، أو أعطال في سجل التشغيل.

4. الصيانة الدورية:

تضمن الصيانة المنتظمة استمرارية العمل بأمان، وتحدّ من الأعطال المفاجئة، إضافة إلى أن الالتزام بجدول الصيانة المعتمد وعدم إهمال الأعطال البسيطة يسهم في إطالة العمر التشغيلي للمعدّة والحفاظ على سلامة موقع العمل.

النظام الهيدروليكي في معدّات الرفع والتنزيل

(Hydraulic System in Lifting Equipment)

يُعد النظام الهيدروليكي من أهم الأنظمة المستخدمة في معدّات الرفع والتنزيل، مثل: الرافعات، والحفارات، والرافعات الشوكية، حيث يُعتمد عليه في تنفيذ عمليات الرفع، والخفض، والإمالة، والتثبيت بدقة وأمان، ويؤدي أي خلل في هذا النظام إلى ضعف الأداء، أو بطء الاستجابة، أو توقف المعدّة بالكامل؛ مما قد يشكل خطرًا على السلامة ويؤثر سلبًا في سير العمل.

مبدأ عمل النظام الهيدروليكي
(Hydraulic System Working Principle)

يُعدّ النظام الهيدروليكي من الأنظمة المهمة في المجال الصناعي، حيث يعتمد على استخدام السائل المضغوط لنقل القدرة والتحكم في الحركة، ويُستخدم هذا النظام على نطاق واسع في الآلات والمعدّات المختلفة؛ لما يتميز به من قوة ودقة في الأداء.

يعتمد النظام الهيدروليكي على قانون باسكال، الذي ينص على أن «الضغط المؤثر على سائل محصور ينتقل بالتساوي في جميع الاتجاهات»، وبفضل هذا المبدأ، يمكن تحويل قوة صغيرة مطبقة على مكبس صغير إلى قوة كبيرة على مكبس أكبر؛ مما يسمح برفع أحمال ثقيلة باستخدام جهد محدود، وأهم مزايا مبدأ عمل النظام الهيدروليكي ما يأتي:

- توليد قوى رفع كبيرة.
- التحكم الدقيق في الحركة.
- حركة سلسة دون اهتزازات مفاجئة.

الزيت الهيدروليكي غير قابل للانضغاط تقريبًا، وهذا ما يجعل نقل القوة دقيقًا وسلسًا مقارنة بالأنظمة الهوائية.

مكوّنات النظام الهيدروليكي (Hydraulic System Components)

يوجد بالنظام الهيدروليكي عدة مكونات أساسية، ولكل منها دورها في تشغيل النظام، وهي على النحو الآتي:

1. خزان الزيت الهيدروليكي (Hydraulic Fluid Tank):

- يُستخدم لتخزين الزيت، وتبريده وفصل الشوائب والهواء.
- يضمن توفر كمية كافية من الزيت للتشغيل.
- يسمح بترسيب الشوائب في قاع الخزان.
- يساعد في توزيع الحرارة الناتجة عن التشغيل.

2. المضخة الهيدروليكية (Hydraulic Pump):

- تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة عن المحرك إلى طاقة هيدروليكية (ضغط وتدفق).
- توفر التدفق اللازم لحركة النظام.
- تحدد سرعة التشغيل.
- قد تكون مضخة تروس أو ريشية أو مكبس.

3. الصمامات الهيدروليكية (Hydraulic Control Valves):

- تتحكم في اتجاه وسرعة وضغط الزيت داخل النظام، ولها عدة أنواع، وهي على النحو الآتي:
  - صمامات التحكم في الاتجاه: تحديد مسار واتجاه الحركة.
  - صمامات التحكم في الضغط: منع زيادة الضغط.
  - صمامات التحكم في التدفق: تنظيم سرعة الحركة.

4. الأسطوانات الهيدروليكية (Hydraulic Cylinders):

- تحول الطاقة الهيدروليكية إلى حركة خطية (رفع وخفض).
- تتحمل الأحمال الثقيلة.
- توفر حركة مستقيمة ودقيقة.
- تُستخدم في عمليات الرفع والتثبيت.

5. المحركات الهيدروليكية (Hydraulic Motors):

- تحول الطاقة الهيدروليكية إلى حركة دورانية.
- تُستخدم في تدوير الأجزاء.
- توفر عزم دوران عالٍ.
- تعمل بسلاسة تحت الأحمال العالية.

6. الخراطيم والوصلات (Lines & Hoses):

- تعمل على نقل الزيت بين مكونات النظام المختلفة.
- يجب أن تتحمل الضغط العالي.
- أي تلف بها قد يؤدي إلى تسرُّب خطير.
- تُفحص بانتظام لمنع الانفجار، أو فقد الضغط.

7. المرشحات (Filters):

- تستخدم لإزالة الشوائب من الزيت الهيدروليكي.
- تحمي الصمامات والمضخة.
- تمنع تآكل المكونات الداخلية.
- تضمن عمرًا أطول للنظام.

صيانة النظام الهيدروليكي (Hydraulic System Maintenance)

تعد الصيانة المنتظمة عنصرًا أساسيًّا للحفاظ على كفاءة النظام وسلامته والحد من الأعطال المفاجئة، وتتضمن أعمال الصيانة الأساسية للنظام الهيدروليكي ما يأتي:

- فحص مستوى الزيت الهيدروليكي بانتظام.
- تغيير الزيت وفق الجدول الزمني المعتمد من الشركة المصنعة.
- تنظيف المرشحات، أو استبدالها عند الحاجة.
- فحص الخراطيم والوصلات؛ للتأكد من عدم وجود تسرُّبات.
- التأكد من سلامة الصمامات والأسطوانات الهيدروليكية.

قد يؤدي تجاهل الصيانة البسيطة إلى أعطال جسيمة وتكاليف إصلاح مرتفعة.

إجراءات السلامة في الأنظمة الهيدروليكية
(Safety Procedures in Hydraulic Systems)

تُعد السلامة في التعامل مع الأنظمة الهيدروليكية أمرًا بالغ الأهمية؛ نظرًا للضغوط العالية التي تعمل تحتها هذه الأنظمة، وتتمثل إجراءات السلامة الأساسية للأنظمة الهيدروليكية فيما يأتي:

دائما ✓

- عدم فك أي جزء والنظام تحت ضغط.
- ارتداء معدّات الوقاية الشخصية.
- عدم استخدام زيت غير مطابق للمواصفات.
- الابتعاد عن الخراطيم أثناء التشغيل.
- إيقاف المعدّة فور ملاحظة تسرُّب أو سماع صوت غير طبيعي.

يُعد النظام الهيدروليكي عنصرًا أساسيًا في معدّات الرفع والتنزيل، حيث يعتمد عليه في تنفيذ الحركات التشغيلية المختلفة بكفاءة وأمان، إضافة إلى أن التشغيل الصحيح إلى جانب الصيانة الدورية يسهمان في ضمان الأداء المستقر والحد من الأعطال، في حين أن الالتزام بإجراءات السلامة المعتمدة يحمي الأفراد والمعدّات ويعزز سلامة بيئة العمل.

صيانة معدّات الرفع والتنزيل

(Maintenance of Lifting Equipment)

تُعد صيانة معدّات الرفع والتنزيل عنصرًا أساسيًا للحفاظ على كفاءة هذه المعدّات وضمان سلامة استخدامها في المواقع الصناعية والإنشائية؛ إذ تعمل المعدّات في ظروف تشغيل صعبة وأحمال ثقيلة؛ مما يجعلها عرضة للتآكل والأعطال مع مرور الوقت، ويؤدي إهمال الصيانة الدورية إلى تراجع مستوى الأداء وزيادة احتمالية الأعطال المفاجئة، الأمر الذي قد يترتب عليه خسائر مادية كبيرة، إضافة إلى تعريض العاملين لمخاطر جسيمة، لذلك فإن الصيانة المنتظمة تُسهم في الآتي:

- ضمان استمرارية العمل.
- تحسين الاعتمادية التشغيلية.
- تقليل التكاليف الناتجة عن الإصلاحات الطارئة.

وتبرز أهمية الصيانة خاصة في جانب السلامة المهنية، إذ تُعد معدّات الرفع والتنزيل من أكثر المعدّات خطورة عند حدوث أي خلل في مكوناتها، فقد يؤدي فشل الأجزاء الميكانيكية أو الأنظمة الهيدروليكية أو الكهربائية إلى فقدان السيطرة على الحِمل أو سقوطه؛ مما يشكل تهديدًا مباشرًا لحياة العاملين، ومن خلال الصيانة الدورية والفحص المنتظم، يمكن اكتشاف العيوب مبكرًا ومعالجتها قبل أن تتطور إلى أعطال خطيرة؛ مما يضمن بيئة عمل آمنة ومتوافقة مع معايير السلامة المعتمدة.

مراحل صيانة معدّات الرفع والتنزيل
(Lifting Equipment Maintenance Phases)

تهدف صيانة معدّات الرفع إلى ضمان التشغيل الآمن وتقليل الأعطال وإطالة عمر المعدّة، وتُجرى الصيانة وفقًا للمراحل الآتية:

1. **الفحص الأولي:** التأكد من الحالة العامة للمعدّة ومعاينة الأجزاء الظاهرة، مثل: الهياكل المعدنية والحبال أو السلاسل والخطافات، ويهدف هذا الفحص إلى الكشف عن أي تشققات أو تآكل أو تشوهات قد تؤثر في قدرة المعدّة على تحمل الأحمال، ويكون بالانتباه إلى أي أصوات غير طبيعية أثناء التشغيل، والتي قد تُشير إلى وجود خلل داخلي يحتاج إلى تدخل فني.

2. **فحص الأجزاء الميكانيكية المتحركة:** تُجرى هذه الخطوة بعد الفحص الأولي، وتشمل الأجزاء المتحركة من المعدّات، مثل: التروس، والمحاور، والمحامل، وأنظمة الفرامل، مع الحرص على تشحيمها بالمواد المناسبة لتقليل الاحتكاك والتآكل، وتُسهم هذه الخطوة في تحسين سلاسة الحركة والحفاظ على كفاءة الأداء، إضافة إلى إطالة العمر التشغيلي للمعدّة.

3. **فحص مستوى الزيت وجودته:** في حال كانت المعدّة تعتمد على نظام هيدروليكي، يُفحص مستوى الزيت؛ للتأكد من خلو النظام من التسرُّبات، مع فحص الخراطيم والصمامات والمضخات؛ لأن أي خلل في هذا النظام قد يؤدي إلى ضعف في الرفع أو فقدان التحكم.

4. **فحص الأنظمة الكهربائية وأنظمة التحكم:** التأكد من سلامة التوصيلات والأسلاك والمفاتيح وأجهزة الأمان، ويُعد التأكد من كفاءة أنظمة الإيقاف والطوارئ خطوة ضرورية لمنع الحوادث في حال حدوث أي خلل مفاجئ أثناء التشغيل، ويساعد هذا الفحص على ضمان استجابة المعدّة للأوامر التشغيلية في مختلف ظروف العمل.

5. **إجراء اختبار تشغيلي للمعدّة:** بعد الانتهاء من أعمال الصيانة، يُجرى الاختبار التشغيلي عن طريق تشغيل المعدّة دون حِمل ثم بحِمل تدريجي؛ وذلك للتأكد من أن جميع الأنظمة تعمل بكفاءة وأمان، وتُعد هذه المرحلة ضرورية للتحقق من نجاح أعمال الصيانة واكتشاف أي مشاكل قد تظهر أثناء التشغيل الفعلي.

6. **توثيق جميع أعمال الصيانة في سجلات خاصة:** تتضمن تاريخ الصيانة والملحوظات الفنية والإجراءات المتخذة؛ مما يساعد في تنظيم الصيانة المستقبلية وضمان الاستمرارية في الحفاظ على سلامة وكفاءة معدّات الرفع والتنزيل.

أنواع الصيانة في معدّات الرفع والتنزيل
(Types of Maintenance in Lifting Equipment)

تنقسم صيانة معدّات الرفع والتنزيل إلى عدة أنواع، ويُعد فهم هذه الأنواع أمرًا أساسيًا لتنظيم أعمال الصيانة وضمان كفاءة المعدّة وسلامة استخدامها، وتشمل الأنواع الآتية:

1. الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)

هي الصيانة الدورية التي تُجرى وفق جدول زمني محدد، بغض النظر عن وجود عطل من عدمه، وتهدف إلى منع الأعطال قبل حدوثها، وتقليل الأعطال المفاجئة، وإطالة العمر التشغيلي للمعدّة، وتحسين مستوى السلامة، وتشمل الإجراءات الآتية:

- الفحص الدوري للمكونات الميكانيكية والهيدروليكية.
- تشحيم الأجزاء المتحركة.
- فحص مستويات الزيوت والسوائل.
- شدّ البراغي والوصلات.
- استبدال القطع المستهلكة قبل تلفها.

2. الصيانة التصحيحية (Corrective Maintenance)

تُجرى بعد حدوث العطل، وتهدف إلى إعادة المعدّة إلى حالتها التشغيلية الطبيعية، ولكن الاعتماد المفرط على هذا النوع من الصيانة يزيد التكاليف ويؤثر سلبًا في السلامة، ويشمل هذا النوع من الصيانة الإجراءات الآتية:

- تحديد سبب العطل.
- استبدال أو إصلاح الجزء التالف.
- اختبار المعدّة بعد الإصلاح.

3. الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance)

تعتمد على مراقبة حالة المعدّة باستخدام البيانات، أو المؤشرات التشغيلية التي تُستخدم للتنبؤ بالأعطال قبل وقوعها، والتي تشمل ما يأتي:

- الاهتزازات.
- درجات الحرارة.
- ضغط النظام الهيدروليكي.
- أصوات التشغيل غير الطبيعية.

جدول الصيانة الدورية لمعدّات الرفع والتنزيل
(Periodic Maintenance Schedule for Lifting Equipment)

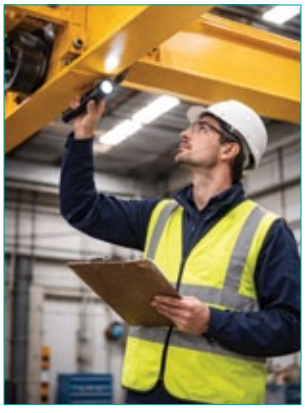
يجب الالتزام بجدول صيانة منتظم وفق توصيات الشركة المصنّعة، ويمكن تقسيمه على النحو الآتي:

الصيانة اليومية	الصيانة الأسبوعية	الصيانة الشهرية	الصيانة السنوية
■ الفحص البصري العام للمعدّة. ■ التأكد من عدم وجود تسربات. ■ فحص أدوات الرفع (الخطافات، والسلاسل، والحبال). ■ التأكد من سلامة أنظمة التحكم.	■ تشحيم الأجزاء المتحركة. ■ فحص نظام الفرامل. ■ التحقق من ضغط النظام الهيدروليكي.	■ فحص جودة الزيت الهيدروليكي. ■ تنظيف أو استبدال المرشحات. ■ فحص الخراطيم والوصلات بدقة.	■ الفحص الشامل للمعدّة. ■ اختبار الحمولة. ■ معايرة أنظمة الأمان. ■ استبدال الأجزاء المستهلكة.

صيانة الأجزاء الرئيسية في معدّات الرفع والتنزيل
(Maintenance of Key Components in Lifting Equipment)

يساعد الفحص البصري للأجزاء الرئيسية في معدّات الرفع والتنزيل على اكتشاف أي تلف أو خلل وصيانتها، ويُسهم هذا الفحص في ضمان سلامة التشغيل ومنع الحوادث والحفاظ على المعدّات في حالة جيدة قبل وأثناء الاستخدام، وفيما يأتي أهم هذه الأجزاء وإجراءات صيانتها:

1. **الهيكل المعدني:**
   - فحص الشقوق والتآكل.
   - التأكد من عدم وجود تشوهات ناتجة عن الأحمال الزائدة.
   - معالجة الصدأ وإعادة الطلاء عند الحاجة.



2. أدوات الرفع (السلاسل، والحبال، والخطافات):

- التأكد من عدم وجود تمدد أو تشققات.
- استبدال أي أداة تظهر عليها علامات إجهاد.
- عدم استخدام أدوات رفع غير مطابقة للمواصفات.

3. نظام الفرامل:

- التأكد من كفاءة الاستجابة.
- فحص تآكل بطانات الفرامل.
- اختبار التوقف الآمن تحت الحِمل.

الأخطاء الشائعة في صيانة معدّات الرفع والتنزيل
(Common Mistakes in Lifting Equipment Maintenance)

عند صيانة معدّات الرفع والتنزيل غالبًا ما تحدث العديد من الأخطاء الشائعة التي يجب تجنبها، ومن الأمثلة عليها ما يأتي:

- تجاهل الأصوات أو الاهتزازات غير الطبيعية.
- استخدام زيوت أو قِطع غير معتمدة.
- عدم توثيق أعمال الصيانة.
- تأجيل الإصلاحات البسيطة حتى تتفاقم.

توثيق الصيانة وسجلات التشغيل
(Maintenance Documentation and Operation Records)

يُعد سجل الصيانة جزءًا أساسيًّا من إدارة معدّات الرفع والتنزيل، حيث يساعد على تتبُّع حالة المعدّة، والتخطيط للصيانة المستقبلية، والالتزام بمعايير السلامة والجودة، ويجب أن يشمل سجل الصيانة ما يأتي:

- تاريخ الصيانة.
- نوع الصيانة المنفذة.
- الأجزاء التي فُحِصت أو اُستبدِلت.
- اسم الفني المسؤول.
- الملحوظات الفنية.

تُعد الصيانة الدورية والمنهجية لمعدّات الرفع والتنزيل عاملًا أساسيًّا في الحفاظ على كفاءتها التشغيلية، وضمان سلامة العاملين والموقع، ومن خلال الالتزام بأنواع الصيانة المختلفة، واتباع الجداول الزمنية المحددة، وتوثيق جميع الأعمال المنفذة، يمكن الحد من الأعطال والحوادث وتحقيق تشغيل آمن ومستدام لمعدّات الرفع والتنزيل.

تشخيص الأعطال الشائعة في معدّات الرفع والتنزيل

(Diagnosis of Common Failures in Lifting Equipment)

يُعد تشخيص الأعطال في معدّات الرفع والتنزيل خطوة أساسية لضمان استمرارية التشغيل الآمن والفعّال، حيث يُسهم الاكتشاف المبكر للأعطال في تقليل المخاطر التشغيلية، ومنع تفاقم المشكلات الفنية، وتتنوع الأعطال بين تشغيلية وهيدروليكية وميكانيكية، ولكل منها مؤشرات واضحة تساعد على تحديد سبب الخلل، واتخاذ الإجراء المناسب في الوقت المناسب، وتنقسم هذه الأعطال إلى أعطال تشغيلية عامة، وأعطال هيدروليكية.

الأعطال التشغيلية العامة (General Operational Failures)

تظهر الأعطال التشغيلية العامة غالبًا أثناء استخدام المعدّة، وتُعد من أوضح المؤشرات على وجود خلل داخلي يؤثر في الأداء والكفاءة التشغيلية، ومن الأمثلة على هذه الأعطال ما يأتي:

- **ضعف القدرة على الرفع:**

  يشير عادةً إلى تآكل في الأجزاء الميكانيكية، أو خلل في النظام الهيدروليكي، أو تجاوز الحمولة المسموح بها، ويؤدي هذا الخلل إلى عدم قدرة المعدّة على أداء مهامها بكفاءة؛ مما يستدعي إيقاف التشغيل، وإجراء الفحص والصيانة.

- **الاهتزاز أو عدم استقرار الحمولة:**

  يُعد مؤشرًا خطيرًا على وجود خلل في التوازن، أو في مكونات الرفع، مثل: الحبال، أو السلاسل، أو المحاور، وقد يكون سببه أيضًا عدم التثبيت الصحيح للحمولة، أو وجود عيوب في نظام التوجيه؛ مما يزيد من احتمالية وقوع الحوادث.

- **التوقف المفاجئ أثناء التشغيل:**

قد ينتج عن خلل كهربائي، أو ارتفاع درجة حرارة أحد المكونات، أو تفعيل أنظمة الحماية نتيجة الحِمل الزائد، ويُعد هذا التوقف إنذارًا يستوجب الفحص الدقيق قبل إعادة تشغيل المعدّة.

- **صدور أصوات غير طبيعية:**

مثل: الاحتكاك، أو الطرق، أو الصفير، وغالبًا ما تدل على تآكل في التروس أو المحامل، أو نقص في التشحيم، أو وجود أجزاء مفكوكة، ويُعد تجاهل هذه الأصوات من الأخطاء الشائعة التي قد تؤدي إلى أعطال أكبر وأكثر تكلفة.

الأعطال الهيدروليكية الشائعة
(Common Hydraulic Failures)

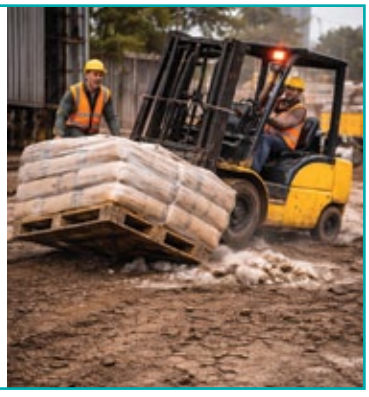
تُعد الأعطال الهيدروليكية من أكثر الأعطال شيوعًا في معدّات الرفع والتنزيل؛ نظرًا لطبيعة العمل تحت ضغط عالٍ، ومن الأمثلة على هذه الأعطال ما يأتي:

- **تسرُّب الزيت الهيدروليكي:**

يُعد من أبرز المؤشرات على وجود خلل، حيث يؤدي فقدان الزيت إلى انخفاض كفاءة النظام وعدم قدرته على توليد الضغط اللازم لعمليات الرفع والتنزيل، ويشكل التسرُّب خطرًا على السلامة والبيئة المحيطة.

- **ارتفاع درجة حرارة الزيت:**

يدل غالبًا على زيادة الاحتكاك داخل النظام، أو التشغيل المستمر دون فترات راحة كافية؛ مما يؤدي إلى تدهور خصائص الزيت وانخفاض كفاءة النظام الهيدروليكي.



- **انخفاض ضغط النظام الهيدروليكي:**

يؤدي إلى بطء حركة الأسطوانات أو ضعف قدرتها على الرفع، وقد يكون ناتجًا عن تلف المضخة، أو وجود تسرُّب داخلي، أو انسداد في خطوط الزيت، ويظهر هذا الخلل بوضوح من خلال بطء استجابة المعدّة للأوامر التشغيلية.

- **بطء حركة الأسطوانات الهيدروليكية:**

يشير إلى وجود مشكلة في تدفق الزيت، وقد يكون سببه انسداد المرشحات، أو تدهور جودة الزيت، أو تآكل الصمامات.

الأسباب المحتملة للأعطال الهيدروليكية
(Possible Causes of Hydraulic Faults)

تتعدد أسباب الأعطال الهيدروليكية، ومن أبرزها ما يأتي:

- تلف الخراطيم أو الوصلات نتيجة الضغط العالي أو التقادم الزمني؛ مما يؤدي إلى تسرُّب الزيت، أو انخفاض الضغط.
- انسداد المرشحات، وهو ما يعيق التدفق السلس للزيت ويؤثر سلبًا في أداء النظام.
- تآكل المضخة الهيدروليكية؛ مما يسبب ضعف الضغط وعدم استقرار الأداء.
- انخفاض مستوى الزيت أو تلوثه بالشوائب، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الاحتكاك وارتفاع درجة الحرارة وتسريع تلف المكونات الداخلية.

الدرس الخامس

إجراءات السلامة أثناء التشغيل والصيانة

(Safety Procedures During Operation & Maintenance)

تُعد السلامة المهنية جزءًا أساسيا من عمليات تشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل؛ نظرًا لما تنطوي عليه هذه المعدّات من مخاطر مرتبطة بالأحمال الثقيلة، والحركات الميكانيكية، والأنظمة الهيدروليكية والكهربائية، ويُسهم الالتزام بإجراءات السلامة المعتمدة إلى تقليل احتمالية وقوع الحوادث، وحماية الأرواح والممتلكات، وضمان استمرارية العمل بكفاءة عالية، وتُعزز هذه الإجراءات وعي العاملين بالمخاطر المحتملة وطرق التعامل معها، وتساعد على توفير بيئة عمل آمنة ومنظمة.

وتكمن أهمية هذه الإجراءات في دورها المباشر في الحد من الحوادث وحماية الأرواح والمعدّات، حيث إن الالتزام بقواعد السلامة أثناء التشغيل يقلل من الأعطال الناتجة عن سوء الاستخدام، ويضمن أداءً آمنًا ومستقرًا لمعدّات الرفع والتنزيل.

إجراءات السلامة أثناء التشغيل
(Safety Procedures During Operation)

تشمل إجراءات السلامة أثناء تشغيل معدّات الرفع والتنزيل الآتي:

1. الالتزام الصارم بالحمولة القصوى المسموح بها وفقًا لتعليمات الشركة المصنّعة، حيث إن تجاوز هذه الحدود قد يؤدي إلى فشل ميكانيكي، أو فقدان السيطرة على الحمولة.
2. يُعد استخدام معدّات الوقاية الشخصية، مثل: الخوذ الواقية، والأحذية الواقية، والقفازات، أمرًا ضروريًا لحماية العاملين من الإصابات المحتملة أثناء التشغيل.
3. يجب الحفاظ على مسافات أمان مناسبة بين المعدّة والعاملين أو المعدّات الأخرى، خاصة أثناء عمليات الرفع والتنزيل، لتقليل خطر الاصطدام أو سقوط الأحمال.
4. التأكد من تثبيت الحمولة الصحيح والمتوازن قبل البدء بالرفع، مع استخدام وسائل الربط المعتمدة؛ لأن أي خلل في تثبيت الحمولة قد يؤدي إلى اهتزازها، أو سقوطها أثناء الحركة.

عامل يدوّن الحد الآمن والأقصى للحمولة

إجراءات السلامة أثناء الصيانة
(Safety Procedures During Maintenance)

تتطلب أعمال صيانة معدّات الرفع والتنزيل مستوى عالٍ من إجراءات السلامة؛ نظرًا لما قد تنطوي عليه من مخاطر إضافية أثناء التعامل مع الأجزاء الداخلية للمعدّة، وتتمثل هذه الإجراءات في الآتي:

دائما ✓

1. الفصل الكامل لمصادر الطاقة الكهربائية والميكانيكية والهيدروليكية قبل الشروع في أعمال الصيانة؛ وذلك لمنع التشغيل غير المقصود أثناء العمل.
2. تفريغ الضغط من الأنظمة الهيدروليكية، والتأكد من استقرار جميع الأجزاء المتحركة قبل البدء في الصيانة.
3. تطبيق نظام القفل والعلامات التحذيرية (Lockout/Tagout) من أهم إجراءات السلامة، حيث يضمن عدم إعادة تشغيل المعدّة أثناء وجود فنيين يعملون عليها.
4. يجب استخدام الأدوات المناسبة واتباع تعليمات الصيانة المعتمدة لتجنب الإصابات أو تلف المكونات.

عامل يتأكد من فصل الطاقة كُليًا

أسئلة الوحدة

1. كيف يسهم الالتزام بإجراءات التشغيل الصحيحة لمعدّات الرفع والتنزيل في تقليل الحوادث؟
2. اذكر خمس خطوات للفحص قبل تشغيل مركبة الرفع والتنزيل.
3. ماذا يجب أن يفعل المشغل لضمان استقرار الحمولة أثناء التشغيل؟
4. ما الإجراءات التي يجب اتباعها بعد الانتهاء من تشغيل المعدّات لضمان جاهزيتها للاستخدام لاحقًا؟
5. فسّر مبدأ عمل النظام الهيدروليكي في معدّات الرفع والتنزيل باستخدام قانون باسكال.
6. اذكر المكونات الأساسية للنظام الهيدروليكي ووظيفة كل مكوّن.
7. ميّز بين أنواع الصمامات الهيدروليكية ودور كل منها (الضغط، والاتجاه، والسرعة).
8. ما دور النظام الهيدروليكي في عمليات الرفع والخفض والإمالة وتثبيت الحمولة؟
9. اذكر إجراءات السلامة الأساسية عند التعامل مع الأنظمة الهيدروليكية.
10. لماذا تُعد الصيانة الدورية لمعدّات الرفع والتنزيل ضرورية لتحسين الأداء وضمان السلامة المهنية؟
11. رتب خطوات صيانة المعدّات الأساسية بدءًا من الفحص الأولي إلى التوثيق في السجلات.
12. اشرح الفرق بين الصيانة الوقائية، والتصحيحية، والتنبؤية، وحدد الهدف من كل نوع.
13. كيف يكون فحص وصيانة الأجزاء الرئيسية، مثل: الهيكل المعدني، وأدوات الرفع، ونظام الفرامل؟
14. ما الأخطاء الشائعة أثناء الصيانة وكيف يمكن تجنبها؟
15. لماذا يُعد توثيق أعمال الصيانة في السجلات مهمًا، وكيف يُستخدم في التخطيط المستقبلي وضمان السلامة؟
16. اذكر أنواع الأعطال الشائعة في معدّات الرفع والتنزيل ومؤشرات كل نوع.
17. ما الأسباب المحتملة للأعطال التشغيلية والهيدروليكية عند ظهور مؤشرات، مثل: ضعف الرفع، والاهتزاز، والتوقف المفاجئ، أو تسرب الزيت؟
18. اشرح إجراءات السلامة أثناء تشغيل معدّات الرفع والتنزيل.
19. اشرح إجراءات السلامة أثناء صيانة المعدّات، بما في ذلك استخدام نظام القفل والعلامات التحذيرية.

الوحدة الثالثة

المحاكاة والنمذجة في عمليات الرفع والتنزيل

Simulation and Modeling in Lifting Operations

محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

مقدمة في محاكاة عمليات الرفع والتنزيل

(Introduction to Simulation in Lifting Operations) 74

الدرس الثاني

إنشاء بيئة رفع افتراضية

(Creating a Virtual Lifting Environment) 81

الدرس الثالث

محاكاة مناولة الأحمال

(Simulating Load Handling) 85

الدرس الرابع

تقييم المخاطر واتخاذ القرارات في عمليات الرفع والتنزيل

(Risk Assessment and Decision Making in Lifting Operations using Simulation) 91

أسئلة الوحدة 98

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يتعرف مفهوم المحاكاة ودورها في عمليات الرفع والتنزيل.
- يشرح أهمية المحاكاة والنمذجة ودورها في رفع كفاءة عمليات الرفع والتنزيل وتعزيز السلامة.
- يحدد عناصر بيئة المحاكاة ووظيفتها.
- يصف الأخطاء الشائعة التي قد تحدث أثناء المَحاكاة.
- يميز بين بيئات المحاكاة الواقعية والافتراضية من حيث الخصائص والاستخدامات.
- يعدد أنواع المحاكاة المستخدمة في عمليات الرفع والتنزيل مع ذكر أمثلة عملية لكل نوع.
- يشرح تطبيقات المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل.
- يحدد فوائد وقيود استخدام المحاكاة في تخطيط وتنفيذ أنشطة الرفع.
- يتعرّف أساسيات ومراحل إنشاء بيئة رفع افتراضية.
- يشرح مفهوم محاكاة مناولة الأحمال ودورها في دراسة سلوك الحمولة والمعدّات.
- يحدد المكوّنات الأساسية لمحاكاة الرفع ووظيفة كل مكوّن.
- يحلل العوامل المؤثرة في استقرار الحمولة وسلوكها أثناء الرفع.
- يطبق خطوات إنشاء محاكاة مناولة الأحمال.
- يربط نتائج المحاكاة بتطبيقاتها في التدريب، والسلامة، والتصميم الهندسي.
- يشرح أهمية المخاطر في عمليات الرفع والتنزيل ودور المحاكاة في اختبار السيناريوهات بأمان.
- يحدّد أنواع المخاطر في بيئة المحاكاة.
- يطبّق خطوات تقييم المخاطر باستخدام المحاكاة.
- يشرح أدوات وأساليب تقييم المخاطر في بيئة المحاكاة.
- يتدرّب على محاكاة اتخاذ القرارات أثناء الرفع في الوقت الفعلي مع مراعاة السلامة والكفاءة.
- يقيم فعالية المحاكاة في تحسين الأداء وتعزيز السلامة قبل التدريب الميداني.
- يحدد القرارات التشغيلية الآمنة بناءً على نتائج المحاكاة وتحليل المخاطر.
- يتعاون ضمن فريق لتقييم المخاطر واتخاذ قرارات واقعية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تزويد الطلبة بالمعرفة والمهارات الأساسية لاستخدام تقنيات المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل، وتركز على توظيف أنظمة المحاكاة كوسيلة تعليمية وتدريبية آمنة تمكّن المتدربين من ممارسة تشغيل الرافعات والتعامل مع الأحمال في بيئة خالية من المخاطر، مما يساعدهم على فهم سلوك المعدّات واستجابتها في ظروف تشغيلية متنوعة دون تعريض الأفراد أو المعدّات لأي مخاطر محتملة، قبل الانتقال إلى التطبيق العملي الفعلي.

مقدمة في محاكاة عمليات الرفع والتنزيل

(Introduction to Lifting Operations Simulation)

المحاكاة هي إنشاء نموذج يمثل نظامًا أو عملية حقيقية بطريقة يمكن اختبارها وملاحظتها دون تنفيذ العملية الفعلية بالكامل، وتُعد المحاكاة من الأدوات الحديثة والفعّالة في مجال التدريب وإدارة المخاطر خاصة في عمليات الرفع التي تتطلب مستوى عالٍ من الدقة والتنسيق بين عدة أطراف، ومن خلال تقنيات المحاكاة يمكن إعادة إنشاء بيئات عمل واقعية باستخدام برامج أو نماذج رقمية تمثل المعدّات والأحمال والعوامل المحيطة.

وتكمن أهمية المحاكاة في المجال الصناعي في الآتي:

- **تعزيز السلامة المهنية:**
  تمكّن المحاكاة من ارتكاب الأخطاء والتعلّم منها دون التعرّض لأي حوادث حقيقية.
- **خفض التكاليف:**
  تساعد على تقليل استهلاك المعدّات والوقود والوقت أثناء التدريب الفعلي.
- **رفع كفاءة التعلّم:**
  تتيح التدريب في بيئات متنوعة وسيناريوهات متكرّرة تعكس ظروف العمل الحقيقية.
- **تعزيز الثقة الذاتية:**
  تمنح القدرة على اكتساب مهارة تشغيل المعدّات بثقة قبل التطبيق الفعلي.
- **تحسين كفاءة الأداء:**
  تسهم في رفع جودة الأداء من خلال إتاحة تقييم دقيق يستند إلى بيانات رقمية يمكن تحليلها وتطويرها.

المحاكاة (Simulation):
هي التعلّم بالممارسة دون التعرّض للخطر .

عناصر بيئة المحاكاة (Simulation Environment Elements)

تتكون بيئة المحاكاة من مجموعة عناصر تُهيّئ الظروف المشابهة لبيئة العمل الحقيقية في المستودعات ومراكز المناولة، وتساعد على تحقيق أهداف التعلم أو التدريب، ويساعد تكامل هذه العناصر على إنشاء بيئة محاكاة فعّالة تُسهم في التعلم الآمن، والتدريب الواقعي، واتخاذ القرارات السليمة، ومن أهم عناصر بيئة المحاكاة ما يأتي:

1. **النموذج** (Model):
هو التمثيل الافتراضي للنظام أو الظاهرة المراد محاكاتها، ويعكس خصائصها وسلوكها في الواقع.

2. **الأهداف** (Goals):
تُحدَّد الأهداف التعليمية أو التدريبية التي تسعى المحاكاة إلى تحقيقها، مثل اكتساب مهارة أو فهم مفهوم معيّن.

3. **السيناريوهات** (Scenarios):
هي المواقف أو الحالات المختلفة التي يتعرض لها المتدرب أثناء المحاكاة، وقد تكون ثابتة أو متغيرة حسب الأداء.

4. **المدخلات** (Inputs):
تشمل البيانات أو الأوامر التي يُدخلها المستخدم للتفاعل مع نظام المحاكاة.

5. **المخرجات** (Outputs):
هي النتائج أو الاستجابات التي تنتج عن تفاعل المستخدم مع المحاكاة، مثل تقارير أو رسومات أو قرارات.

6. **التغذية الراجعة** (Feedback):
تُقدّم للمستخدم معلومات فورية أو لاحقة عن أدائه، مما يساعده على تصحيح الأخطاء وتحسين المهارات.

7. **واجهة التفاعل** (User Interface):
هي الوسيلة التي يتفاعل من خلالها المستخدم مع بيئة المحاكاة، مثل الشاشات أو الأدوات الرقمية أو الواقع الافتراضي.

8. **قواعد وضوابط المحاكاة** (Simulation Rules & Regulations):
تحدد القوانين والحدود التي تعمل ضمنها المحاكاة لضمان دقة النتائج وواقعيتها.

الأخطاء الشائعة أثناء المحاكاة
(Common Mistakes During Simulation)

من أهم الأخطاء الشائعة أثناء المحاكاة ما يأتي:

1. **إهمال قواعد السلامة:** مثل عدم ارتداء أدوات الحماية أو تجاهل تعليمات المدرب.
2. **رفع الأوزان بشكل خاطئ:** استخدام الظهر بدل الركبتين أو ثني الجسم بشكل غير صحيح.
3. **سرعة التنفيذ:** محاولة رفع الأوزان بسرعة دون التركيز على التقنية الصحيحة.
4. **قلة التركيز والانتباه:** الانشغال بالأشياء المحيطة أو تجاهل خطوات المحاكاة.
5. **عدم الالتزام بالسيناريوهات:** تخطي خطوات المحاكاة أو تعديلها بشكل غير مدروس.
6. **الإرهاق الزائد:** محاولة رفع أوزان أكبر من القدرة الفعلية قبل اكتساب المهارة.
7. **عدم الاستفادة من التغذية الراجعة:** تجاهل ملاحظات المدرب وعدم تصحيح الأخطاء.

بيئات المحاكاة الواقعية والمحاكاة الافتراضية
(Realistic and Virtual Simulation Environments)

يتمثل الهدف الأساسي للمحاكاة في تحديد مستوى الدقة والاعتمادية المطلوبة لتقييم أداء عمليات الرفع والتنزيل من خلال فهم الفروق بين بيئة التدريب أو الاختبار الحقيقية (الواقعية) والبيئة المبنية بالحاسوب (الافتراضية).

ويوضح الجدول الآتي الفروق الأساسية بين هذين النوعين من المحاكاة من حيث بيئة التدريب والإحساس الحركي والتكلفة والمرونة والهدف التدريبي:

العنصر	بيئة المحاكاة الواقعية (Realistic Simulation Environment)	بيئة المحاكاة الافتراضية (Virtual Simulation Environment)
البيئة التدريبية	مقصورة حقيقية مزوّدة بأذرع تحكّم ومقاعد متحركة تحاكي المعدّات الفعلية.	بيئة رقمية تعتمد على نظارات الواقع الافتراضي أو شاشات عرض تفاعلية.
الإحساس الحركي	يشعر المتدرّب بالاهتزازات والحركة وكأنه داخل المعدّة الحقيقية.	يعتمد على التفاعل البصري والصوتي دون الإحساس الفيزيائي المباشر.
التكلفة	مرتفعة نسبيًا بسبب الأجهزة والمكوّنات المادية.	أقل تكلفة، وأسهل في الصيانة والنقل.
المرونة	محدودة بنوع واحد من المعدّات أو المهام.	يمكن تغيير أنواع المعدّات والسيناريوهات بسهولة.
الهدف التدريبي	مناسبة لتدريب المهارات الدقيقة والمستويات المتقدمة.	مناسبة للتدريب النظري والمبدئي وبناء المهارات الأساسية.

أنواع المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل
(Types of Simulation in Lifting Operations)

بعد توضيح الفروق بين بيئات المحاكاة الواقعية والافتراضية، يمكن تصنيف المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل إلى عدة أنواع تختلف في أسلوب التطبيق ودرجة الدمج بين العناصر الفيزيائية والرقمية.

ويوضح الجدول الآتي أنواع المحاكاة وأشكالها الواقعية أو الافتراضية مع أمثلة عملية في عمليات الرفع والتنزيل:

نوع المحاكاة	الوصف	بيئة المحاكاة	أمثلة في عمليات الرفع
المحاكاة الفيزيائية	نموذج حقيقي مصغر	واقعية	نموذج رافعة صغيرة يرفع صناديق خفيفة.
المحاكاة الرقمية/ البرمجية	برنامج يحاكي النظام	افتراضية	برنامج يحاكي رفع حمولة، ويعرض السرعة والقوة والزمن.
المحاكاة المختلطة	دمج نموذج فيزيائي مع رقمي	واقعية + افتراضية	جزء من النظام نموذج مصغر، وجزء آخر محاكاة رقمية.
المحاكاة التفاعلية	واجهة تحكم تتيح التفاعل المباشر	افتراضية أو مختلطة حسب التنفيذ	لوحة تحكم افتراضية تسمح برفع وخفض الحمولة ومراقبة النتائج.

تطبيقات المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل
(Applications of Simulation in Lifting Operations)

تُستخدم المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل لتجربة وتحليل الأداء بأمان قبل التطبيق الفعلي، وتقليل المخاطر والخسائر، ومن أبرز تطبيقاتها ما يأتي:

1. **المحاكاة في التدريب المهني:**

تستخدم المحاكاة في مراحل التدريب المهني على النحو الآتي:

أ. **المرحلة النظرية:**

- دراسة إجراءات وقواعد السلامة المهنية في عمليات الرفع والتنزيل.
- تعرُّف جداول الأحمال وطرق قراءتها.
- فهم المبادئ الأساسية في الفيزياء ذات الصلة بعمليات الرفع والتحريك.

ب. **المرحلة التطبيقية (المحاكاة):**

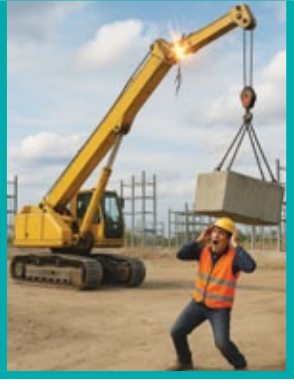
- تنفيذ مهام الرفع والتحريك المتنوعة ضمن بيئة افتراضية آمنة تحاكي الواقع العملي.

ج. **المرحلة الميدانية:**

- تطبيق المهارات المكتسبة في مواقع العمل الفعلية بعد اجتياز تقييم الأداء في بيئة المحاكاة.

2. المحاكاة في السلامة المهنية:

تُستخدم المحاكاة لتجربة مواقف خطِرة يصعب تنفيذها في الواقع لأسباب تتعلق بالأمان أو التكلفة، ويوضح الجدول الآتي بعض هذه المواقف الخطِرة:

الموقف الخطر	شكل توضيحي	الوصف
العمل في ظروف رياح قوية		الرياح القوية تجعل التحكم في الحمولة أكثر صعوبة، وقد تتسبب في تأرجحها بشكل خطير وزيادة احتمال سقوط الحمولة، وفقدان السيطرة على الرافعة، وحوادث قد تمس العاملين والموقع.
رفع الأحمال بالقرب من خطوط الكهرباء		اقتراب معدّات الرفع أو الحمولة من خطوط الكهرباء يعرّض العاملين لخطر الصعق الكهربائي، وقد يؤدي ذلك إلى حوادث خطيرة تشمل إصابات قاتلة، وتلف المعدّات، وتوقف العمل.
التحكّم في المعدّات داخل أماكن ضيّقة أو مزدحمة		العمل في مناطق محدودة المساحة يقلل من حرية الحركة، ويزيد من صعوبة المناورة والتحكم، وقد يصدر عن ارتفاع احتمالية اصطدام الحمولة بالمباني أو المعدّات، وزيادة مخاطر سحق العاملين أو وقوع تلف.
التعامل مع أعطال مفاجئة أثناء الرفع		قد تتعرض المعدّات لتوقف مفاجئ أو فشل ميكانيكي أثناء رفع الحمولة، ويمكن أن يؤدي ذلك إلى سقوط الحمولة أو ارتباك العاملين، مع احتمالية وقوع إصابات أو أضرار مادية.

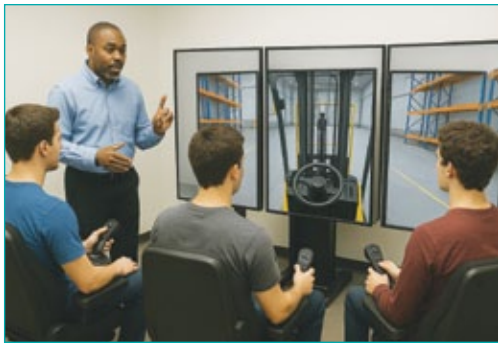
3. المحاكاة في تقييم الأداء وإعادة التأهيل:

تمكن المحاكاة الحديثة من إجراء تقييم رقمي وموضوعي لأداء المشغلين من خلال مؤشرات متعددة، ويُستفاد من نتائج هذا التقييم لإعادة تأهيل المشغّلين بعد الحوادث أو عند تجديد تراخيصهم المهنية، وتشمل الآتي:

- عدد الأخطاء والتنبيهات التي تسجل أثناء تنفيذ المهام.
- مستوى دقة المناورة والتحكّم في المعدّات.
- مدى الالتزام بمعايير السلامة.
- سرعة إنجاز المهام دون تجاوز الحدود الآمنة.

4. المحاكاة في تقليل الأخطاء وزيادة الكفاءة:

من خلال محاكاة العمليات قبل التنفيذ الفعلي، يمكن تحديد النقاط الحرجة في الخطة واختبارها افتراضيًا، مما يسهم في تقليل الأخطاء البشرية والفنية، كما تتيح المحاكاة تدريب الفِرَق على التعامل مع المواقف الصعبة أو الطارئة دون تعريضهم لأي مخاطر حقيقية، الأمر الذي يرفع من جاهزيتهم وكفاءتهم العملية، ومن أمثلتها التطبيقية ما يأتي:



- استخدام برامج المحاكاة لاختبار حركة الرافعة في موقع العمل لتجنب الاصطدام بالعوائق.
- تدريب المشغلين على محاكات الرافعات لاكتساب مهارات التحكم الدقيق بالحِمل وتوزيع الوزن.
- تحليل أثر ظروف الطقس أو سرعة الرياح على استقرار الرفع قبل التنفيذ.

إنشاء بيئة رفع افتراضية

(Creating a Virtual Lifting Environment)

تُعدّ بيئات الرفع الافتراضية من أحدث التقنيات في مجالات هندسة الرافعات والسلامة الصناعية وتدريب المشغلين، إذ تتيح هذه البيئات تنفيذ عمليات رفع رقمية تحاكي الواقع بدقة عالية دون تعريض الأفراد أو المعدّات لأي مخاطر، ويعتمد نجاح هذه البيئة على مدى دقة النمذجة الفيزيائية، وواقعية التصوير، وتكامل أنظمة التحكم والمحاكاة الزمنية.

أساسيات إنشاء بيئة رفع افتراضية
(Fundamentals of Creating a Virtual Lifting Environment)

لإنشاء بيئة رفع افتراضية ناجحة، يجب مراعاة مجموعة من العوامل الأساسية التي تضمن دقة التمثيل، وسلامة التجربة، وتفاعل المستخدم مع النظام، بحيث يمكن اختبار وتحليل العمليات بشكل آمن وفعال قبل التطبيق الفعلي، ومن أهم هذه الأساسيات الآتي:

1. **الدقة الفيزيائية والميكانيكية** (Physical & Mechanical Accuracy):

- **محاكاة ديناميكية الحمولة:** من خلال تمثيل خصائص الكتلة، ومركز الثقل، والعزم، وتأرجح الحمولة الناتج عن الحركة أو الرياح.
- **تمثيل ميكانيكي دقيق للرافعة:** يشمل محاكاة مكونات الرافعة (الذراع، والعربة، والبكرة، والكابل) وفق البيانات الهندسية الفعلية.
- **نظام القوى الخارجية:** تضمين تأثير الرياح، والجاذبية، والاحتكاك، والتسارع الزاوي لتقييم الثبات والاستقرار.

2. المحرك الفيزيائي (Physical Engine):

- استخدام محركات متقدمة لتطبيق قوانين نيوتن على الأجسام المتحركة.
- تطوير نظام قيود (Constraints System) يمنع تجاوز المكونات لحدودها الميكانيكية.
- دعم المحاكاة الزمنية الفورية (Real-Time Simulation) لتقليل التأخير بين الإدخال والاستجابة.

3. التصوير ثلاثي الأبعاد والواقعية البصرية (3D Imaging and Visual Realism):

- إنشاء مشاهد واقعية باستخدام رسومات عالية الجودة.
- تطبيق إضاءة ديناميكية، وظلال متحركة، وتأثيرات طقس (أمطار، أو ضباب، أو رياح).
- تحسين الأداء عبر تقنيات توازن بين الدقة وسرعة المعالجة لضمان سلاسة المحاكاة.

4. واجهة التفاعل والتحكم (User Interface):

- تصميم واجهات تشغيل تحاكي الوقع تشمل أذرع التحكم، وأزرار الطوارئ، وأجهزة القياس.
- دعم أنظمة الواقع الافتراضي (Virtual Reality) والواقع المعزز (Augmented Reality) لتعزيز الانغماس.
- عرض بيانات تشغيل لحظية مثل زاوية الذراع، ووزن الحمولة، وسرعة الرياح.

5. التدريب والسلامة (Training and Safety):

- توفير سيناريوهات متنوعة تشمل الرفع الآمن، وحالات الطوارئ، والأعطال الفنية.
- تقديم تغذية راجعة فورية عند ارتكاب أخطاء تشغيلية.
- تسجيل وتحليل بيانات الأداء لاستخدامها في تقييم الكفاءة والتدريب المستمر.

6. البنية التقنية والأداء:

- اعتماد تصميم معياري لفصل المكونات الفيزيائية والمرئية والمنطقية.
- ضمان التوافق متعدد الأنظمة (الحاسوب، والواقع الافتراضي، والشبكات متعددة المستخدمين).
- تعزيز الاستقرار والكفاءة من خلال إدارة الذاكرة وتحسين الخوارزميات الفيزيائية.

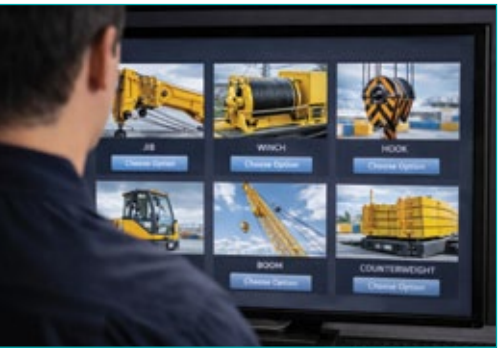
7. التحقق والمعايرة:

- **التحقق التجريبي:** مقارنة نتائج المحاكاة مع بيانات واقعية من أجهزة استشعار الرافعة.
- **مراجعة الخبراء:** إشراك مهندسين ومشغلين محترفين لتقييم مستوى الدقة الواقعية.
- **التحسين المستمر:** تحديث النماذج والخوارزميات بناءً على التجارب الميدانية.

المراحل العملية لإنشاء بيئة رفع افتراضية
(Practical Steps to Create a Virtual Lifting Environment)

تهدف عملية إنشاء بيئة رفع افتراضية إلى محاكاة عمليات الرفع باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي والفيزياء الرقمية، مما يتيح بيئة آمنة لتدريب المشغلين ودراسة الأداء الهندسي دون مخاطر حقيقية، وتتضمن هذه العملية سبع مراحل كالآتي:

- **المرحلة الأولى: التحليل الهندسي وجمع البيانات:**
  - تحديد نوع الرافعة (برجية، أو متنقلة، أو جسرية).
  - جمع بيانات هندسية دقيقة تشمل الأبعاد، والكتلة، وخصائص المواد، وحدود التشغيل.
  - تحديد أهداف الاستخدام (التدريب، أو التصميم، أو تحليل المخاطر).



- **المرحلة الثانية: النمذجة ثلاثية الأبعاد (3D Modelling):**
  - إنشاء النماذج باستخدام برامج التصميم الهندسي المتخصصة.
  - تقسيم النموذج إلى وحدات ميكانيكية مستقلة (مثل: القاعدة، والذراع، والكابلات).
  - تطبيق مواد واقعية مع تحسين الأداء لتقليل استهلاك الموارد.

- **المرحلة الثالثة: بناء المحرك الفيزيائي:**
  - إعداد الأجسام الفيزيائية (Rigid Bodies) وربطها بخواص الكتلة والعزم.
  - برمجة نظام الكابلات المرنة (Elastic Rope Models) لمحاكاة سلوك الحبال.
  - اختبار الاستقرار الديناميكي أثناء عمليات الرفع والمحاكاة.

- **المرحلة الرابعة: تصميم واجهة المستخدم ونظام التحكم:**
  - تطوير كابينة تشغيل افتراضية تحاكي الرافعة الواقعية.
  - استخدام أدوات إدخال تفاعلية واقعية (VR Controller & Joystick).
  - عرض مؤشرات رقمية وتنبيهات أمان لحظية.

- **المرحلة الخامسة: دمج العوامل البيئية:**
  - محاكاة الظروف الجوية المتغيرة باستخدام محركات الجسيمات (Particle Systems).
  - إدراج عناصر بيئية مثل المباني، والحواجز، والمشغلين الافتراضيين.
  - دراسة تأثير العوامل البيئية على الأداء والسلامة.

- **المرحلة السادسة: الاختبار والتحقق:**
  - مقارنة نتائج المحاكاة مع البيانات الفعلية أو التجريبية.
  - تقييم زمن الاستجابة ودقة الأوامر.
  - مراجعة الواجهة البصرية والحركية لضمان الواقعية.

- **المرحلة السابعة: النشر والتدريب:**
  - تجهيز النظام لتدريب المشغلين في بيئات آمنة ومحاكية للواقع.
  - جمع ملحوظات المستخدمين لتحسين جودة التجربة.
  - توفير أدوات تحليل بيانات الأداء لتطوير برامج تدريب مستقبلية أكثر فعالية.

محاكاة مناولة الأحمال

(Simulating Load Handling)

تشير محاكاة مناولة الأحمال إلى عملية تمثيل حركة ورفع ونقل الأحمال باستخدام نماذج رقمية أو بيئات افتراضية بهدف دراسة سلوك الحمولة والمعدّات أثناء عمليات الرفع والتنزيل، مثل الرافعات البرجية أو المتنقلة أو الرافعات الشوكية، وتُستخدم هذه المحاكاة في مجالات التصميم الهندسي، وتحليل السلامة، وتدريب المشغلين حيث تمكن من توقع المخاطر المحتملة وتقييم كفاءة الأداء دون تعريض الأفراد أو المعدّات لأي خطر فعلي.

وتعتمد محاكاة مناولة الأحمال على إنشاء نموذج فيزيائي أو رقمي يحاكي عملية الرفع الكاملة، بما في ذلك جميع المراحل الميكانيكية والديناميكية المرتبطة بحركة الحمولة والمعدّة، وذلك بهدف:

- دراسة تفاعل القوى والعزوم أثناء عمليات الرفع والتنزيل.
- تقييم استقرار المعدّة وسلامة التشغيل.
- تحديد أفضل الإستراتيجيات للرفع والنقل.
- تحسين كفاءة الأداء والتدريب العملي دون مخاطر ميدانية.

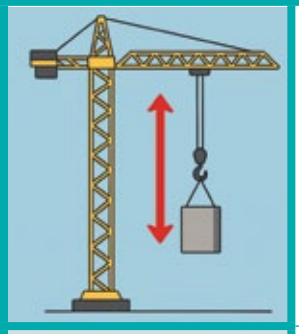
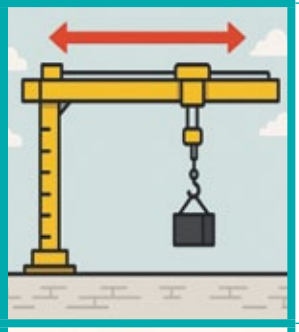
المكوّنات الأساسية لمحاكاة مناولة الأحمال
(Basic Components of Load Handling Simulation)

تتكوّن محاكاة مناولة الأحمال من مجموعة من النماذج والعناصر التي تعمل معًا لتجسيد سلوك النظام بشكل واقعي، وتشمل ما يأتي:

1. **نموذج الرافعة** (Crane Model):

يُعدّ نموذج الرافعة الأساس الذي تُبنى عليه جميع الجوانب الفنية المتعلقة بفهم كيفية عمل الرافعة وقدراتها التشغيلية، فمن خلال تحديد مكوّنات الرافعة الرئيسية وآلية تفاعلها معًا، يمكن تحليل نقاط الحركة ودرجات الحرية التي تسمح بتنفيذ عمليات الرفع بدقة وأمان، كما يسهم هذا النموذج في توضيح دور الأنظمة الهيدروليكية والميكانيكية المسؤولة عن التحكم في الحركة، إضافة إلى أهمية أجهزة الاستشعار التي تراقب الأحمال والزوايا والضغط.

ويوضح الجدول الآتي نقاط الحركة في الرافعة البرجية المراد التحكم بها في جهاز المحاكاة:

نقطة الحركة	شكل توضيحي	الوصف
الرفع العمودي		رفع الحمولة إلى الارتفاع المطلوب باستخدام الحركة الرأسية للونش.
الحركة الأفقية (تحريك العربة أو الذراع)		تحريك الحمل أفقيًا على طول الذراع لنقله إلى الموقع المطلوب.
الدوران أو الالتفاف		تدوير برج الرافعة يمينًا أو يسارًا للوصول إلى اتجاهات مختلفة.
إنزال الحمولة وتثبيتها في الموقع		خفض الحمولة بدقة ووضعها بأمان في الموقع المحدد.

2. نموذج الحمولة (Load Model):

يُعنى هذا النموذج بتمثيل الخصائص الفيزيائية للحمولة بدقة، ويشمل الآتي:

- الكتلة، والعزم، ومركز الثقل لتحديد الاتزان الديناميكي.
- الشكل الهندسي للحمولة لما له من تأثير على مقاومة الهواء واستقرار الوضع أثناء عملية الرفع.
- نقاط التثبيت أو الرفع (Hooks/Slings) التي تستخدم لربط الحمولة بالمعدّات.

3. المحرّك الفيزيائي (Physical Engine):

هو النظام الحسابي الذي يحاكي قوانين الحركة إذ يقوم بتطبيق القوانين الفيزيائية الأساسية لحساب السلوك الواقعي للنظام، ويشمل الآتي:

- تطبيق قوانين نيوتن للحركة والدوران.
- احتساب قوى الاحتكاك والشد والمرونة ضمن تفاعل الأجسام.

العوامل المؤثرة في محاكاة مناولة الأحمال
(Factors Affecting Load Handling Simulation)

تتأثر دقة وواقعية محاكاة مناولة الأحمال بعدد من العوامل الفيزيائية والبيئية والبشرية، التي يجب مراعاتها أثناء التصميم والتنفيذ لضمان نتائج تحاكي الواقع بشكل موثوق، وتشمل هذه العوامل ما يأتي:

1. ديناميكية الحمولة (Load Dynamics):

- تُعدّ حركة التأرجح (Pendulum Effect) من أهم الظواهر التي تظهر أثناء عمليات الرفع، حيث تؤثر مباشرة في استقرار الحمولة.
- التسارع أو التباطؤ المفاجئ في حركة الرافعة قد يضاعف من التأرجح مما يقلل من ثبات النظام ويزيد احتمالية الاصطدام أو الانقلاب.

2. سلوك الكابلات والحبال (Cable Behavior):

- تتعرض الكابلات إلى تمدد طولي عند التحميل، مما يؤثر على توازن الحمولة ودقة موقعها أثناء عملية الرفع.
- يجب حساب زوايا الشد وتوزيع القوى بدقة؛ لتجنب الانزلاق أو الانكسار الناتج عن التحميل غير المتوازن.

3. **ثبات الرافعة** (Crane Stability):

- يجب أن تبقى لحظة الاتزان (Moment Balance) ضمن حدود القاعدة الآمنة للرافعة.
- عند تجاوز مركز الثقل لمحيط الارتكاز يزداد خطر الانقلاب، وهو أحد أخطر السيناريوهات في الرفع الحقيقي والمحاكاة على حد سواء.

4. **تحكم المشغل** (Operator Control):

- يجب أن تشمل المحاكاة استجابة الرافعة للأوامر البشرية بدقة، بما في ذلك السرعة والاتجاه وطريقة الرفع أو الإنزال.
- يشمل ذلك تأخير الاستجابة للمشغل (Reaction Time) وسرعة التحكم والنعومة في الحركة لتقييم كفاءته التشغيلية.

5. **تجنّب الاصطدامات** (Collision Detection):

- تحديد المسافات بين الحمولة والعوائق المحيط أثناء عملية الرفع.
- إنشاء مناطق آمنة (Safe Zones) أو حدود تشغيل لمنع الحوادث.

6. **أنظمة الأمان والتحذير** (Safety and Warning Systems):

- تُستخدم أنظمة مراقبة الحمولة الزائدة (Overload Monitoring) لرصد أي تجاوز للحدود التصميمية.
- إصدار تنبيهات صوتية أو بصرية عند الاقتراب من الحالات الخطِرة.
- تطبيق معاملات أمان إضافية تتراوح بين 1.25 إلى 1.5 من الحمولة المقررة لتأمين التشغيل ضد الأخطاء أو الظروف غير المتوقعة.

خطوات إنشاء محاكاة مناولة الأحمال
(Steps to Creating Load Handling Simulation)

تمر عملية إنشاء محاكاة دقيقة وفعالة لمناولة الأحمال بعدة مراحل متسلسلة تضمن تمثيلًا واقعيًا لسلوك الرافعة والحمولة ضمن مختلف الظروف التشغيلية، وتشمل الخطوات الآتية:

1. **تحديد البيانات الهندسية للرافعة:** تشمل هذه المرحلة جمع وتحديد جميع الخصائص التقنية للرافعة، مثل الآتي:
   - النوع (رافعة برجية، أو متنقلة، أو شوكية، أو غيرها).
   - الأبعاد الهندسية، بما في ذلك طول الذراع، وارتفاع البرج، ونصف قُطر الدوران.
   - السعة القصوى للرفع ومعاملات الأداء الميكانيكي.
2. **تعريف خصائص الحمولة: يتم توصيف الحمولة المراد رفعها بشكل دقيق من خلال الآتي:**
   - الوزن الإجمالي للحمولة.
   - موقع مركز الثقل (Center of Gravity) لتقييم الاتزان أثناء الرفع.
   - الشكل الهندسي الذي يؤثر في مقاومة الهواء وسلوك التأرجح.
3. **مراعاة الظروف البيئية التي قد تؤثر في عملية المحاكاة، والتي تشمل الآتي:**
   - سرعة واتجاه الرياح.
   - خصائص الأرضية، مثل درجة الاستواء أو الميلان.
   - وجود العوائق أو المباني القريبة ضمن منطقة العمل.
4. **المسار الحركي للرفع والنقل (Motion Path):** يُحدَّد في هذه الخطوة المسار الزمني والمكاني لحركة الحمولة، بدءًا من الرفع مرورًا بالنقل الأفقي وحتى مرحلة الإنزال، مع مراعاة السرعة والتسارع المسموح بهما.
5. **استخدام المحركات الفيزيائية (Physical Engines)** لتطبيق قوانين الحركة والدوران وحساب القوى المؤثرة، مثل:
   - قوى الشد والاحتكاك.
   - العزوم الناتجة عن حركة الذراع والحمولة.
   - الاستجابات الديناميكية للمكونات أثناء التشغيل.

6. **استخدام المؤشرات التي تُظهرها المحاكاة لتقييم الأداء، وتشمل هذه المؤشرات الآتي:**
   - سعة التأرجح (Swing Amplitude).
   - إجهاد الكابلات (Cable Stress).
   - استقرار القاعدة (Base Stability).
7. **إجراء التعديلات والتحسينات بناءً على نتائج التحليل**، حيث يتم ضبط المعلمات التشغيلية أو تحسين التصميم لتحقيق أداء أكثر أمانًا وكفاءة، مثل تقليل التأرجح، أو تعزيز الاتزان، أو تحسين استجابة أنظمة التحكم.

تطبيقات محاكاة مناولة الأحمال
(Applications of Load Handling Simulation)

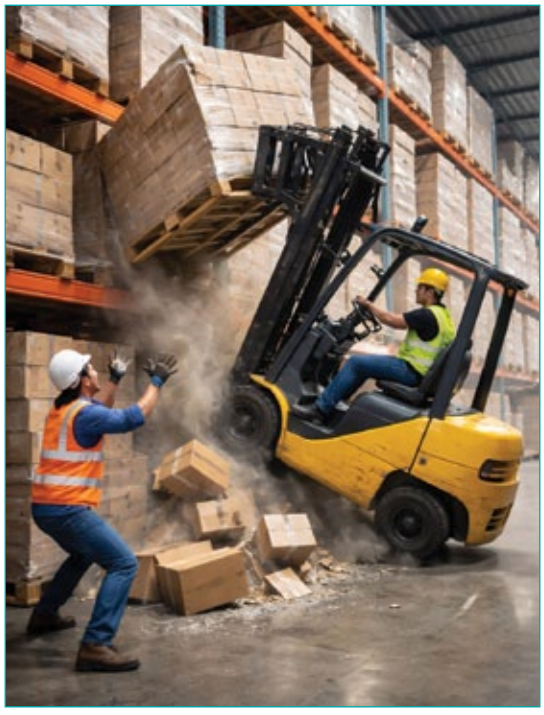
تُستخدم محاكاة مناولة الأحمال في العديد من المجالات الصناعية والهندسية بفضل قدرتها على تحليل الأداء والتنبؤ بالمخاطر وتحسين كفاءة العمليات.

ويوضّح الجدول الآتي أبرز الأهداف والتطبيقات العملية لهذه التقنية:

التدريب (Training)	تدريب المشغلين على التعامل مع الحالات الواقعية دون تعريضهم لأي خطر فعلي.
التصميم الهندسي (Engineering Design)	اختبار تصاميم الرافعات الجديدة، وتحليل أدائها قبل التصنيع.
تحليل السلامة (Safety Analysis)	التنبؤ بمناطق الخطر وتقليل احتمالية الحوادث أثناء التشغيل.
تخطيط المشاريع (Project Planning)	محاكاة عمليات الرفع الثقيلة لتخطيط العمل وتنظيم المعدّات بدقة.
اختبار الأنظمة الذكية (Intelligent Systems Testing)	تطوير أنظمة تحكم ذاتي أو شبه آلي للرافعات الحديثة.

تقييم المخاطر واتخاذ القرارات في عمليات الرفع والتنزيل باستخدام المحاكاة

(Risk Assessment & Decision Making in Lifting Operations Using Simulation)



حادث بسبب عدم اتخاذ التدابير اللازمة للأمن والسلامة

تُعد المخاطر جزءًا لا يتجزأ من بيئة العمل خاصة في عمليات الرفع والتنزيل، لذا تُستخدم المحاكاة الافتراضية للسماح للمهندسين والمشغلين بتجربة سيناريوهات مختلفة دون التعرُّض للمخاطر الحقيقية، فمن خلال المحاكاة، يمكن تقييم المخاطر، واختبار الاستجابات، وتحسين القرارات التشغيلية قبل تطبيقها على أرض الواقع.

المخاطر في بيئة المحاكاة (Risks in Simulation Environment)

على الرغم من أن المحاكاة توفر بيئة آمنة لتجربة عمليات الرفع والتنزيل، إلا أن هناك مخاطر مرتبطة باستخدام المحاكاة نفسها أو المخاطر التي يمكن اكتشافها من خلال المحاكاة، حيث يساعد فهم هذه المخاطر على تحسين التدريب واتخاذ القرارات الصحيحة قبل الانتقال للواقع، وتتمثل أنواع المخاطر في بيئة المحاكاة في الآتي:

1. **المخاطر الافتراضية الناتجة عن الأخطاء البشرية:**
   - أخطاء المشغل أثناء التفاعل مع بيئة المحاكاة.
   - اتخاذ قرارات خاطئة بسبب ضعف الخبرة أو سوء فهم سيناريو المحاكاة.
   - **مثال:** رفع حمولة في وضع غير مستقر في المحاكاة يؤدي إلى فشل التجربة الافتراضية.

2. المخاطر التقنية أو البرمجية:

- أخطاء أو قيود في برامج المحاكاة نفسها قد تعطي نتائج غير دقيقة.
- مشاكل الأجهزة مثل تأخر الاستجابة، أو مشاكل الواقع الافتراضي (VR) تسبب تشتت المشغل أو إرهاقه.
- **مثال:** عدم دقة محاكاة مركز ثقل الحمولة يمكن أن يؤدي إلى سوء تقييم المخاطر.

3. المخاطر الناتجة عن سيناريوهات المحاكاة:

- بعض السيناريوهات قد لا تعكس الواقع تمامًا، مما يعطي تصورًا خاطئًا عن المخاطر الفعلية.
- الحل: استخدام سيناريوهات متنوعة وتحديث النماذج بشكل دوري.

4. مخاطر الصحة والسلامة النفسية للمشغل:

- الإجهاد أو الدوار الناتج عن استخدام نظارات الواقع الافتراضي.
- الإرهاق الذهني عند التعامل مع محاكاة معقدة لفترات طويلة.

5. المخاطر المادية عند الانتقال من المحاكاة إلى الواقع:

- الاعتماد المفرط على نتائج المحاكاة دون مراجعة ظروف الواقع يمكن أن يؤدي إلى حوادث.
- **مثال:** تنفيذ رفع حمولة ثقيلة بناءً على محاكاة بسيطة دون مراعاة العقبات الواقعية.

خطوات تقييم المخاطر باستخدام المحاكاة
(Steps for Risk Assessment Using Simulation)

يسمح استخدام المحاكاة في تقييم المخاطر باختبار سيناريوهات متعددة بأمان قبل التنفيذ الفعلي، حيث تساعد هذه الخطوات على تحديد المخاطر، وتحليلها، واتخاذ قرارات مناسبة لتقليل الحوادث وزيادة الكفاءة، وتتمثل هذه الخطوات في الآتي:

أولًا: تحديد الهدف وسيناريو المحاكاة:

- تحديد العملية التي سيتم محاكاتها (رفع حمولة، أو نقل مواد ثقيلة، أو تركيب معدّات).
- اختيار الظروف البيئية والمعدّات والحمولة المطلوبة.
- تحديد المعايير المرجعية للنجاح والسلامة.

ثانيًا: تعرُّف مصادر الخطر:

- تحديد جميع المخاطر المحتملة داخل السيناريو الافتراضي:
  - الأحمال غير المتوازنة أو الثقيلة.
  - الأخطاء البشرية في التحكم بالرافعة.
  - تصادم المعدّات مع البيئة أو المشغلين.
- استخدام قوائم التحقق (Virtual Checklists) لتغطية جميع المخاطر.

ثالثًا: تحليل المخاطر:

- تقييم احتمال حدوث كل خطر وتأثيره على المعدّات، والأشخاص، والبيئة.
- استخدام أدوات تحليل مثل:
  - **تحليل «ماذا لو»** (What-If Analysis).
  - **مخططات السبب والأثر** (Cause & Effect/Fishbone).
- تحديد الأولويات وفقًا لشدة الخطر واحتمالية حدوثه.

رابعًا: تصميم إستراتيجيات الوقاية:

- وضع إجراءات لتقليل أو تجنب المخاطر المحددة:
  - تعديل مسار الحركة أو سرعة الرفع في المحاكاة.
  - تدريب المشغل على الإجراءات الصحيحة.
  - ضبط المعدّات لتقليل الإجهاد أو تصحيح التوازن.

خامسًا: اختبار الإستراتيجيات في المحاكاة:

- تشغيل السيناريو الافتراضي مع تطبيق الإجراءات الوقائية المقترحة.
- ملاحظة النتائج وتسجيل أي مخاطر متبقية أو مشكلات جديدة.
- تكرار التجربة إذا لزم الأمر لضمان كفاءة الإستراتيجيات.

سادسًا: اتخاذ القرارات النهائية:

- تقييم جميع البيانات الناتجة عن المحاكاة.
- تحديد أفضل القرارات لتقليل المخاطر عند التنفيذ الواقعي.
- إعداد تقرير شامل يوضح المخاطر، والإجراءات الوقائية، والقرارات المقترحة.

سابعًا: دمج نتائج المحاكاة مع الواقع:

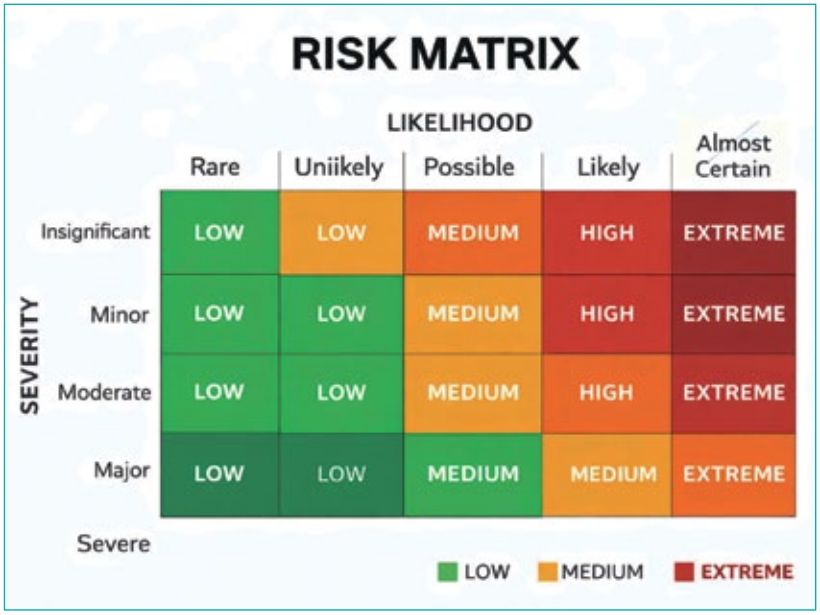
- مراجعة نتائج المحاكاة مع ظروف العمل الفعلية.
- تعديل خطط السلامة والإجراءات العملية قبل التنفيذ الحقيقي.

أدوات وأساليب تقييم المخاطر في بيئة المحاكاة
(Risk Assessment Tools & Methods in Simulation Environment)

يمكن تقييم المخاطر في بيئة المحاكاة بشكل دقيق باستخدام مجموعة من الأدوات والأساليب، ما يسمح باكتشاف المشكلات المحتملة قبل التطبيق الواقعي، وتساعد هذه الأدوات في تحليل المخاطر، وتحديد أولويات الإجراءات الوقائية، ودعم اتخاذ القرارات الآمنة.

ومن أهم الأدوات والأساليب المستخدمة في التقييم الآتي:

1. **قائمة التحقق الافتراضية:** مراجعة جميع المخاطر المحتملة.
2. **تحليل المخاطر للمهام (JHA):** دراسة كل خطوة لتحديد المخاطر.
3. **مخططات السبب والأثر:** تحديد الأسباب الجذرية للمشكلات.
4. **تحليل «ماذا لو»:** اختبار سيناريوهات مختلفة للمخاطر.
5. **مصفوفة المخاطر (Risk Matrix):** تصنيف المخاطر حسب الشدة والاحتمالية.
6. **تحليل البيانات الافتراضية:** استخدام نتائج المحاكاة لتحسين الإجراءات.



مصفوفة المخاطر

التطبيق العملي لأساليب تقييم المخاطر في بيئة المحاكاة
(Practical Application of Risk Assessment Methods in Simulation Environment)

يُركّز هذا الجزء على تطبيق منهجيات تقييم المخاطر بشكل فعلي داخل بيئة المحاكاة باستخدام أدوات متخصصة مثل:

- **تحديد الأخطار (Hazard Identification).**
- **تقييم درجة الخطورة واحتمال الحدوث (Risk Matrix).**
- **تطبيق ضوابط السلامة، مثل تحديد مناطق عزل أو خفض الحمولة المسموح بها.**

تُظهر المحاكاة نتائج فورية عند تغيير أي متغير، مثل زاوية الرفع أو موقع الذراع، لتوضيح أثر القرار على الاستقرار والإجهاد الميكانيكي، وبذلك يتعلّم المستخدم اتخاذ القرارات بناءً على تحليل واقعي للمخاطر، تمامًا كما في بيئة العمل الحقيقية.

محاكاة عمليات اتخاذ القرار أثناء الرفع
(Simulating Decision Making Process During Lifting)

توضّح هذه المحاكاة آليات اتخاذ القرارات التشغيلية في الوقت الفعلي عندما تتغيّر ظروف العمل أثناء الرفع، وقد يواجه المشغّل مواقف طارئة في بيئة المحاكاة، مثل:

- تأرجح الحمولة أو فقدان الاتزان.
- زيادة مفاجئة في سرعة الرياح.
- تأخير في الإشارة من الموجّه أو المشرف.

ويهدف ذلك إلى التدريب على الآتي:

- تحليل بيانات المستشعرات (مثل مؤشرات الحمولة، وزاوية الذراع، وسرعة الرياح).
- اختيار الإجراء الآمن المناسب في ظل ضغوط زمنية.
- الموازنة بين الكفاءة والسلامة عند اتخاذ القرارات.

من خلال تكرار المحاكاة، يكتسب المتدرّب قدرة تحليلية واستجابة فورية واعية، مما يعزز من أمان العمليات.

اتخاذ القرارات بناءً على نتائج المحاكاة
(Making Decisions Based on Simulation Results)

فيما يأتي أهم خطوات اتخاذ القرارات بناء على نتائج المحاكاة:

1. **جمع البيانات من المحاكاة:** ملاحظة أداء المعدّات والمشغل واكتشاف المخاطر.
2. **تحديد الخيارات:** التفكير في جميع الحلول الممكنة لتقليل المخاطر.
3. **تقييم الخيارات:** مقارنة الحلول من حيث السلامة والكفاءة.
4. **اختيار القرار الأفضل:** اختيار الحل الأكثر أمانًا وفعالية.
5. **تجربة القرار في المحاكاة:** اختبار الحل قبل تطبيقه على الواقع للتأكد من نجاحه.

العمل الجماعي في اتخاذ القرارات الواقعية
(Teamwork in Making Practical Decisions)

تُنفَّذ عمليات الرفع والتنزيل دائمًا ضمن عمل جماعي منسّق بين المشغل، والموجّه، والمشرف، والعاملين في الموقع، حيث تُجرى تمارين محاكاة جماعية توزع فيها الأدوار بحيث يعمل الفريق كما لو كان في موقع رفع حقيقي بهدف تنمية مهارات التعاون، والتواصل، والقيادة تحت الضغط، إلى جانب تطبيق المعرفة التقنية المكتسبة في بيئة جماعية تحاكي الواقع، ويكون ذلك كالآتي:

- يجري الفريق تقييمًا جماعيًا للمخاطر.
- يتواصل الأعضاء بشكل فعّال ويتخذون قرارات تشاركية.
- تحليل نتائج القرارات ومراجعتها بعد انتهاء التمرين.

أسئلة الوحدة

1. اشرح مفهوم المحاكاة في عمليات الرفع والتنزيل، ووضح كيف تساعد في تحسين السلامة والكفاءة التشغيلية قبل الانتقال للتدريب الميداني.
2. قارن بين المحاكاة الواقعية والمحاكاة الافتراضية من حيث بيئة التدريب، ومستوى الأمان، والتكلفة، والأهداف التدريبية.
3. فسّر كيف تقلل المحاكاة من الأخطاء البشرية أثناء تدريب المشغلين على تشغيل الرافعات، مع ذكر مثال عملي من الوحدة.
4. اذكر العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها عند تصميم بيئة رفع افتراضية واقعية، مثل الدقة الفيزيائية، والعوامل البيئية، وواجهة التشغيل.
5. وضح المكونات الأساسية الأربعة لأي نموذج محاكاة لمناولة الأحمال: نموذج الرافعة، ونموذج الحمولة، والعوامل البيئية، والمحرك الفيزيائي.
6. صِف خطوات تقييم المخاطر في بيئة المحاكاة، بما في ذلك تحديد المخاطر، واستخدام مصفوفة المخاطر، وتطبيق ضوابط السلامة.

ملحق

تطبيقات عملية في عمليات الرفع والتنزيل

Practical Applications in Lifting Operations

جدول المحتويات

التطبيق الأول

الدوائر الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل

(Electrical Circuits in Lifting Equipment) 102

التطبيق الثاني

تشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل

(Operation and Maintenance of Lifting Equipment) 111

التطبيق الثالث

المحاكاة في التخطيط وتنفيذ عمليات الرفع والتنزيل

(Simulating in Lifting Planning and Execution) 116

التطبيق الأول

الدوائر الكهربائية في معدّات الرفع والتنزيل

(Electrical Circuits in Lifting Equipment)

تشكل الدوائر الكهربائية العنصر الرئيسي في تشغيل معدّات الرفع والتنزيل والتحكم بوظائفها المختلفة، ويرتبط مستوى السلامة وكفاءة الأداء بسلامة المكونات الكهربائية، مثل مفاتيح التشغيل والمحركات والتوصيلات ووسائل الحماية، ويركّز هذا التطبيق العملي على تنفيذ أعمال صيانة كهربائية أساسية تشمل استبدال مفتاح التشغيل والإيقاف، واستبدال محرك كهربائي أحادي الطور، مع الالتزام بإجراءات العزل وفحص انعدام الجهد واستخدام الأدوات المعزولة، ويكتسب المتدرّب من خلال التطبيق القدرة على قراءة التوصيلات وتوثيقها، وإعادة تركيبها تركيبا صحيحا، بما يضمن استمرارية عمل المعدّة، وتجنّب الأعطال والمخاطر الكهربائية.

الجزء الأول: استبدال مفتاح التشغيل والإيقاف

(Replacement of the ON/OFF Switch)

تهدف هذه المهمة إلى استبدال مفتاح التشغيل والإيقاف (ON/OFF) التالف، أو غير الفعّال بمفتاح جديد مطابق للمواصفات؛ لضمان التحكم السليم في تشغيل وفصل الدائرة الكهربائية، والحفاظ على سلامة المستخدم والمعدّة، ومنع الأعطال الناتجة عن سوء التوصيل، أو تلف المفتاح.

- **أهمية التطبيق العملي:**

  - ضمان تشغيل وإيقاف المعدّة بأمان.
  - منع الأعطال الكهربائية، أو الشرر الكهربائي الناتج عن تلف المفتاح.
  - رفع مستوى السلامة الكهربائية للعاملين والمعدّات.
  - التأكد من استمرارية التشغيل بكفاءة دون انقطاع مفاجئ.

■ أولا: إجراءات السلامة الواجب اتباعها قبل البدء:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
1	فصل مصدر التغذية الكهربائية كاملًا.		
2	ارتداء معدّات الوقاية الشخصية (PPE).		
3	التحقق من انعدام الجهد باستخدام جهاز فحص؛ للتأكد من عدم وجود كهرباء على الأسلاك، أو أطراف المفتاح.		
4	وضع لافتات التحذير (ممنوع التشغيل، أو تحت الصيانة) على لوحة التحكم، أو مصدر الطاقة.		
5	استخدام أدوات معزولة كهربائيًا، والتأكد من سلامتها.		
6	تجنب لمس الأسلاك، أو أطراف التوصيل مباشرة أثناء الفك، أو التركيب.		
7	التأكد أن موقع العمل مرتب وجاف وخال من أي عوائق، أو سوائل قد تشكل خطرًا على السلامة، أو تؤدي إلى تماس كهربائي.		

■ ثانيا: خطوات فك المفتاح (ON/OFF):

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	فك براغي، أو مشابك الغطاء الخارجي للمفتاح للوصول إلى جسم المفتاح.			
2	تحديد أطراف التوصيل المتصلة بالمفتاح.			
3	فك مسامير أطراف التوصيل، وفصل الأسلاك المتصلة بالمفتاح.			
4	إبعاد الأسلاك المفصولة جانبًا بانتظام دون شدّها.			
5	فك صامولة التثبيت، أو مسامير التثبيت الخاصة بجسم المفتاح.			
6	سحب المفتاح إلى الخارج وإخراجه من اللوحة، أو العلبة.			
7	فحص قاعدة التثبيت وفتحة التركيب؛ للتأكد من خلوها من أي تلف، أو عوائق.			

■ ثالثا: خطوات تركيب المفتاح (ON/OFF):

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	إدخال المفتاح الجديد في فتحة التركيب المخصصة باللوحة، أو العلبة.			
2	ضبط اتجاه المفتاح بحيث تكون وضعية (ON/OFF) صحيحة وواضحة.			
3	تثبيت جسم المفتاح باستخدام صامولة التثبيت، أو مسامير التثبيت بإحكام مناسب.			
4	توصيل الأسلاك بأطراف المفتاح حسب الترقيم، أو العلامات.			
5	شد مسامير أطراف التوصيل جيدًا دون زيادة مفرطة.			
6	ترتيب الأسلاك داخل العلبة بانتظام دون ضغط، أو التواء.			
7	إعادة تركيب الغطاء الخارجي للمفتاح وتثبيته بالبراغي.			
8	التأكد من ثبات المفتاح وعدم وجود حركة، أو ارتخاء.			

■ رابعا: خطوات اختبار المفتاح (ON/OFF):

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
1	فحص المفتاح بعد التركيب؛ للتأكد أنه مثبت بإحكام، وأن الغطاء محكم التركيب.		
2	تشغيل المفتاح (ON)، والتأكد أن المعدّة، أو الدائرة تعمل طبيعيا دون أي أصوات، أو شرر غير طبيعي.		
3	إيقاف التشغيل (Off) والتأكد من فصل الدائرة أو المعدّة فصلًا كاملًا، وأنها متوقفة عن العمل تمامًا.		
4	تكرار الاختبار عدة مرات؛ للتأكد من سلاسة الحركة واستجابة الدائرة.		
5	مراقبة المفتاح أثناء التشغيل؛ للتأكد من عدم وجود سخونة، أو شرر.		
6	توثيق نتيجة الاختبار، وتسجيل ملاحظات الأداء.		

الملحوظات الفنية:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملحوظات العامة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التغذية الراجعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الجزء الثاني: استبدال محرك كهربائي أحادي الطور
(Replacement of a Single-Phase Electric Motor)

تهدف هذه المهمة إلى استبدال محرك كهربائي أحادي الطور تالف، أو غير صالح للعمل بمحرك جديد مطابق للمواصفات الفنية، وذلك ضمن معدّات الرفع والتنزيل، وتشمل المهمة فك المحرك القديم، وتجهيز وتركيب المحرك الجديد، وتوصيله كهربائيًا وميكانيكيًا توصيلًا صحيحًا، ثم إجراء الفحص والاختبار؛ للتأكد من سلامة التشغيل وكفاءة الأداء، مع الالتزام بمعايير السلامة المهنية.

■ أهمية التطبيق العملي:

- ضمان استمرارية تشغيل معدّات الرفع والتنزيل بكفاءة وأمان.
- استبدال المحرك التالف لمنع الأعطال المفاجئة، أو توقف العمل.
- تحسين كفاءة الأداء واستهلاك الطاقة للمعدّة.
- تقليل مخاطر الأعطال الكهربائية والميكانيكية الناتجة عن محرك غير سليم.
- التأكد من أن المحرك الجديد يعمل ضمن الحدود التشغيلية المسموح بها.
- رفع كفاءة المتدرب في تنفيذ أعمال الصيانة والاستبدال وفق المعايير المهنية.

■ أولًا: إجراءات السلامة الواجب اتباعها عند استبدال محرك كهربائي أحادي الطور:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
	السلامة الكهربائية		
1	فصل مصدر التغذية الكهربائية الرئيسي عن المعدّة فصلًا كاملًا.		
2	التأكد من انعدام الجهد باستخدام جهاز فحص مناسب قبل لمس أي توصيلات.		
3	تثبيت لافتة تحذيرية على لوحة التحكم (ممنوع التشغيل/تحت الصيانة).		
4	استخدام أدوات يدوية معزولة كهربائيًّا وسليمة.		
5	عدم لمس أطراف التوصيل، أو الأسلاك المكشوفة مباشرة.		
	السلامة الميكانيكية		
6	التأكد من تثبيت الحمولة، وعدم وجود حمل معلق قبل البدء في العمل.		
7	تأمين أجزاء الحركة (البكرات، والسيور، والتروس)؛ لمنع الدوران المفاجئ.		
8	استخدام وسائل الرفع المناسبة عند فك، أو تركيب المحرك؛ لتجنب السقوط، أو الإصابة.		
9	عدم وضع اليدين بين الأجزاء المتحركة أثناء التركيب، أو المحاذاة.		

■ ثانياً: التحضير قبل فك المحرك القديم:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
1	تحديد نوع المحرك القديم (أحادي الطور) وقدرته وجهده.		
2	التأكد من توفر محرك بديل مطابق للمواصفات (القدرة، والجهد، وعدد اللفات، واتجاه الدوران).		
3	تجهيز الأدوات اللازمة (المفكات، ومفاتيح الربط، وجهاز القياس، وأدوات الرفع الخفيفة).		

■ ثالثا: خطوات فك محرك القديم:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	فصل كابل التغذية الرئيسي المتصل بالمحرك.			
2	فتح علبة التوصيل الخاصة بالمحرك.			
3	توثيق توصيلات الأسلاك وترتيب الأطراف.			
4	فصل أسلاك التشغيل والمكثف.			
5	فك مسامير تثبيت المحرك على قاعدة المعدّة.			
6	فك المحرك من نظام النقل الميكانيكي (البكرة، أو الترس، أو القارنة الميكانيكية).			
7	رفع المحرك القديم، وإخراجه من مكان التركيب بحذر.			
8	فحص قاعدة التثبيت، والتأكد من خلوها من أي تشققات، أو اعوجاج.			

■ رابعًا: خطوات تجهيز المحرك الجديد:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
1	التأكد من سلامة المحرك الجديد ظاهريًا وعدم وجود تلف.		
2	التحقق من بيانات لوحة المحرك.		
3	ضبط اتجاه الدوران إذا كان قابلًا للتغيير.		
4	تركيب المكثف المناسب حسب مواصفات المحرك.		

■ خامسًا: خطوات تركيب المحرك الجديد:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	وضع المحرك الجديد في موضعه الصحيح على القاعدة.			
2	محاذاة عمود المحرك مع الحِمل (بكرة/قارنة ميكانيكية) بدقة.			
3	تثبيت مسامير القاعدة تدريجيًّا مع التأكد من الاتزان.			
4	تركيب وسيلة نقل الحركة السير، أو الترس، أو القارنة الميكانيكية، وضبط شدّها.			
5	فتح علبة التوصيل بالمحرك الجديد.			
6	توصيل الأسلاك حسب المخطط، أو التوثيق السابق.			
7	إحكام ربط أطراف التوصيل ومنع أي أسلاك مكشوفة.			
8	إغلاق علبة التوصيل بإحكام.			

■ سادسًا: خطوات الفحص والاختبار بعد التركيب:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز
1	فحص التوصيلات الكهربائية بصريًّا.		
2	التأكد من ثبات المحرك وعدم وجود اهتزاز.		
3	تشغيل المحرك دون حِمل لفترة قصيرة.		
4	مراقبة مستوى الصوت، والاهتزاز، ودرجة الحرارة للمحرك.		
5	تشغيل المعدّة بحِمل تدريجي ومراقبة الأداء.		
6	التأكد من الاستجابة الطبيعية لمعدّات الرفع والتنزيل.		
7	تسجيل نتيجة الاختبار والملحوظات.		

الملحوظات الفنية:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملحوظات العامة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التغذية الراجعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تشغيل وصيانة معدّات الرفع والتنزيل

(Operation and Maintenance of Lifting Equipment)

تركز التطبيقات العملية الآتية على فحص معدّات ومركبات الرفع والتنزيل دون تشغيلها، ويعتمد التطبيق على قوائم تحقق (Checklists) تغطي ثلاث مجالات رئيسية على النحو الآتي:

1. فحص رافعة شوكية قبل الاستخدام (فحص بصري/جولة حول المعدّة دون تشغيل).
2. فحص رافعة/معدّة رفع قبل الاستخدام (فحص بصري دون تشغيل).
3. فحص ملحقات الرفع، مثل: الأحزمة، والسلاسل، والأصفاد، والخطافات.

■ المهارات المكتسبة من التطبيق العملي:

- تنفيذ الفحص بانتظام وأمان دون تشغيل المعدّات، مع الالتزام بضوابط السلامة أثناء الفحص.
- إتقان أسلوب الفحص المنهجي (Walk-around Inspection) عبر ترتيب خطوات ثابتة لفحص الأجزاء الحرجة (الإطارات، والهيكل، والشوك، والسارية، والسلاسل، ومناطق التسربات الهيدروليكية، واللوحات والملصقات).
- اكتشاف العيوب الظاهرية وتقدير خطورتها، مثل: التشققات، والالتواءات، والتآكل الشديد، والصدأ الخطِر، والتلف في الحبال السلكية، والتسربات.
- التحقق من بيانات السلامة والرموز، مثل: لوحة الحمولة/سعة الرفع، وملصقات التحذير، ورقم تعريف المعدّة، والتأكد من وجود تجهيزات السلامة، مثل (طفاية الحريق إن وجدت).
- فحص ملحقات الرفع وفق متطلبات الصلاحية: قراءة سعة التحمل، وتمييز مؤشرات الرفض في الأحزمة والسلاسل والخطافات والأصفاد (تلف/تآكل/غياب بطاقة تعريف).
- التوثيق واتخاذ قرار الصلاحية عبر تعبئة نموذج الفحص، وتحديد (اجتاز/لم يجتز/يحتاج إلى مساعدة)، وإصدار قرار صالح/غير صالح مع الترميز والعزل (Do Not Use) ورفع الملاحظات للجهة المختصة.

■ جدول فحص رافعة شوكية قبل الاستخدام:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	التأكد من تثبيت المعدّة وعدم وجود أي حِمل معلّق، أو شوك مرتفعة.			
2	فحص لوحة البيانات (الحمولة القصوى/سعة الرفع) ووضوحها.			
3	فحص ملصقات التحذير (السحق/القرص/الكهرباء) ووضوحها.			
4	فحص الإطارات بصريا: تآكل/قطع/انتفاخ/أجسام غريبة.			
5	فحص العجلات والصواميل: عدم ارتخاء/كسر/تشوه.			
6	فحص الشوك: تشققات/انحناء/تآكل + قفل الشوك.			
7	فحص ظهر الحمل (Backrest): وجوده وثباته وعدم تشققه.			
8	فحص السارية والسلاسل بصريا: صدأ/تآكل/روابط تالفة.			
9	فحص خراطيم/وصلات الهيدروليك حول السارية: تسرب/تشقق/احتكاك.			
10	فحص الأرض أسفل المعدّة: بقع زيت/وقود/سوائل.			
11	فحص الحماية العلوية: تشققات/التواء/تثبيت غير محكم.			
12	فحص المقعد وحزام الأمان بصريا: سلامة الحزام.			
13	فحص البطارية/الأسلاك-إن كانت كهربائية- بصريا: تلف عزل/تسرب.			
14	فحص طفاية الحريق (إن وجدت): وجود/تثبيت/صلاحية.			
15	فحص العدسات/الإضاءة/الإنذار (بصريًا) وعدم وجود كسر.			
16	التأكد من وجود رقم تعريف المعدّة/الرقم التسلسلي ووضوحه.			
17	توثيق عدم المطابقة وإصدار قرار: صالح/مقيد/خارج الخدمة + الترميز.			

■ جدول فحص رافعة/معدّة رفع قبل الاستخدام:

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	تأمين منطقة الفحص بحواجز وتحذيرات ومنع الاقتراب غير المصرح.			
2	التأكد من وجود لوحة الحمولة/منحنى الأحمال ووضوحها.			
3	فحص الهيكل: تشققات/التواء/صدأ شديد/تلف لحامات.			
4	فحص الذراع (Boom): تشققات/انبعاج/صدمات/تآكل.			
5	فحص البكرات والمحاور بصريا: تآكل/كسر/تثبيت غير محكم.			
6	فحص الحبال السلكية: شعيرات مكسورة/تآكل/تسطح/تجعيد/صدأ.			
7	فحص الخطاف/كتلة الخطاف: تشققات/تآكل/سلامة لسان الأمان.			
8	فحص نظام منع اصطدام البكرتين (Anti-Two Block) بصريًا (إن وُجد): وجوده وثباته.			
9	فحص الدعامات (Outriggers) بصريا: تشققات/تسرب/قواعد مفقودة.			
10	فحص خراطيم/وصلات الهيدروليك: تشقق/انتفاخ/احتكاك/تسرب.			
11	فحص أسطوانات الهيدروليك: خدوش/تسرب عند الجلود.			
12	فحص نظام الدوران ظاهريًا: شقوق/تسرب/مؤشرات غير طبيعية.			
13	فحص الإطارات/المحاور (إن كانت متنقلة): تآكل/انتفاخ/صواميل.			
14	فحص تجهيزات السلامة: طفاية/لوحات تحذير/حواجز.			
15	فحص كابينة التشغيل ظاهريًا: زجاج/مرايا/حزام/ملصقات.			
16	فحص العدسات/الإشارات/الإنذارات بصريًا وعدم وجود كسر.			
17	مراجعة سجل الفحص السابق (إن توفر) وتحديد بنود غير مغلقة.			
18	توثيق عدم المطابقة وإصدار قرار + الترميز.			

■ جدول فحص ملحقات الرفع (Slings/Chains/Shackles/Hooks):

	الإجراء	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
1	التحقق من وجود بطاقة/ملصق السعة (WLL/SWL) والرقم التسلسلي.			
2	مطابقة نوع الملحق لطبيعة الاستخدام (أحزمة/سلاسل/أصفاد/خطافات).			
3	فحص الأحزمة: قطع/تمزق/تلف خياطة/احتراق/تصلب/تلوث كيميائي.			
4	التأكد من وجود واقيات الحواف عند الحاجة وعدم انكشاف الألياف.			
5	فحص السلاسل: تمدد/التواء/تآكل الروابط/تشققات/وصلات غير أصلية.			
6	فحص الخطافات: تشققات/تآكل/فتح زائد/التواء/سلامة لسان الأمان.			
7	فحص الأصفاد: تشققات/تآكل/سن لولبي تالف/دبوس غير مطابق/غير مقفل.			
8	فحص الحلقات/الوصلات: تآكل/تشوه/تشققات.			
9	فحص نقاط التثبيت/العُرى: اهتراء/تلف/تشوه يمنع التثبيت الآمن.			
10	التأكد من عدم وجود مؤشرات تحميل زائد، أو صدمات سابقة.			
11	عزل أي ملحق غير مطابق ووضع بطاقة (لا يستخدم (Do Not Use)).			
12	توثيق العيوب بالصور ورفع تقرير للمسؤول/المخزن.			

الملحوظات الفنية:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملحوظات العامة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التغذية الراجعة:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

المحاكاة في التخطيط وتنفيذ عمليات الرفع والتنزيل

(Simulating in Lifting Planning and Execution)

ينتقل المتدرّب في هذا التطبيق إلى مرحلة التنفيذ العملي المتكامل باستخدام جهاز المحاكاة الذي يوفّر بيئة تدريبية آمنة تحاكي ظروف العمل الواقعية، ويركّز التطبيق على تخطيط عملية الرفع واختيار المسارات الآمنة وتنفيذ أوامر الرفع والخفض والتحريك ضمن حدود السعة المسموح بها، ويتدرّب المتعلم على التعامل مع المواقف الخطرة، مثل: عدم اتزان الحمولة أو ظهور إنذارات تجاوز الحمل، إضافة إلى تقييم الأداء بعد الانتهاء وتحليل الأخطاء التشغيلية، يسهم هذا التطبيق في تعزيز الثقة المهنية وبناء سلوك تشغيلي آمن يعتمد على التفكير المسبق واتخاذ القرار السليم.

■ أهمية التطبيق العملي:

- استخدام المحاكاة في تخطيط عملية الرفع قبل التنفيذ.
- تطبيق إجراءات التشغيل الآمن وفق سعات الرفع المعتمدة.
- تنفيذ تسلسل عمليات الرفع (الرفع، والخفض، والتحريك، والنقل، والتمركز).
- التعامل مع المخاطر المحتملة، مثل: عدم اتزان الحمولة، أو تجاوز السعة.
- تقييم الأداء وتحليل الأخطاء بعد انتهاء العملية.

■ المهارات المكتسبة من التطبيق العملي:

يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. **المهارات التشغيلية والفنية:**
   - تشغيل جهاز محاكاة الرافعة الشوكية والرافعة بكفاءة وأمان.
   - تنفيذ دورة رفع كاملة من البداية حتى النهاية.
   - التحكم في الحمولة بسلاسة أثناء الرفع والخفض.
   - تطبيق حدود الحمولة القصوى وفق لوحة السعة.
   - المحافظة على استقرار الحمولة أثناء الحركة.
2. **مهارات السلامة وإدارة المخاطر:**
   - تحديد المخاطر المحتملة أثناء عمليات الرفع والتنزيل.
   - تطبيق إجراءات الإيقاف الآمن عند حدوث حالة خطرة.
   - الالتزام بمناطق العزل ومنع الاقتراب أثناء الرفع.
   - الاستجابة الصحيحة لتنبيهات وأعطال جهاز المحاكاة.
3. **مهارات التخطيط واتخاذ القرار:**
   - إعداد خطة رفع مبسطة باستخدام بيانات المحاكاة.
   - اختيار مسار الحركة الأنسب، والأكثر أمانًا.
   - تقييم وزن الحمولة ومركز ثقلها قبل الرفع.
4. **مهارات التقييم والتحسين:**
   - تقييم الأداء بعد الانتهاء من المحاكاة.
   - تحليل الأخطاء التشغيلية وأسبابها.
   - اقتراح إجراءات تصحيحية لتحسين الأداء مستقبلًا.

■ قائمة التحقق لعملية محاكاة الرافعة الشوكية والرافعة المتحركة:

يوضح الجدول الآتي قائمة التحقق لعملية محاكاة الرافعة الشوكية والرافعة المتحركة:

	الإجراء/التمرين	اجتاز	لم يجتز	يحتاج إلى مساعدة
الرافعة الشوكية				
1	فحص الوضع الابتدائي للمعدّة قبل التشغيل على المحاكاة.			
2	رفع الحمولة من مستوى الأرض بأمان.			
3	خفض الحمولة بسلاسة إلى الموقع المحدد.			
4	التحرك للأمام والخلف مع الحفاظ على اتزان الحمولة.			
5	المحاذاة الصحيحة للشوك مع الحمولة.			
6	نقل الحمولة عبر مسار محدد دون فقدان الاستقرار.			
7	تنفيذ عملية تكديس الحمولة على ارتفاع.			
8	الاستجابة لحالة غير آمنة (إيقاف أو تصحيح).			
الرافعة المتحركة				
9	تجهيز عملية الرفع على المحاكاة وفق خطة الرفع.			
10	رفع الحمولة عموديًا باستخدام الونش.			
11	خفض الحمولة بأمان وتحكم.			
12	تدوير الذراع يمينًا ويسارًا مع الحفاظ على الاتزان.			
13	تحريك الحمولة أفقيًا وفق المسار المخطط.			
14	وضع الحمولة في موقعها النهائي بدقة.			
15	التعامل مع إنذار، أو زيادة حمولة في المحاكاة.			
16	تنفيذ الإيقاف الطارئ عند ظهور خطر.			
عام				
17	الالتزام بإجراءات السلامة أثناء العملية.			
18	الحفاظ على التواصل الفعّال أثناء عملية الرفع.			
19	تقييم العملية بعد الانتهاء وتحديد الأخطاء.			

ملحوظات المدرب:

.....

.....

.....

.....

قرار التقييم النهائي:

- ☐ اجتاز.
- ☐ يحتاج إلى إعادة تدريب.
- ☐ لم يجتز.

الملحوظات الفنية:

.....

.....

.....

.....

الملحوظات العامة:

.....

.....

.....

.....

.....

التغذية الراجعة:

.....

.....

.....

.....

.....

رقم الإيداع
٢٠٢٦/١٠٥٠٢م

www.moe.gov.om