

صيانة نظم القوى الكهربائية

مقدمة عن أهمية الصيانة

الجدارة:**الأهداف:**

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

١. ملما بأهداف صيانة المعدات الكهربائية .
٢. ملما بتخطيط برامج الصيانة ومعرفة اعتبارات الصيانة ومتطلباتها .

مستوى الأداء المطلوب:

الوقت المتوقع للتدريب : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة:

استخدام التعليمات في هذا الفصل .

متطلبات الجدارة:

يجب التدرب على جميع المهارات الموجودة بالوحدة .

الفصل الأول : مقدمة عن أهمية الصيانة

Introduction to Maintenance Importance

الصيانة هي عملية إبقاء الآلات والمعدات والماكينات وبالتالي إبقاء المنظومات تعمل في حالة جيدة، ولقد مرت الصيانة بمراحل مختلفة من التطور حيث بدأت بأسلوب ردة الفعل بمعنى إصلاح المعدة إذا تعطلت وعدم القيام بأي نشاط إذا كانت الماكينة تعمل بشكل جيد. ثم تطورت إلى اتخاذ بعض الإجراءات لتلافي المشاكل التي كانت تحدث بسبب استخدام أسلوب ردة الفعل فظهرت أساليب متعددة ومختلفة للصيانة نوجز منها ما يلي :

١. الصيانة الدورية **Routine or Periodical Maintenance** : والتي تعد وتصمم من قبل الشركات

المنتجة للآلات والمعدات والماكينات التي تمثل عناصر المنظومات على حسب غرض الاستخدام والمواصفات الفنية لهذه العناصر دون الأخذ في الاعتبار لظروف التشغيل والظروف المناخية المحيطة بهذه العناصر ، ويعتمد هذا النوع من الصيانة على انقضاء فترة زمنية معينة للقيام بعمل فحص أو تغيير بعض الأجزاء أو إعادة إعمار المعدات ، ولكنها في بعض الأحيان تكون شيئاً صورياً لا يتم أخذه بجدية وقد لا يتم تنفيذ معظم بنوده أو يتم تنفيذها في غير مواعيدها وبصورة غير متقنة ، وتعتمد فترات الصيانة الدورية على ما هو مذكور في كتيب تشغيل وصيانة المعدات أي توصيات المنتج ، وكذلك خبرة العاملين وسجل تاريخ صيانة هذه المعدات .

٢. الصيانة الوقائية **Preventive Maintenance** : والتي تعتمد فكرتها على أن لكل آلة أو معدة

أو ماكينة وكذلك لكل جزء من أجزائها عمراً افتراضياً معيناً يمكن حسابه بالتقريب وعلى ذلك فإنه قبل موعد انتهاء هذا العمر الافتراضي يتم استبداله وبذلك يتم تجنب حدوث الكثير من الأعطال غير المتوقعة التي كانت تحدث في السابق ، ومع ذلك فإن احتمال حدوث أعطال غير متوقعة مازال وارداً حيث يمكن أن تتعرض الماكينات والمعدات لظروف تشغيل قاسية مما يعجل بموعد تلف أحد أجزائها ، كما أن احتمال تغيير واستبدال بعض الأجزاء وهي في حالة جيدة يكون وارداً مما يعني خسارة مادية كبيرة .

٣. الصيانة التنبؤية **Predictive Maintenance** : وتعتبر من أحدث أساليب الصيانة ، وتعتمد على

مراقبة حالة الماكينات أو المعدات *condition monitoring* من أجل التنبؤ بنوع وميعاد العطل قبل حدوثه مما يترتب عليه توفير مال أكثر من أي نوع من أنواع الصيانة الأخرى (سواء الصيانة

الدورية أو الوقائية) لأن الإصلاحات تتم فقط عند الحاجة أي قبل حدوث العطل بالإضافة إلى أنها تكون مخططة ومدروسة وتحت السيطرة، ويتم ذلك باستخدام عدة تقنيات من أهمها:

- قياس الاهتزازات الميكانيكية وتحليلها Vibration Measurements and Analysis
- الفحص البصري Visual Inspection
- تحليل الزيوت Oil Analysis
- الأشعة فوق الصوتية Ultrasonic Testing
- الأشعة تحت الحمراء Infrared Thermography
- تحليل المحركات Motor Anlysis

و يتم الجمع حاليًا في المجالات الصناعية المختلفة بين جميع أنواع الصيانة السابق ذكرها، فليس معنى أن الصيانة التنبؤية هي أحدث هذه الأساليب أن يتم استخدامها في جميع المجالات حيث إن تكلفة إنشاء نظم الصيانة التنبؤية تكون مكلفة جدًا لذلك فإنها تطبق فقط على المعدات الحرجة أي غالية الثمن أو تلك التي تكون محورية في العملية الإنتاجية أو المنظومة ويمكن أن يتوقف الإنتاج أو تتعطل المنظومة بأكملها في حالة تعطل هذه الماكينات أو المعدات. أما باقي المعدات فيمكن عمل جداول صيانة وقائية لها خاصة إذا كانت هذه المعدات لها عمر افتراضي محسوب، كما أنه يوجد أيضا بعض المعدات أو الأجزاء التي يمكن تركها لتعمل بدون أية صيانة حتى يحدث بها عطل فيتم إصلاحه وهذه المعدات هي المعدات غير المهمة أي التي لا يترتب على توقفها توقف العملية الإنتاجية أو عمل المنظومات والتي تكون تكلفة عمل صيانة وقائية أو تنبؤية لها أكبر من تكلفة إصلاحها.

وطبقا لما سبق فإن إجراءات وبرامج الصيانة تعتبر من أهم الخطوات التي تحافظ على الأداء المستمر والصحيح لكافة المنظومات الصناعية وغيرها، حيث توفر هذه البرامج والإجراءات أهم عوامل الأمان الصناعي لكافة الآلات والمعدات والممتلكات والأفراد العاملين في هذه المجالات.

وعادة تحتاج أي منظومة عاملة أيا كان نوعها إلى برامج مختلفة لعمليات الصيانة لتجنب الانهيارات والتلفيات التي تحدث في الآلات والمعدات والعناصر الأخرى للمنظومات نتيجة التقادم ومعدلات الاستهلاك لتلك العناصر، إضافة إلى تجنب الآثار الناتجة عن ظروف التشغيل والظروف البيئية والمناخية المحيطة بعناصر المنظومات.

ونظرا للأهمية الكبيرة لبرامج الصيانة بالنسبة لكافة المنظومات والعناصر فإن إدارات الصيانة والمسؤولين عنها يهتمون دائما بالتخطيط والتصميم الجيد لبرامج الصيانة على اختلاف أنواعها وأهدافها ، كما تعمل هذه الإدارات على أن تؤخذ في الاعتبار الإجراءات الاحترازية قبل القيام بعمليات الصيانة مثل :

١. إتباع الإرشادات الخاصة بالسلامة المهنية بدقة .
٢. ارتداء الملابس والأدوات الخاصة عند القيام بعمليات الصيانة .
٣. توفر المعلومات اللازمة مثل الرسومات ومخزون قطع الغيار وغير ذلك .
٤. التنسيق الجيد بين أعمال الصيانة والاستخدام الأمثل للموارد .
٥. التفاعل مع باقي الإدارات لتحقيق التكامل في أداء عمليات الصيانة وتجنب التعطل .
٦. الحرص على وجود تصاريح الصيانة على أن تكون سارية المفعول ومعبأة من قبل المسؤول عن الصيانة .

Why do we maintain?

١-١ لماذا نقوم بالصيانة ؟

تعتبر منظومات القوى الكهربائية من أهم علامات التطور الصناعي والتكنولوجي في البلدان والمجتمعات المختلفة ، وقد نشأت الحاجة إلى التحكم ومتابعة تشغيل وصيانة هذه المنظومات نظرا لكبر حجمها وازدياد التعقيد في تركيبها ، ويعتبر تلف واستهلاك المعدات الكهربائية شيئا طبيعيا حيث تبدأ هذه العملية بمجرد الانتهاء من عمليات التركيب والتشغيل ، وإذا لم تجرى بعض الاختبارات ضد التلف فإنه قد ينتج عن ذلك عدم التشغيل الصحيح إضافة إلى الانهيارات للمعدات والآلات الكهربائية وما قد يترتب على ذلك من خسائر في الأرواح والمعدات والممتلكات . من هنا تأتي أهمية برامج الاختبارات والصيانة الدورية والوقائية بهدف الاكتشاف المبكر لعوامل التلف في المعدات والآلات الكهربائية ومعالجة أسبابها تجنباً للمخاطر التي قد تؤدي إلى الانهيارات أو فصل الخدمة الكهربائية ومن أهم المكاسب لبرامج الاختبارات والصيانة ما يلي :

١ - مكاسب مباشرة :

- وتتلخص هذه المكاسب في الآتي :
- تقليل الحوادث الطارئة غير المتوقعة .
- تقليل عدد مرات فصل الخدمة وإطالة الفترة الزمنية بين الأخطاء .

- انخفاض تكاليف الإصلاح وتحسين اقتصاديات الصيانة .
- انخفاض زمن التعطل للآلات والمعدات و زيادة موثوقيتها .
- تحسن عوامل الأمان للأفراد والممتلكات .
- اكتشاف العيوب والأخطاء في المنظومات سواء في التصميمات الأصلية أو التي تنتج لاحقا نتيجة التغيرات التي تطرأ على هذه المنظومات .
- تبسيط محتويات السجلات الخاصة بالصيانة .
- تحسين خطط التشغيل للآلات والمعدات وخطط التحميل للأفراد

٢ - مكاسب غير مباشرة :

وتتعلق هذه المكاسب بالعاملين ، وتتلخص في الآتي :

- وجود عمالة جيدة .
- زيادة الإنتاجية للعاملين .
- تطوير وتحسين التدريب على رأس العمل بالنسبة للأفراد .
- تطوير وتحسين الإدارة .

Maintenance Programs Planning

٢-١ تخطيط برامج الصيانة

المقصود بعملية تخطيط برامج الصيانة في أبسط تعبير هو الوصول إلى برامج صيانة وقائية للمنظومات بكل ماتحويه من عناصر وأجهزة وآلات ومعدات وتحديد متطلبات ومواعيد إجراءات الصيانة وتوفير قطع الغيار والوصول إلى الاستخدام الأمثل لمصادر هذه المنظومات .

ويتم تخطيط برامج الصيانة بحيث توضح بالتفصيل خطوات وإجراءات الصيانة اللازمة ، وعدد مرات تكرار هذه الإجراءات ، وكيفية تنفيذها ، والقائمين على التنفيذ لكل جزء من المعدات والآلات في المنظومة بناء على خبرات هندسية وعملية بمواصفات تقنية قياسية ، كما يجب أن تسجل هذه المعلومات خطوة بخطوة تفصيليا على كروت خاصة يطلق عليها كروت احتياجات الصيانة Maintenance Requirement Cards حيث تحتوي هذه الكروت على المعلومات التالية :

- تحديد من يقوم بعملية الصيانة
- موعد التنفيذ
- كيفية التنفيذ
- تحديد مكان الجزء الذي تجرى عليه الصيانة
- مصادر تغطية متطلبات هذه الصيانة

ويجب أن يراعى في تخطيط هذه البرامج للصيانة الوقائية أن تمثل القدر الأدنى من الصيانة التي تحفظ الآلات والمعدات في حالات التشغيل الصحيح والكاملة ، وأن تكون هذه البرامج مرنة بقدر كاف وقابلة للتعديل لتتوافق مع ظروف عمل وتشغيل المنظومات وتغيراتها .

وللتعرف على طرق وكيفية صيانة نظم القوى الكهربائية يلزم أولاً المراجعة السريعة لعناصر منظومات القوى ونظم توزيع القدرة الكهربائية .

٣-١ مراجعة لعناصر منظومات القوى ونظم توزيع القدرة الكهربائية

Elements of Electrical Power Systems & Distribution Systems

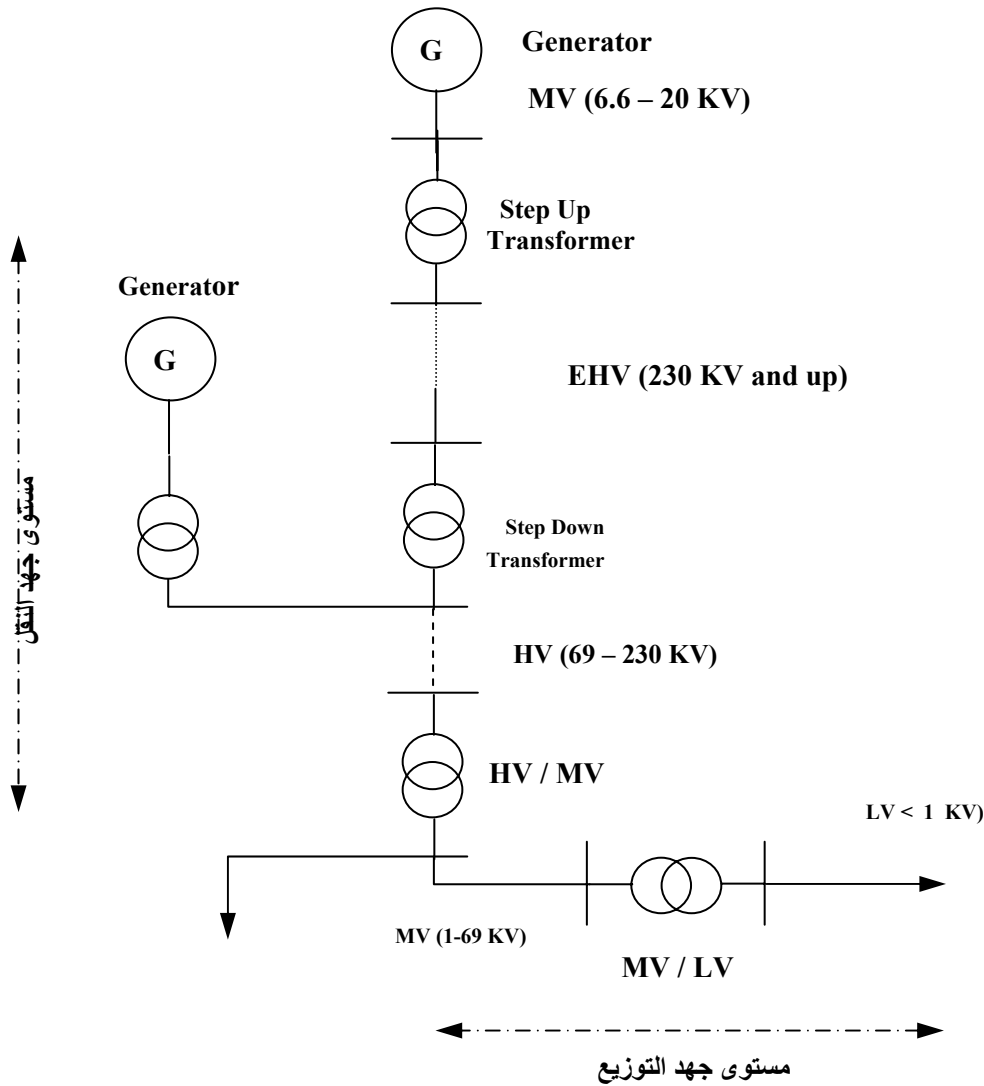
تتكون منظومات القوى الكهربائية الحديثة ذات التيار المتردد من العناصر التالية :

Electric Power Generation stations	• محطات توليد القدرة الكهربائية
Step-up Transformer Substations	• محطات محولات الرفع
Transmission Lines	• خطوط نقل القدرة الكهربائية
Step-down Transformer Substations	• محطات محولات الخفض
Primary Distribution Networks	• خطوط وشبكات التوزيع الابتدائي
Service Transformers for Distribution	• مجموعة محولات خدمة التوزيع
Secondary Distribution Networks	• خطوط وشبكات التوزيع الثانوي

ويمكن تقسيم هذه العناصر إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

Generation stations	• مجموعة محطات التوليد
Transmission lines	• مجموعة نظم وخطوط النقل
Distribution networks	• مجموعة شبكات ونظم التوزيع

شكل (١ - ١) يوضح نموذجاً عاماً لمنظومة قوى كهربائية حيث يتم توليد القدرة الكهربائية عند جهود مستويات التوليد (20 K.V , 13.8 K.V , 11 K.V and 6.6 K.V) ثم ترفع إلى جهود عالية أو فائقة بواسطة محولات رفع لتصل إلى مستويات الجهود على خطوط وشبكات النقل والتي تتراوح بين (66 K.V , 132 K.V , 220 K.V , 380 K.V and 400 K.V) ثم تنقل عبر هذه الخطوط إلى مسافات طويلة ، وفي المرحلة الأخيرة تغذى الأحمال الكهربائية بأنواعها الصناعية والتجارية والسكنية من خلال خفض المتدرج لهذه الجهود العالية بواسطة محولات خفض لتصل إلى مستويات التوزيع الابتدائي (33 K.V , 20 K.V , 13.8 K.V , 11 K.V and 6.6 K.V) أو مستويات التوزيع الثانوي (380 / 220 volts or 220 / 110 volts) .



شكل (١ - ١) - نموذج لمنظومة قوى كهربائية بمستويات الجهد المختلفة

Electric Power Stations

١ - ٣ - ١ : محطات توليد القوى الكهربائية

يتم توليد الطاقة الكهربائية بطرق مختلفة ومتعددة منها الطرق التقليدية والطرق الجديدة والمتجددة حيث توجد محطات التوليد الحرارية Thermal power stations بأنواعها المختلفة (المحطات البخارية Steam power stations - المحطات الغازية Gas turbine power stations - محطات الديزل Diesel generators) ، محطات التوليد الهيدروليكية Hydraulic power stations ومحطات التوليد النووية Nuclear power stations ، إضافة إلى مصادر التوليد الجديدة والمتجددة New and Renewable Energy Sources وقد شهد قطاع الكهرباء في المملكة تطورا كبيرا بإنشاء المحطات عالية القدرة ودخولها الخدمة خلال سنوات قليلة في المناطق المختلفة بالمملكة.

Electric Power Transmission Systems

١ - ٣ - ٢ : منظومات نقل القوى الكهربائية

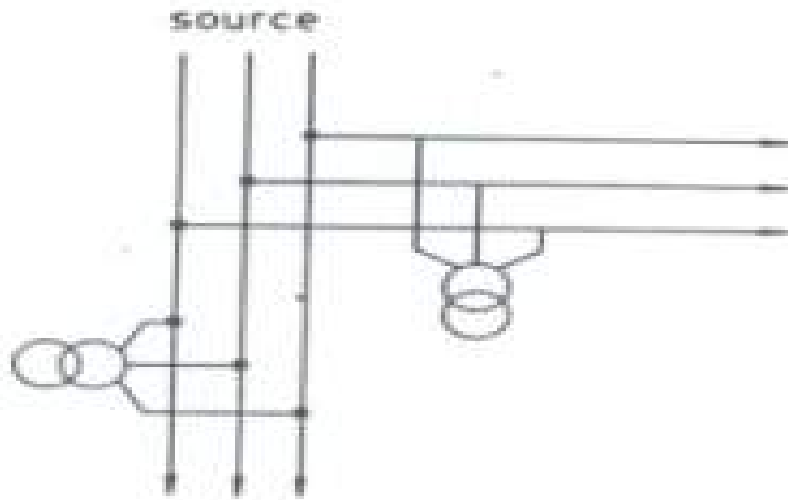
تستخدم خطوط النقل الهوائية عادة في نقل القدرة الكهربائية من محطات التوليد إلى مناطق التوزيع ، وتتكون خطوط النقل في حالة التيار المتردد من دائرة مفردة ثلاثية الوجه أو دائرة مزدوجة ثلاثية الوجه . ونظرا لاتساع رقعة المملكة ووجود عدد من المدن والقرى على مسافات متفاوتة فقد تم إنشاء شبكات نقل ذات جهود عالية وفائقة لنقل الطاقة من أماكن توليدها إلى مسافات بعيدة حيث توجد أماكن الاستهلاك . وتصنع موصلات خط النقل عادة من النحاس أو الألمنيوم أو الألمنيوم المقوى بالصلب ، كما تحمل هذه الموصلات على أبراج من الصلب أو أعمدة من الخرسانة أو الخشب أو المواسير المعدنية على حسب الجهد المنقول عليها ، أيضا يتم استخدام عوازل كهربائية لعزل هذه الموصلات عن الأبراج يتوقف نوعها وشكلها وعدد وحداتها على جهد التشغيل للخط ، وتزداد القدرة المنقولة عبر الخط بزيادة الجهد الذي يعمل عنده الخط .

Electric Distribution Systems

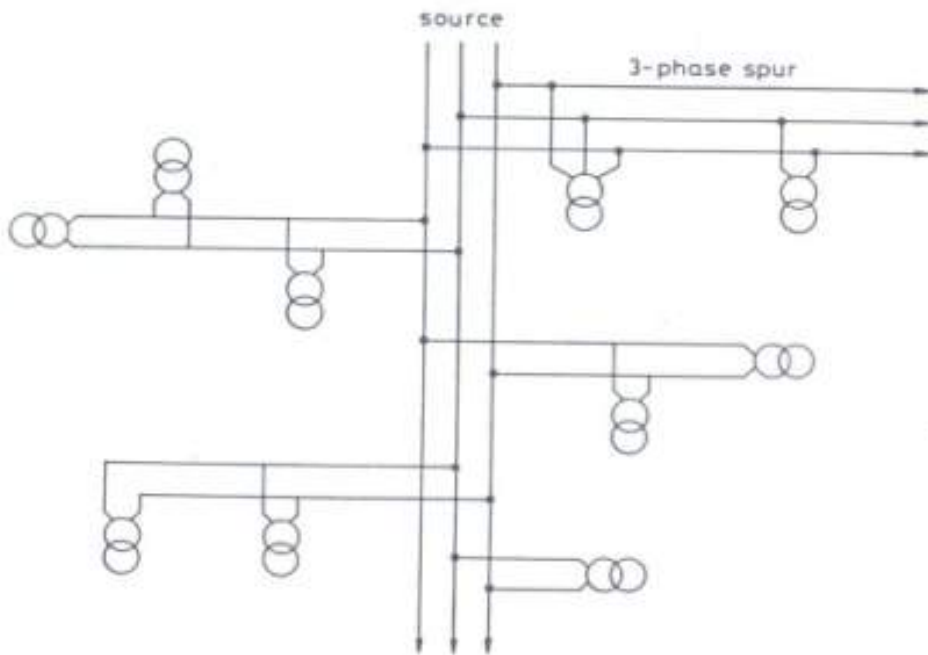
١ - ٣ - ٣ : منظومات التوزيع الكهربائية

المهمة الأساسية لمنظومات التوزيع هي استقبال القدرة الكهربائية المرسله من محطات التوليد عبر خطوط النقل وتوزيعها على المستهلكين باختلاف أنواعهم على جهود تتناسب مع أغراض الاستهلاك ، ويتم ذلك من خلال محطات تحويل فرعية substations لتحويل الجهود الفائقة (EHV) أو العالية (HV) إلى جهود متوسطة (MV) أو جهود منخفضة (LV) . وتستخدم كل من الموزعات الهوائية والكيابل الأرضية في منظومات التوزيع ، وعلى الرغم من أن التوزيع باستخدام الكيابل الأرضية يتكلف أضعاف ما يتكلفه التوزيع باستخدام الموزعات الهوائية ، إلا أن استخدام الكيابل الأرضية يعد ضرورة حتمية في حالة التوزيع في المناطق السكنية .

ويتم التوزيع عادة على مرحلتين : التوزيع الأولي (الابتدائي) Primary distribution على جهود تتراوح بين 33 KV – 6.6 KV حسب الجهود القياسية المستخدمة في المنطقة ، ثم التوزيع الثانوي (المنخفض) Secondary distribution على جهود الاستخدام حيث يوجد نظامان 220/110 V. أو 380/220 V. الأشكال (١ - ٢ - أ) ، (١ - ٢ - ب) يوضحان أجزاء من شبكة جهد متوسط تحتوي على محولات توزيع ثلاثية الأوجه وأخرى أحادية الوجه بمستويات جهد 11KV أو 13.8 KV .



شكل (١ - ٢ - أ) - شبكة توزيع جهد متوسط بمحولات توزيع ثلاثية الأوجه .



شكل (١ - ٢ - ب) - شبكة توزيع جهد متوسط بمحولات توزيع ثلاثية الأوجه وأحادية الوجه .

١-٤ : اعتبارات الصيانة ومتطلباتها :

Maintenance Considerations and Requirements

لإتمام التنفيذ الصحيح والدقيق لبرامج الصيانة والوصول إلى الأهداف المرجوة منها وتحقيق المكاسب المباشرة وغير المباشرة لهذه البرامج من التشغيل الصحيح والأمن لجميع عناصر ومعدات وآلات المنظومات ، إلى تجنب الانهيارات والمحافظة على الممتلكات والأرواح ، فإنه يلزم مراعاة بعض الاعتبارات والمتطلبات لهذه البرامج نوجزها فيما يلي :

١. عمليات الأمان والسلامة المهنية .

٢. التصميم الجيد والتطوير لبرامج الصيانة .

٣. توفير الكوادر البشرية المدربة .

٤. توفير معدات وأدوات التنفيذ .

٥. توفير قطع الغيار .

٦. الاحتفاظ بالسجلات .

١-٤-١ : عمليات الأمان والسلامة المهنية :

من المتطلبات والاعتبارات الأساسية للصيانة هو توفر عوامل الأمان والسلامة الصناعية والمهنية حتى يمكن اتمام عمليات الصيانة بكل مراحلها بأمان دون تعرض القائمين على هذه الصيانة لأيّة مخاطر فنية أو مهنية وتوفر الحماية الكاملة لكل من الأفراد والمعدات ، وعلى ذلك ينصح دائماً باتباع شروط السلامة المهنية بكل دقة عند إجراء عمليات الصيانة إضافة إلى ارتداء الملابس المناسبة لكل عملية صيانة واستخدام معدات الصيانة الاستخدام الأمثل والتدريب المسبق على ذلك لتلافي حدوث المخاطر المهنية أثناء إجراءات وعمليات الصيانة .

١-٤-٢ : التصميم الجيد لبرامج الصيانة :

من أهم اعتبارات ومتطلبات الصيانة أن تصمم كل من برامج الصيانة الدورية وبرامج الصيانة الوقائية تصميمًا جيدًا ، بحيث يعكس هذا التصميم مراعاة المواصفات الفنية لعناصر المنظومات إلى جانب الظروف الفعلية لتشغيل هذه العناصر وتغير الظروف المناخية المحيطة بهذه العناصر ، كما يجب أن يعكس هذا التصميم الخبرة العملية المتوفرة لدى القائمين على الصيانة في التعامل مع عناصر المنظومات ، إضافة إلى ما تقدم يجب أن تصمم برامج الصيانة الوقائية بحيث تهدف إلى تفادي الانهيارات غير المتوقعة لعناصر وآلات ومعدات المنظومة وجدولة مواعيد الصيانة

وتحديد تكلفة القيام بأعمال الصيانة وكذلك تكلفة المواد وقطع الغيار المستخدمة والتنسيق مع الأقسام الأخرى حتى يتحقق الاستخدام الأمثل للموارد وتلافي التعطل الزائد وإتمام عمليات الصيانة في الأوقات المحددة لذلك.

١- ٤- ٣ : توفير الكوادر البشرية المدربة :

لضمان نجاح التنفيذ الجيد لبرامج الصيانة المختلفة بعد تصميمها والوصول إلى الأهداف المرجوة من هذه البرامج فإنه يجب مراعاة توفير الكوادر البشرية الماهرة والمدربة تدريباً عالياً على تنفيذ مثل هذه البرامج واستخدام الحواسيب البشرية وكذلك استخدام الحساسات وإتمام عمليات التزييت والتشحيم والمعايرة للآلات والمعدات والعناصر المختلفة للمنظومات، كما يجب أيضاً استمرارية تطوير ورفع الأداء المهني لهذه الكوادر والمحافظة على مستويات الأداء الجيد لفرق الصيانة في المنظومات المختلفة .

١- ٤- ٤ : توفير معدات وأدوات التنفيذ :

إلى جانب التصميم الجيد لبرامج الصيانة وتوفير الكوادر البشرية المهنية المدربة تدريباً كافياً لتنفيذ هذه البرامج فإنه يجب مراعاة توفر معدات وأدوات تنفيذ حديثة ومتطورة حتى تتمكن فرق الصيانة من أداء مهامها بكفاءة ونجاح ، إضافة إلى ما ينتج عن هذا الأداء الجيد من توفير في الوقت والجهد والمال المنصرف على عمليات الصيانة . لذا يجب التنبه على ضرورة تحديث وتطوير أدوات ومعدات التنفيذ للصيانة باستمرار مع تدريب فرق الصيانة على استخدام كل ما هو حديث من أدوات ومعدات .

١- ٤- ٥ : توفير قطع الغيار :

في النهاية يجب مراعاة توفير قطع الغيار لمختلف عناصر وآلات ومعدات المنظومات بمستودعات الصيانة بحيث تكون متوفرة وحاضرة لإجراء الإصلاحات اللازمة لهذه العناصر في أقصر وقت ممكن تجنباً لتعطيل إتمام عمليات الصيانة في الوقت المحدد لها أو إطالة البرنامج الزمني لتنفيذ عمليات الصيانة الدورية أو الوقائية .

١- ٤- ٦ : الاحتفاظ بالسجلات :

إضافة إلى الاعتبارات السابقة يجب أيضاً الاحتفاظ بسجلات الصيانة حتى يمكن استخدامها في دراسة تطوير وتعديل برامج الصيانة ، وكذلك الاطلاع على هذه السجلات عند إجراء الصيانة

لاحقا لهذه الآلات والمعدات والمنظومات للوقوف على كيفية إتمام الصيانة وكيفية معالجة الظروف الطارئة التي تظهر أثناء القيام بعمليات الصيانة ، إضافة إلى تكوين الخبرة لدى فرق الصيانة والقائمين على الإشراف ومخططي برامج الصيانة فيما يتعلق بتكرار حدوث الأسباب المؤدية إلى الصيانة وطرق التقليل من هذه الأسباب وتلافي الآثار الضارة لها .

أسئلة وتمارين

١. اشرح أهمية الصيانة للمنظومات
٢. اذكر المكاسب المباشرة وغير المباشرة لبرامج الصيانة
٣. ما المقصود بتخطيط برامج الصيانة
٤. اشرح بإيجاز محتويات كروت احتياجات الصيانة
٥. اذكر مصادر توليد الطاقة الكهربائية
٦. اشرح وظيفة شبكات النقل الكهربائي في منظومة القوى الكهربائية
٧. يتم توزيع الطاقة الكهربائية على مرحلتين ، اشرح مراحل التوزيع موضحا مستويات الجهد في كل منها
٨. اشرح بإيجاز أهم اعتبارات ومتطلبات الصيانة