صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة محطات التحويل الكهربائي

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون:

ملما بطرق صيانة محطات التحويل الكهربائي بأجزائها المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ١٨ ساعة

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الوحدة.

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات الموجودة في الوحدة .

الفصل الثاني: صيانة محطات التحويل الكهربائي Maintenance of Substations

في هذا الفصل سوف ندرس وظائف محطات التحويل الفرعية ، مكوناتها ، أنواعها ، وأهم الطرق المتبعة لصيانة واختبار عناصر ومكونات هذه المحطات المختلفة وأنواع الصيانات التي تجرى عليها.

٢- ١ : وظائف محطات التحويل الفرعية : Function of Substations

يمكن تلخيص الوظائف الرئيسة لمحطات التحويل الفرعية أو محطات التوزيع كما يلي :

١. استقبال القدرة الكهربائية المتولدة في محطات التوليد ، أو القدرة الكهربائية المنقولة على منظومة النقل ورفع أو خفض الجهد على حسب نوع المحطة .

٢. تأمين ضروريات الفصل والتوصيل (Switching devices) .

٣. تأمين أجهزة الحماية لفصل المعدات أو عزلها في حالة حدوث الأخطاء (Protection devices)

٤. تنظيم الجهد في منظومة القوى الكهربائية (Voltage regulation).

طبقا لهذه الوظائف يتضح أن المكونات الرئيسة لمحطات التحويل أو التوزيع هي :

- محولات قدرة لرفع أو خفض الجهد Step-up or step-down transformers
- قواطع إلية للتيار ، ومرحلات حماية Circuit breakers & relays
- محولات قياس للجهد والتيار Voltage and current transformers
- قضبان ربط وتوزيع Bus-Bars
- أجهزة فصل وتوصيل وعوازل للدوائر Switching equipment & insulators

٢- ٢ : أنواع محطات التحويل الفرعية Types of Substations

يمكن تقسيم محطات التحويل الفرعية إلى نوعين رئيسين كما يلي :

١. محطات النقل والتحويل الفرعية Transmission substation .

٢. محطات التوزيع الفرعية Distribution substation .

- وتنشأ محطات النقل الفرعية بالقرب من محطات التوليد - في بداية خطوط نقل الطاقة – أو عند نقاط الفصل في منظومات النقل ، ووظيفة هذه المحطات هي تأمين ربط مولدات المحطات المختلفة بالشبكة ورفع الجهود الكهربائية من مستويات التوليد إلى المستويات العالية أو الفائقة المناسبة لمنظومة نقل الطاقة لمسافات طويلة حيث توجد مراكز الأحمال . شكل رقم (٢- ١) يبين نموذج لمثل هذه المحطات .
- أما محطات التوزيع الفرعية فتنشأ في مركز الحمل الكهربائي أو بالقرب من المستهلكين حيث تعمل على خفض الجهود الكهربائية من مستويات النقل العالية إلى مستويات تناسب استهلاك الأحمال المحلية ، وتوجد بعض هذه المحطات في أماكن مفتوحة ومعرضة للأجواء الخارجية ، وبعضها مغلق داخل أماكن معدة خصيصا وتحتل جزءا من العمارات السكنية أو المصانع على حسب الموقع .

٢- ٣ : خطوات الصيانة لمحطات التحويل الفرعية Steps of maintenance for substations

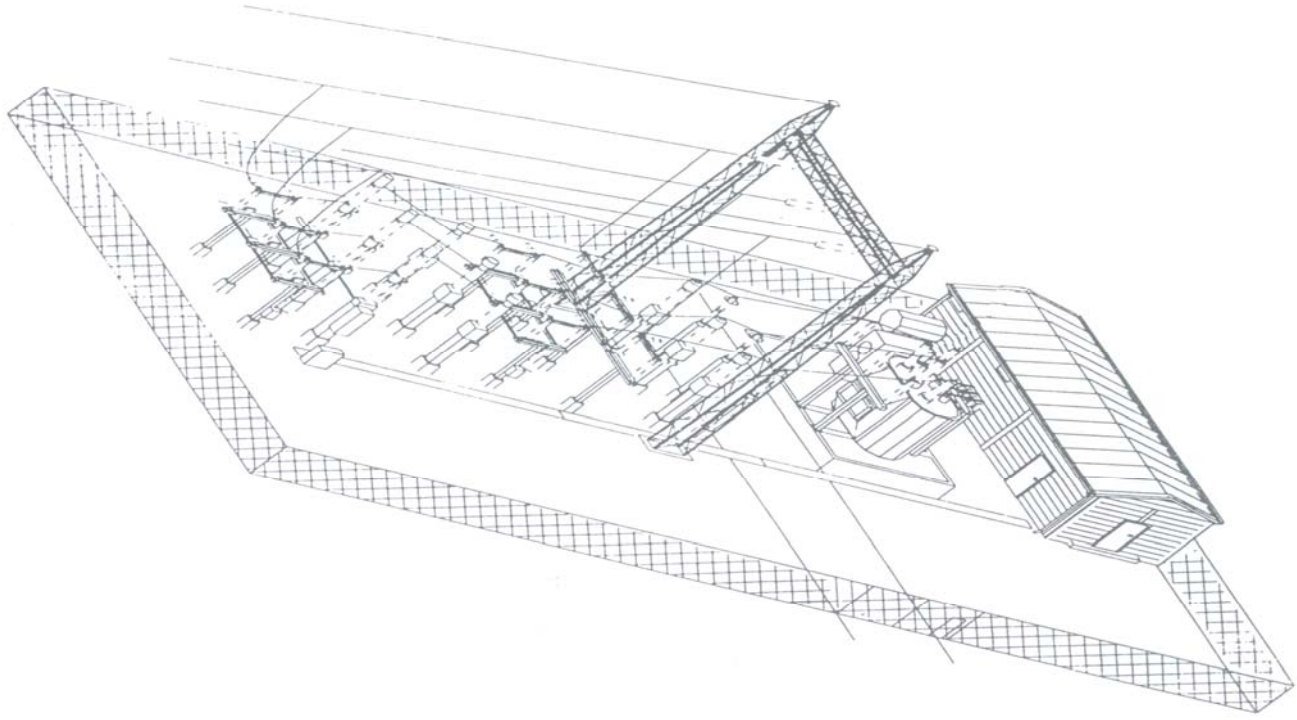
تتضمن برامج الصيانة خطوات ثلاث يجب تنفيذها للوصول إلى تشغيل المحطات بكفاءة عالية وهي :

- الصيانة الوقائية والاختبارات .
- الإصلاح الكهربائي .
- تحليل الانهيارات .

٢- ٣- ١ : الصيانة الوقائية والاختبارات

وتتضمن هذه العملية خطوات فحص ، تنظيف ، ضبط ، واختبار المعدات الموجودة بالمحطة للتأكد من عملها بدون أي مشاكل حتى الموعد التالي للفحص والاختبار ، وتسجيل القراءات والمشاهدات التي تم الحصول عليها أثناء الفحص أو الاختبارات ، ويساعد ذلك على الاكتشاف المبكر للأجزاء التي قد يحدث لها انهيار لعمل خطة لاستبدالها دون حدوث أي مضاعفات غير مرغوب فيها.

إضافة إلى ذلك فإن تسجيل هذه النتائج يساعد على تعديل برامج الصيانة الوقائية لتفادي الانهيارات الفجائية وغيرها من المخاطر غير المتوقعة .



شكل (٢- ١) – نموذج لمحطة تحويل ونقل فرعية

٢- ٣- ٢ : الإصلاحات الكهربائية

يعتبر إصلاح المعدات والآلات الكهربائية التي يعتمد عليها إنتاج المحطة من المهام الأساسية لأي برنامج صيانة جيد ، ويجب أن تجرى الصيانة بطريقة اقتصادية كما يجب أن يكون الهدف من برنامج الصيانة تفادي الانهيارات غير المتوقعة لمعدات المحطة ، وإذا حدثت مثل هذه الانهيارات فإن قطع الغيار يجب أن تكون متوفرة وحاضرة لإجراء الإصلاحات اللازمة في أقصر وقت ممكن .

٢- ٣- ٣ : تحليل الانهيارات

يجب تحليل الانهيارات التي تحدث لمعدات المحطة للوقوف على أسبابها وتحديد الخطوات اللازم توفرها لعدم تكرار مثل هذه الانهيارات ، وإذا كان السبب غير منطقي فإنه يجب مراجعة مواصفات ونوعية المعدات المستخدمة بالمحطة .

وتجرى الاختبارات على معدات المحطات عادة أثناء التشغيل on field tests بعد تركيبها ودخولها الخدمة وذلك للتأكد من :

- أن المعدات التي أدخلت الخدمة حديثا لم يحدث لها أي تدمير جزئي أثناء التركيب .

- لتقرير ما إذا كانت هناك ضرورة لصيانة تصحيحية أو استبدال لهذه المعدات .
- لبيان ما إذا كانت هذه المعدات قادرة على أداء المهام المصممة عليها بدقة وأمان .
- لتسجيل معدل الاستهلاك لهذه المعدات على طول مدة خدمتها .

وفي ضوء هذه الخطوات التي تجرى على المعدات الكهربائية بالمحطات يمكن تقسيم الاختبارات إلى نوعين رئيسين هما :

١. اختبارات قبول Acceptance tests : وتعرف هذه الاختبارات بأنها اختبارات إثبات وتجرى على المعدات الجديدة عادة بعد إتمام عمليات التركيب والتجهيز قبل دخولها الخدمة وتجرى عند مستوى جهد يصل إلى ٨٠٪ من الجهد المقنن أو المحدد من قبل المصنع.

٢. اختبارات الصيانة الدورية Routine maintenance tests : وتجرى هذه الاختبارات على فترات زمنية دورية على طول العمر الافتراضي للمعدات ، كما أنها تجرى بالتزامن مع اختبارات الصيانة الوقائية عند ٦٠٪ من الجهد المحدد من المصنع ، ويجب تسجيل معلومات الاختبارات كما وجدت وتسجيل الحالة التي تركت عليها المعدات بعد الاختبار .

٢- ٤ : عزل المحطة كهربائيا :

عند إجراء الصيانة على محطات التحويل سواء كانت هذه الصيانة جزئية أو كلية فإنه يجب عزل المحطة كهربائيا أولا وقبل كل شيء وذلك لضمان الأمان للقائمين على الصيانة ووقايتهم من مخاطر التعرض للجهود والتيارات العالية الموجودة في محطات التحويل ، ويتم ذلك الفصل على مرحلتين :

أ – الفصل الإلى من بعد : ويتم هذا الفصل أو العزل الكهربي باستخدام القواطع الإلية الموجودة بالمحطة ، حيث تفصل هذه القواطع من بعد باستخدام لوحات التحكم الخاصة بها وذلك لتجنب ما قد ينتج عن ذلك الفصل من أقواس أو شرر كهربي حيث يتم إخماد هذا الشرر داخل القواطع الإلية . كما يراعى عمل الفرملة اللازمة للقواطع (Circuit Breaker Blocking) حتى نتجنب التشغيل لهذه القواطع بطريق الخطأ أثناء عمل فريق الصيانة مما قد يعرضهم للمخاطر .

ب- لتأكيد عملية العزل والفصل الكهربي للمحطة يتم فصل مفاتيح الفصل والتوصيل إلىدوية بالمحطة بواسطة المسؤول عن فصل هذه المفاتيح مع تفريغ ما قد يوجد على هذه المفاتيح من شحنات استاتيكية باستخدام عصي التأريض المعدة لمثل هذه الأغراض . كما يراعى وضع حساسات للجهد على جانبي التوصيل للمحطة للتأكد من أن مستوى الجهد في جانب المحطة الموضوعة تحت الصيانة مسأوي للصفر . إضافة إلى ذلك يتم فصل محولات الجهد والتيار .

ج- إلى جانب الخطوتين السابقتين توضع بعض اللوحات والإشارات التحذيرية على لوحات التحكم الخاصة بالقواطع للتنبيه على أنه هناك أجزاء تحت الصيانة ويمنع توصيل أو تشغيل هذه القواطع ، كما توضع بعض هذه اللوحات على أو بالقرب من الأجزاء الموضوعة تحت الصيانة لبيان عزل أو فصل هذه العناصر عن الخدمة وعدم الاقتراب إلا للأفراد المصرح لهم بذلك .

٢- ٥ : استخدام لوحات التحذير :

تستخدم اللوحات التحذيرية بكثرة في محطات التحويل لإرشاد العاملين بالمحطة إلى عدة أمور منها :

- لبيان وتوضيح الأماكن التي يحظر الاقتراب منها لوجود خطورة عإلية في الاقتراب من هذه الأماكن مثل : جهد عإلى ، مواد كيمأوية ملتهبة ، مواد قابلة للاشتعال السريع ، أماكن بها صيانة ، أماكن معزولة أو مفصولة كهربائيا مع التحذير من إعادتها للخدمة .
- توخي الحذر عند الاقتراب من بعض الأماكن حيث يوجد حد معين من الخطورة التي قد تتزايد بالاقتراب مثل : غازات تحت ضغط عإلى ، مواد قابلة للاشتعال ، أماكن بها رطوبة أو احتمإلية الانزلاق .
- لبيان الامتناع عن التدخين أو وجود أي اشتعال في الأماكن التي توجد بها المواد القابلة للاشتعال .
- لبيان أن جزءاً ما من المحطة تحت الاختبار ويحظر الاقتراب أو التدخل حتى تنتهي إجراءات الاختبار .

ويجب أن تكون هذه اللوحات التحذيرية واضحة وظاهرة للجميع بحيث يمكن الاطلاع عليها ومعرفة محتواها بسهولة ، كما يجب أن تحتوي على إشارات توضح الهدف الذي وضعت من أجله هذه اللوحات .

٢- ٦ : صيانة محولات القدرة الكهربائية :

Maintenance of Electric Power Transformers

يعتمد نجاح تشغيل أي محول على عدة عوامل منها : التركيب الجيد ، التحميل ، الصيانة ، إضافة إلى التصميم والتصنيع ، وكما في حالة جميع المعدات الكهربائية فإن إهمال احتياجات أساسية معينة قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة إذا لم يؤدي إلى دمار وفقدان المحول . وطبقا لنوع دائرة التبريد في المحولات يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين هما :

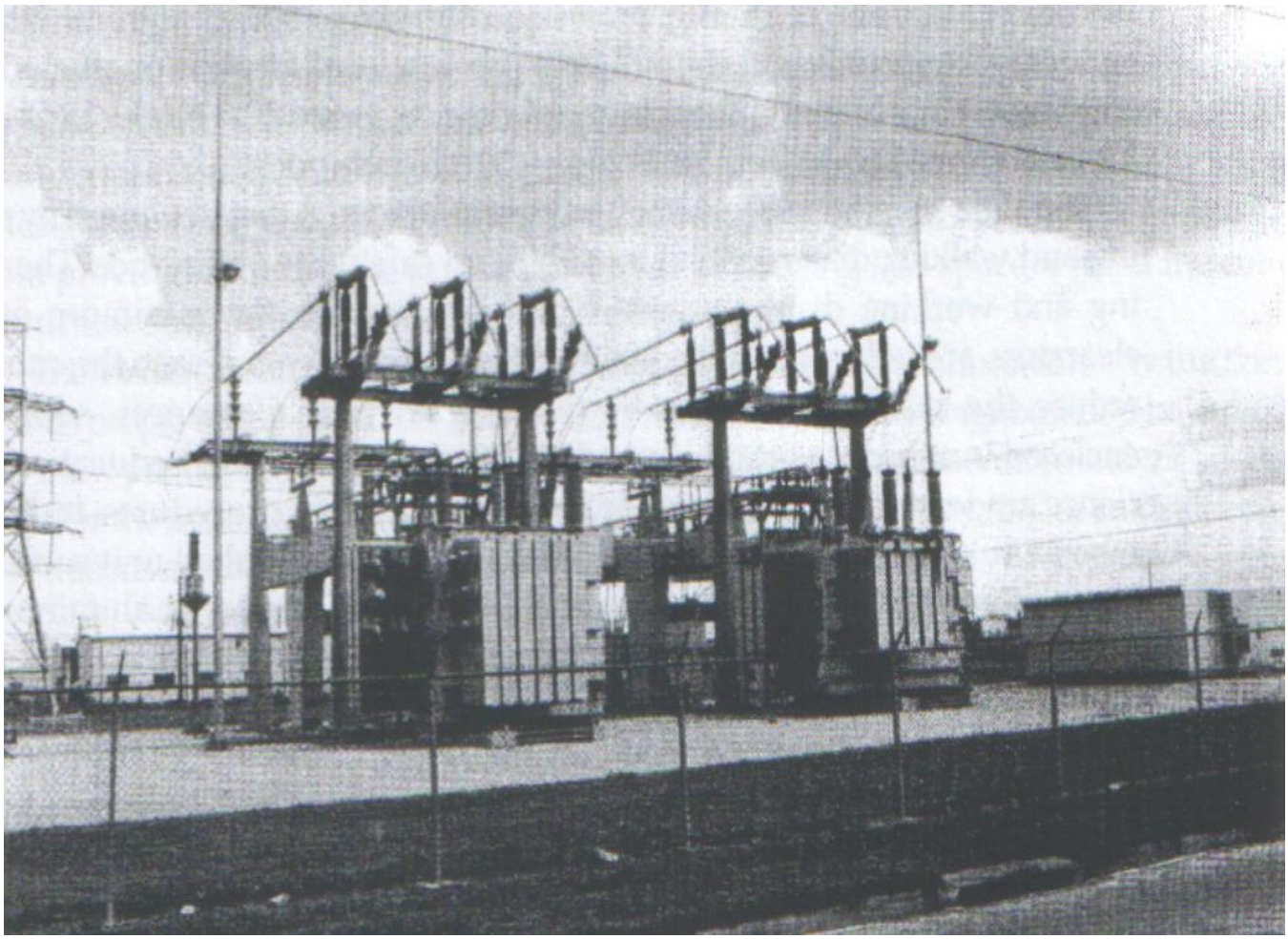
- المحولات الجافة : وهي المحولات التي تبرد بالهواء أو أي غاز آخر عازل وغير قابل للاشتعال .
- المحولات المغمورة في الزيت : وهي المحولات التي تبرد بالزيوت المعدنية العازلة .

٢- ٦- ١ : صيانة محولات القدرة الجافة

Maintenance of Dry-type Power Transformers

١ – **تركيب المحول :** من أهم العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تركيب محولات القدرة الجافة هي كيفية الوصول إليها accessibility ، التهوية ventilation ، والظروف الجوية المحيطة بالمحول atmospheric conditions . وتصمم هذه المحولات عادة للعمل في الأماكن المغلقة الجافة أو حيثما توجد نسبة رطوبة عالية مع الاحتياط في حالة فصل هذه المحولات عن الخدمة مدة طويلة . كما يجب أن توضع هذه المحولات بعيدا عن التسربات المائية مع وجود حماية مناسبة لمنع دخول المياه إلى خزان المحول .

وتعتبر التهوية من ضروريات التبريد الجيد للمحول حيث يجب أن يستخدم هواء نظيف وجاف في عملية التبريد ، وفي بعض الأماكن يجب تنقية الهواء لتقليل عمليات الصيانة كما يجب أن توضع مثل هذه المحولات في أماكن خالية من الأتربة أو مسبباتها أو أي مكونات كيمائية ، كما يؤخذ بعين الاعتبار المسافات الفاصلة بين هذه المحولات والحوائط أو أي شيء يعوق وصول الهواء إلى داخل المحولات أو حولها ، إضافة إلى المسافات الفاصلة بين المحولات المتجأورة على حسب قدرة هذه المحولات، شكل (٢- ٢) يوضح المسافات الفاصلة بين المحولات عند التركيب .

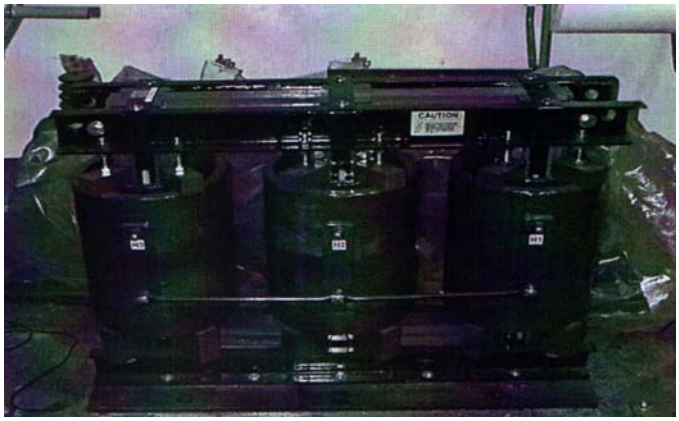


شكل (٢- ٢) – تركيب المحولات الجافة .

٢ – **فحص المحول :** بالنسبة للمحولات الجديدة فإنها يجب أن تفحص فحصا ظاهريا عند ورودها أثناء تواجدها على السيارات أو الحاملات التي تنقلها للتأكد من خلوها من أية إصابات خارجية ، وبعد ذلك تتم إزالة الأغطية واللوحات وتفحص هذه المحولات داخليا للتأكد من عدم تحرك الأجزاء والمكونات وخلوها من الوصلات المكسورة ، العوازل غير السليمة ، الأقذار أو المواد الغريبة ، وعند تخزين هذه المحولات يجب أن تعاد هذه الفحوصات مرة ثانية عند التركيب .

بعد إتمام جميع التوصيلات الابتدائية والثانوية يجب أن يفحص المحول فحصا كليا ، كما يجب اختبار مرأوح التشغيل ومحركاتها والمرحلات الحرارية وجميع الأجزاء المساعدة قبل دخول المحول إلى الخدمة ، كما يجب أيضا تأريض كل من قلب المحول والهيكل الخارجي للحأوية (Tr. Case) تأريضا جيدا. شكل (٢- ٣) يوضح أهم أنواع المحولات الجافة المتدأولة في منظومات القوى الكهربائية .

المحولات الجافة ذات الملفات المعزولة بالورنيش



المحولات الجافة ذات الملفات المسبوكة

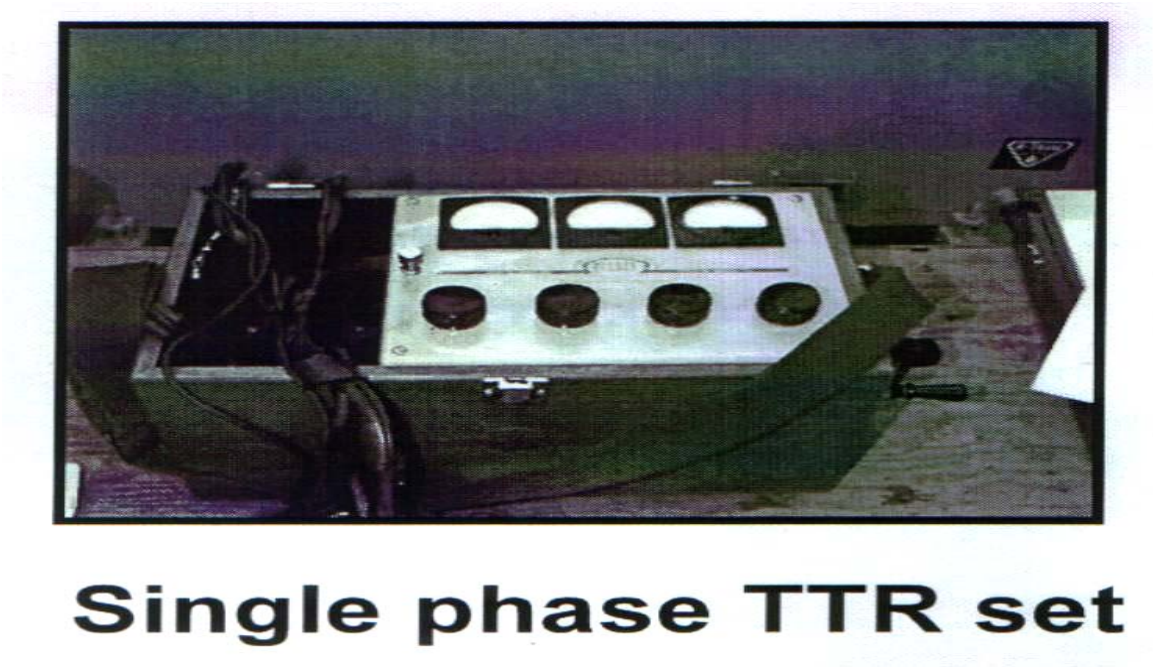
شكل (٢- ٣) – أنواع المحولات الجافة .

٣ – **اختبارات القبول للمحول :** بعد إتمام عملية التركيب والفحص للمحول تجرى عليه اختبارات القبول التالية :

أ - **اختبار مقاومة العزل :** يعتبر هذا الاختبار ذا أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العالى ، ويجب إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات وفي درجات الحرارة المحددة من قبل الشركة المصنعة للمحول . إذا كانت مقاومة العزل للمحول عند درجة حرارة ٢٠° مئوية تقل عن ١٠٠٠ ميجا أوم أو على الأقل نصف القيم المحددة من الشركة المنتجة يعتبر المحول غير آمن لدخول الخدمة ويجب أن يجفف بإحدى الطرق المتبعة في تجفيف المحولات ، شكل (٢- ٤) يوضح بعض أنواع أجهزة الميجر المستخدمة في قياس مقاومة العزل

شكل (٢- ٤) – بعض أنواع أجهزة الميجر .

ب - **اختبار نسبة التحويل للمحول :** ويجرى هذا الاختبار بهدف تحديد نسبة عدد اللفات بين كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي ، وتكون هذه النسبة غير مقبولة إذا زادت بمقدار ٠,٥ ٪ عن القيمة المحسوبة . ويتم قياس واختبار نسبة التحويل للمحولات باستخدام أجهزة خاصة تسمى أجهزة اختبار نسبة التحويل للمحولات (TTR) Transformer Turns Ratio tester . شكل (٢- ٥) يبين أحد أنواع هذه الأجهزة المستخدمة مع محولات الوجه الواحد .



شكل (٢- ٥) – جهاز اختبار نسبة المحولات أحادية الوجه .

٤ – **إجراءات الصيانة للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى الصيانة من وقت لآخر للوصول إلى التشغيل الأمثل لها ، وعلى ذلك يجب أن تفحص هذه المحولات دوريا على فترات زمنية محددة تعتمد في تكرارها على حالة تشغيل المحول حيث تجرى سنويا في حالة المحولات الموضوعة في أماكن نظيفة وجافة بينما تتكرر مرة كل ثلاثة أشهر أو ستة أشهر في حال المحولات الموضوعة في أماكن ملوثة بالأتربة أو المواد الكيمأوية ، وغالبا تتحدد هذه الفترات الزمنية بعد إجراء الفحوصات في المرات الأولى من تشغيل المحول ويوضع الجدول الزمني للفحص بناء على حالة التشغيل الفعلية .

عند فصل المحول من الخدمة فإنه يجب أن يفتح ويفحص من الداخل للتأكد من عدم تراكم الأتربة والأجسام الغريبة التي قد تعيق الهواء من السريان داخل الممرات المخصصة له لتبريد الأجزاء المختلفة للمحول ، كذلك للتأكد من جودة التوصيل لأطراف المحول ، وفحص مغير النقاط للمحول tap

changers . كما يجب فحص المحول من الخارج للتأكد من عدم وجود صدأ أو تآكل في الهيكل الخارجي لحأوية المحول وتسجيل المشاهدات حول آثار ارتفاع درجة حرارة المحول أو حدوث شرر كهربي على سطح العوازل للمحول أو تكون كربون عليها .

في حالة ملاحظة تراكم الأتربة على ملفات المحول أو على العوازل فإنه يجب أن تنظف للسماح للهواء بالمرور ولتفادي حدوث انهيار للعوازل ، ويمكن إجراء ذلك باستخدام آلات الشفط الهوائية أو الهواء الجاف المضغوط بينما تنظف أسطح العوازل ولوحات الأطراف ومغيرات نقاط التوصيل بالمسح بقماش جاف ولا يفضل استخدام المنظفات السائلة نظرا لتأثيرها الضار على العوازل .

وفيما يلي الاختبارات التي تجرى على المحولات الجافة عند إجراء الصيانة الدورية :

- اختبار مقأومة العزل بين ملفات المحول وبين الملفات والأرض : وهذا الاختبار مشابه لاختبار مقأومة العزل الذي يجرى ضمن اختبارات قبول المحول .
- اختبار نسبة التحويل للمحول : وهو أيضا مشابه لاختبار نسبة التحويل الذي يجرى ضمن اختبارات قبول المحول .
- اختبار زيادة الجهد المتردد حيث يجب أن يجرى على ملفات كل من الجهد العإلى والجهد المنخفض ويعتبر إجراء هذا الاختبار اختياريا في حالات الصيانة الدورية .
- اختبار معامل القدرة للعازل حيث يجب أن يجرى بين كل ملف والأرض وكذلك بين كل ملفين والنسبة المقبولة يجب أن تقل عن ٣٪ .

٥ – **طرق التجفيف للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى التجفيف عند بداية التركيب أو بعد التشغيل والخدمة لفترة زمنية وخاصة إذا كانت هناك رطوبة عالية ، ويمكن تجفيف المحولات بإحدى الطرق التإلية:

- التجفيف باستخدام الحرارة الخارجية : ويتم ذلك باستخدام تيار هوائي ساخن من أسفل هيكل المحول ، أو وضع المحول في فرن جيد التهوية ، أو وضع لمبات حرارية داخل هيكل المحول .
- التجفيف باستخدام الحرارة الداخلية : ويفضل عدم استخدام هذه الطريقة في حال توفر إحدى الطرق المستخدمة في التجفيف بالحرارة الخارجية . وتعتمد طريقة التجفيف بالحرارة الداخلية على تمرير تيار هوائي داخل المحول من أسفل إلى أعلى بينما يقصر أحد الملفات (short circuited) ويسلط

جهد مناسب على الملف الآخر بحيث يمر تيار في المحول يعادل تيار الحمل الكامل ولا تزيد درجة حرارة الملفات عن ١٠٠° مئوية تقاس بواسطة مقأومة أو ترمومتر موضوع في ممرات الهواء بين الملفات .

- التجفيف باستخدام الحرارة الخارجية والداخلية : وهي عبارة عن دمج للطريقتين السابق شرحهما مع فرق في قيم التيار الذي يمر في المحول حيث يكون أقل في هذه الحالة نظرا لوجود تيار هوائي ساخن من الخارج .

٦ – **طرق تخزين المحولات الجافة :** يجب أن تخزن مثل هذه المحولات في أماكن جافة ودافئة نوعا ما مع توزيع منتظم لدرجات الحرارة ، كما يجب تغطية فتحات التهوية للمحول منعا لدخول الأتربة منها ، وعند تخزين هذه المحولات في أماكن مفتوحة فإنه يراعى حمايتها من الرطوبة ومن دخول الأجسام الغريبة إليها .

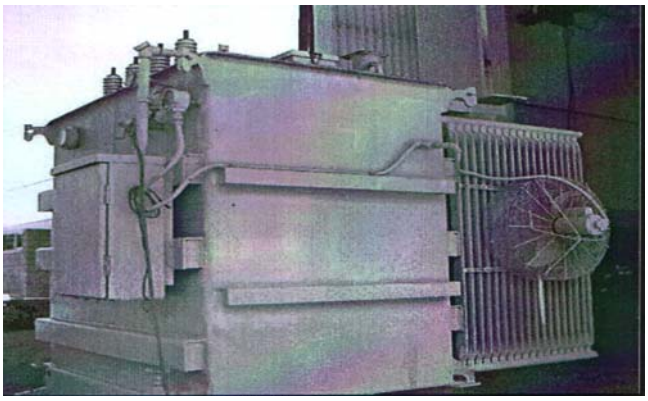
٢- ٦- ٢ : صيانة محولات القدرة المغمورة في الزيت

Maintenance of Oil-filled Power Transformers

١ – **تركيب المحول :** من أهم العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تركيب محولات القدرة المغمورة في الزيت هي : التهوية ventilation ، حيث يجب أن تكون الغرف الموضوعة فيها المحولات ذات درجة جيدة من التهوية ، كما يجب أن توضع هذه المحولات بعيدا عن التسربات المائية مع وجود حماية مناسبة لمنع دخول المياه إلى هيكل المحول . وأيضا كما في حالة المحولات الجافة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار المسافات الفاصلة بين هذه المحولات والحوائط لضمان مرور الهواء حولها ، إضافة إلى المسافات الفاصلة بين المحولات المتجأورة على حسب قدرة هذه المحولات

شكل (٢- ٦) – اعتبارات تركيب المحولات المغمورة في الزيت .

٢ – **فحص المحول :** بالنسبة للمحولات الجديدة فإنها يجب أن تفحص فحصا ظاهريا عند ورودها أثناء تواجدها على السيارات أو الحاملات التي تنقلها للتأكد من خلوها من أية إصابات خارجية ، وبعد ذلك تتم إزالة الأغطية واللوحات وتفحص هذه المحولات داخليا للتأكد من عدم تحرك الأجزاء والمكونات وخلوها من الوصلات المكسورة ، العوازل غير السليمة ، الأقذار أو المواد الغريبة ، وإذا كان زيت التبريد قد تمت تعبئته في مقر تصنيع المحول فإنه يجب فحص المحول من التسربات ، وعدم تعرض زيت التبريد للهواء الجوي إذا كانت نسبة الرطوبة أعلى من ٦٥٪ منعا لتلوثه بها ، كما يجب أن يتضمن فحص المحول فحص الصمامات والمرحلات وجميع الأجزاء المساعدة قبل دخول المحول إلى الخدمة ، كما يجب أيضا تأريض كل من قلب المحول والهيكل الخارجي للحأوية (Tr. case) تأريضا جيدا.



شكل (٢- ٧) – بعض أنواع المحولات المغمورة في الزيت .

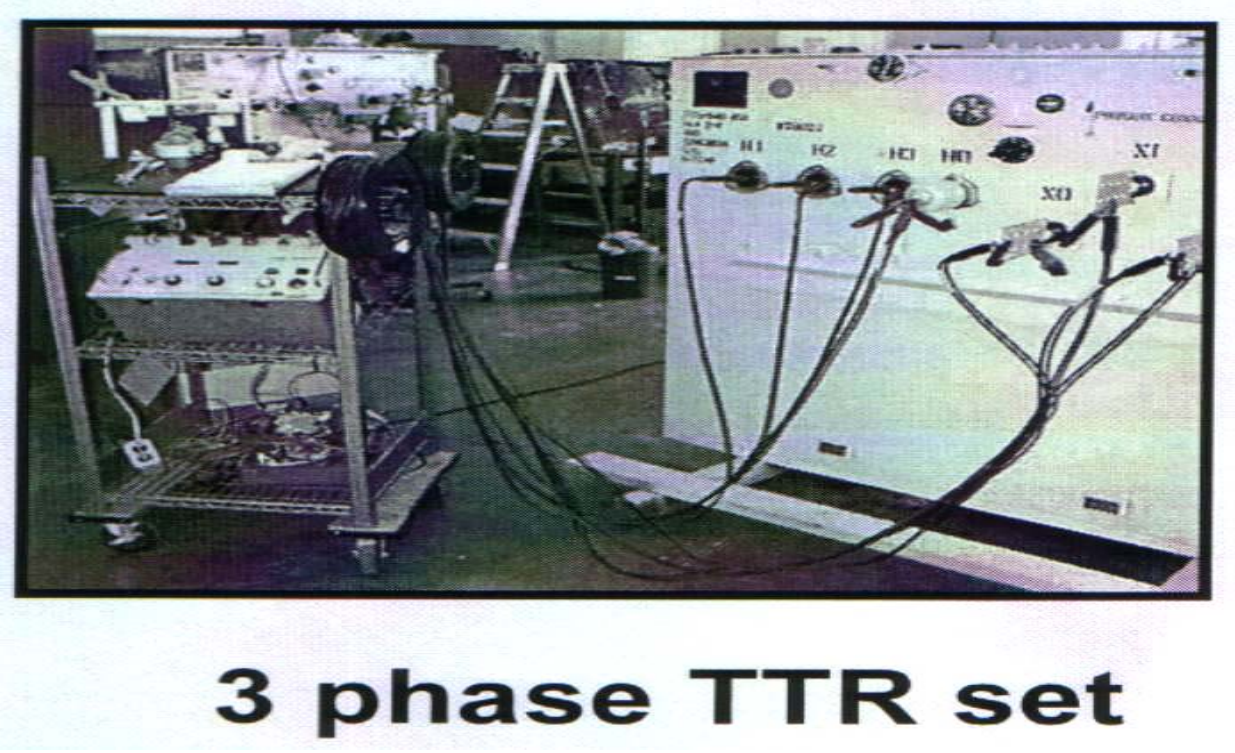
٣ – **اختبارات القبول للمحول :** بعد إتمام عملية التركيب والفحص للمحول تجرى عليه اختبارات القبول التإلية :

أ- **اختبار مقأومة العزل :** يعتبر هذا الاختبار ذا أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العإلى ، ويجب إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات وفي درجات الحرارة المحددة من قبل الشركة المصنعة للمحول . إذا كانت مقأومة العزل للمحول عند درجة حرارة ٢٠° مئوية تقل عن ١٠٠٠ ميجا أوم أو على الأقل نصف القيم المحددة من الشركة المنتجة سواء كانت الملفات مغمورة أو غير مغمورة في الزيت يعتبر المحول غير آمن لدخول الخدمة ويجب أن يجفف بإحدى الطرق المتبعة في تجفيف المحولات.

شكل (٢- ٨) – بعض أنواع أجهزة الميجر .

ب - **اختبار نسبة التحويل للمحول :** ويجرى هذا الاختبار بهدف تحديد نسبة عدد اللفات بين كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي ، وتكون هذه النسبة غير مقبولة إذا زادت بمقدار ٠,٥ ٪ عن القيمة المحسوبة ، ويجب إجراء هذا الاختبار عند كل نقطة من نقاط تغيير الجهد للمحول بالنسبة للمحولات المزودة بنقاط تغيير للجهد (tap changing points) .

ج- **اختبار عزل زيت التبريد :** حيث تختبر المتانة الكهربائية لزيت العزل والتبريد بحيث تكون مطابقة للمواصفات مع مراعاة التغير في درجات الحرارة المصمم عليها المحول ، ويجرى هذا الاختبار للتأكد من أن مواصفات الزيت لن تتغير عند تغير ظروف تشغيل المحول أثناء الخدمة كما يراعى أيضا أن تؤخذ عينات زيت الاختبار من قاع هيكل المحول مع توفر الشروط المتبعة في ذلك .



شكل (٢- ٩) – جهاز اختبار نسبة التحويل للمحولات ثلاثية الأوجه .

٤ – **إجراءات الصيانة للمحول :** كباقي المحولات والمعدات الكهربائية المختلفة تحتاج المحولات المغمورة في الزيت إلى الصيانة من وقت لآخر للوصول إلى التشغيل الأمثل لها ، وعلى ذلك يجب أن تفحص هذه المحولات دوريا على فترات زمنية محددة تعتمد في تكرارها على حالة تشغيل المحول ، وغالبا تتحدد الفترات الزمنية لفحص أجزاء المحول المختلفة على حسب الجدول المرفق الذي يوضح قائمة الفحص والصيانة لمثل هذه المحولات والتي تعتبر من أهم عناصر شبكات ومنظومات التوزيع الكهربائي.

ويتضمن فحص المحول تسجيل المشاهدات على حالات تشغيل المحول والإصلاحات التي قد تلزم له ويعتمد تسجيل هذه المشاهدات على أهمية المحول في شبكة التوزيع أو النقل، وكذلك على الظروف المحيطة به ، كما يجب فحص المحول من الخارج للتأكد من عدم وجود صدأ أو تآكل في الهيكل الخارجي لحأوية المحول وتسجيل المشاهدات حول آثار ارتفاع درجة حرارة المحول أو حدوث شرر كهربي على سطح العوازل للمحول أو تكون كربون عليها ، في حالة ملاحظة تراكم الأتربة على العوازل فإنه يجب أن تنظف لتفادي حدوث انهيار للعوازل ، ويمكن إجراء ذلك باستخدام المسح بقماش جاف ولا يفضل استخدام المنظفات السائلة نظرا لتأثيرها الضار على العوازل .

- ولضمان عدم فشل المحولات أثناء الخدمة فإنه يجرى فحص المحول واختباره باستخدام ماسح الأشعة تحت الحمراء *Infra-red Scan* لاكتشاف ما يحدث داخل المحول أثناء التشغيل

وتحديد الأماكن المعرضة للتسخين الزائد *Heat Spots* ، وأماكن حدوث الشرر الكهربي داخل الزيت *Arcing*، وأيضا تحديد نسبة تلوث زيت التبريد بالملوثات الكربونية وغير ذلك من العوامل والآثار التي تؤثر على أداء وتشغيل المحول وبالتإلى العمل على تقليل هذه الآثار وتلافي فشل عمل المحول .

- تؤخذ أيضا عينة من زيت تبريد المحول وترسل إلى المختبر لإجراء عدة فحوصات واختبارات مثل : اختبار الشد أو التوتر السطحي للزيت ، فحص اللون ودرجة النقأوة ، اختبار المتانة الكهربائية للزيت وتحديد جهد انهيار عزله ، وكذلك اختبار تحليل الغازات المذابة في الزيت والتي تساعد على تشخيص أعطال المحول وتحديد اكتشاف ما يحدث داخل المحول من انهيار تدريجي للعوازل أو احتراق للعوازل السليوليزية وتحديد نسبة الرطوبة في الزيت وغير ذلك من العوامل التي تؤثر على وظيفتي زيت المحولات والمتمثلة في التبريد والعزل بين أجزاء المحول مع مراعاة الشروط والاعتبارات الواجبة عند أخذ عينة الزيت من المحول وارسالها إلى المختبر .

الجدول التإلى يوضح المدة الدورية لإجراء الصيانة الدورية للأجزاء المختلفة والمساعدة لمحول القدرة

الجزء الذي يجرى عليه الفحص	التكرار الدوري للفحص
• تيار الحمل	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• الجهد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• مستوى سائل التبريد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• درجة الحرارة	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• أجهزة الحماية	سنويا
• أجهزة الإنذار	شهريا
• توصيلة الأرضي	كل ستة أشهر
• مغير نقاط التوصيل	كل ستة أشهر
• مانعات الصواعق	كل ستة أشهر
• أجهزة معادلة الضغط	كل ستة أشهر
• الأجزاء والمعدات المساعدة	سنويا
• الفحص الخارجي	كل ستة أشهر
• الفحص الداخلي	كل خمس إلى عشر سنوات

وسائل العزل والتبريد	
• المتانة الكهربية للسائل	سنويا
• اللون	سنويا
• رقم التعادل	سنويا
• الشد السطحي	سنويا
• اختبار معامل القدرة	سنويا

العوازل الصلبة أو الملفات	
• مقأومة العزل للملفات	سنويا
• اختبار معامل القدرة للعوازل	سنويا
• معامل القطبية للعوازل	سنويا
• اختبار زيادة الجهد للعوازل (متردد– مستمر)	مرة كل خمس سنوات أو أكثر
• اختبار الجهد المتولد	مرة كل خمس سنوات أو أكثر
• اختبار تحليل الغازات	سنويا

٥ – **طرق التجفيف للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى التجفيف عند بداية التركيب أو بعد التشغيل والخدمة لفترة زمنية وذلك للتخلص من الرطوبة العالقة بأجزاء المحول أو وسيط العزل والتبريد ، ويمكن تجفيف المحولات بإحدى الطرق التإلية :

- **التجفيف باستخدام الحرارة:** ويتم ذلك باستخدام أفران التجفيف حيث يوضع المحول وحده مع متابعة مقأومة الملفات للتأكد من وصول المحول إلى درجة حرارة الفرن (100 – 120 C°) وكذلك قياس مقأومة العزل بين الملفات بعد عملية التجفيف بست ساعات للتأكد من تمام التجفيف وذلك بالحصول على أربع قراءات متتإلية متسأوية على الأقل.

- **التجفيف باستخدام الحرارة المتبوعة بتخلخل الهواء:** وتتم هذه الطريقة إما بعمل قصر على أحد ملفات (short circuited) المحول أو تمرير زيت ساخن في المحول يتم تسخينه بواسطة مصدر حراري خارجي مع مراعاة قياس مقاومة العزل بين الملفات مرة كل ست ساعات للتأكد من تمام التجفيف وذلك بالحصول على أربع قراءات متتالية متساوية على الأقل . ويتم التجفيف في موقع الخدمة بتسخين سائل العزل بالمحول ثم سحبه من المحول وإعقاب ذلك لحظيا بخلخلة فراغ هيكل المحول ، أو بطريقة أخرى تشمل سحب الزيت من المحول تماما وتسخين المحول بتمرير هواء ساخن داخله وبمجرد وصول درجة حرارة الملفات إلى $90 - 100\ C^\circ$ يتم إجراء الخلخلة بضغط يعادل 0.5 تور (torr) حتى تصل درجة الحرارة إلى $50\ C^\circ$ فتوقف عملية التجفيف، والزمن الطبيعي لإجراء مثل هذه العملية قد يستغرق أسبوعا أو أكثر ويتوقف ذلك على حجم المحول ، وبمجرد الانتهاء من عملية التجفيف يعبأ المحول ثانية بزيت عزل وتبريد جديد ونظيف ويعاد إلى الخدمة .

٦ – **طرق تخزين المحولات المغمورة في الزيت :** يجب أن تخزن مثل هذه المحولات في أماكن جافة ودافئة نوعا ما مع توزيع منتظم لدرجات الحرارة ، وعند تخزين هذه المحولات في أماكن مفتوحة فإنه يراعى حمايتها من الرطوبة حتى لايحدث تآكل في الهيكل الخارجي للمحول وبالتالي يتسرب زيت التبريد .

٢- ٧ : صيانة القواطع الكهربائية Maintenance of Electric Circuit Breakers

تحتاج جميع أدوات ومعدات الفصل والتوصيل والتي تشمل قواطع الدائرة الكهربائية C.B ، مفاتيح الفصل والتوصيل إلىدوية disconnect switches ، وكذلك المصهرات fuses إلى الاختبار والصيانة الدورية ، وعلى الرغم من اختلاف هذه المعدات من حيث النوعية سواء المستخدمة داخل أو خارج المباني أو اختلاف الشركات المنتجة لها إلا أن الصيانة لهذه المعدات تتم طبقا لبرنامج موحد على مستوى منظومة القوى الكهربائية . ويمكن تصنيف قواطع الدائرة إلى الأنواع التالية :

- قواطع الدائرة الهوائية (النوع الأفقي أو الرأسي) Air-magnetic circuit breakers
- قواطع الدائرة الزيتية (المعزولة بالزيوت المعدنية) Oil circuit breakers
- قواطع الدائرة الفراغية (التي تعمل بتخلخل الهواء) Vacuum circuit breakers
- قواطع غازية (مثل التي تعمل بغاز SF6) SF6 circuit breakers

٢- ٧- ١ : إجراءات الاختبار للقواطع الجديدة :

تخضع القواطع الجديدة بأنواعها المختلفة لعدد من الإجراءات والاختبارات قبل دخولها الخدمة يمكن تلخيصها فيما يلي :

أ- عند الاستلام والتخزين :

١. يفحص القاطع ظاهريا للتأكد من خلوه من أية عيوب أو تلفيات قد تحدث أثناء عملية النقل مع فحص البيانات وقائمة الشحن المرفقة .

٢. تفحص نقاط التلامس المتحركة للقاطع ضد أي كسور أو تلف أو مواد غريبة كما تفحص أيضا نقاط التلامس الثابتة .

٣. يرفع القاطع ويخفض أثناء عملية المناولة ببطء مع مراعاة ألا تستخدم عوازل القاطع كمكان للرفع بينما تستخدم دائما الأماكن المعدة لذلك على الحافة العليا من جسم القاطع كما يجب تجنب أي دفع فجائي للقاطع .

٤. إذا كان من الضروري تخزين القاطع قبل دخوله الخدمة فإنه يجب حفظه في مكان نظيف وجاف مع مراعاة تغطية الأسطح المعدنية بطبقة من الشحم لتفادي تراكم الأتربة ، وإذا كان القاطع سيتم تخزينه لفترة طويلة فإنه يجب أن يفحص دوريا .

ب- عند التركيب

١. يفحص القاطع كليا للتأكد من عدم وجود أية أجزاء تالفة .

٢. يستخدم قماش نظيف جاف لإزالة الأتربة والرطوبة المتراكمة على أجزاء القاطع .

٣. يتم توصيل وفصل القاطع يدويا وكهربيا عدة مرات للتأكد من التشغيل الصحيح للقاطع .

٤. للتأكد من عدم حدوث أية تلفيات أثناء عمليات الشحن والنقل يجرى اختبار تسليط جهد عالٍ على ملامسات القاطع بينما يكون القاطع في وضع الفصل مع مراعاة رفع الجهد تدريجيا وتثبيث القيمة النهائية للجهد لمدة دقيقة واحدة وتقييم النتائج التي يتم الحصول عليها .

٥. يتم تركيب القاطع طبقا للإرشادات الواردة من الشركة المنتجة مع اختبار التشغيل الصحيح للقاطع يدويا أثناء فصل دائرة التحكم للقاطع .

٢- ٧- ٢: إجراءات الصيانة للقواطع الموجودة بالخدمة

تحتاج القواطع كغيرها من الآلات والمعدات الكهربائية إلى الصيانة الوقائية لتفادي حدوث مشاكل أثناء التشغيل ، كما تختلف مواعيد الصيانة الوقائية لكل قاطع طبقا لاختلاف ظروف التشغيل والظروف المحيطة به ، بينما يجب أن يتم الفحص الدوري إذا تواجدت العوامل التإلية :

- جو محيط يساعد على الصدأ.
- زيادة في كمية الأتربة أو الأوساخ .
- ارتفاع في درجات الحرارة أو الرطوبة .
- معدات قديمة أو ذات عمر افتراضي طويل .
- حدوث أخطاء متكررة أو زيادة تكرار التشغيل .

وعامة تجرى عملية الفحص والاختبار بعد ستة أشهر من دخول القاطع إلى الخدمة لأول مرة ثم تتكرر مرة كل سنة إلى ثلاث سنوات على حسب ظروف التشغيل ، كما يجب أن يشمل الفحص والصيانة الوقائية كلاً من أجزاء القاطع (الملامسات ، خامدات القوس الكهربي ، الأجزاء الميكانيكية ، والأجزاء المساعدة) ، إضافة إلى معدات الفصل والتوصيل (الوصلات ، الملامسات ، والعوازل) .
وتوضح الخطوات التإلية إجراءات الصيانة الوقائية للقواطع المختلفة :

أ- إجراءات الصيانة للقواطع الهوائية :

١. يتم تسجيل عدد مرات التشغيل مع إجراء فحص ظاهري للقاطع وإعداد تقرير عن الظواهر غير الطبيعية .

٢. يوضع القاطع في وضع الاختبار ، وباستخدام جهاز الاختبار يتم تشغيل القاطع كهربيا مع اختبار تشغيل جميع المرحلات الكهربائية ومفاتيح الفصل الكهربائية والمحركات ومفاتيح التحكم وأجهزة البيان التي تعمل مع القاطع .

٣. يتم إخراج القاطع من السياج أو الهيكل المحيط به وتفحص جميع الأجزاء الداخلية للقاطع وتنظف الأتربة العالقة بالملامسات والعوازل وميكانيزم التشغيل كما يتم التأكد من ربط مسامير التثبيت للأجزاء المختلفة مع فحص الأجزاء الحاملة للتيار والتأكد من خلوها من أية إشارات تدل على أنها معرضة لارتفاع في درجة الحرارة .

٤. تفحص أجزاء القاطع فحصا وظيفيا للتأكد من أن كل جزء يقوم بوظيفته كاملة وخاصة خامدات القوس الكهربائي حيث يجب أن تكون نظيفة دون أية تراكمات كربونية ، أيضا يجب أن تكون جميع الوصلات الكهربائية الملحومة أو المربوطة أو المطلية في حالة جيدة التوصيل ، أيضا تفحص ملامسات المرحلات ومحرك التشغيل وأجزاء الفصل المساعدة ضد ارتفاع درجة الحرارة أو تلف عزل أي منها .

ب- إجراءات الصيانة للقواطع الزيتية :

تجرى الصيانة للقواطع الزيتية على فترات دورية مثل القواطع الهوائية ، ولإجراء الصيانة لمثل هذه القواطع توضع على خط الفحص والاختبار مع إخراجها من الهيكل الخارجي للتمكن من رؤية وفحص الأجزاء الداخلية وتنفيذ خطوات الصيانة كما يلي :

١. تنظف جميع الأجزاء من أية آثار كربونية بما في ذلك العوازل مع فحصها ضد الكسر واستبدال التالف منها .

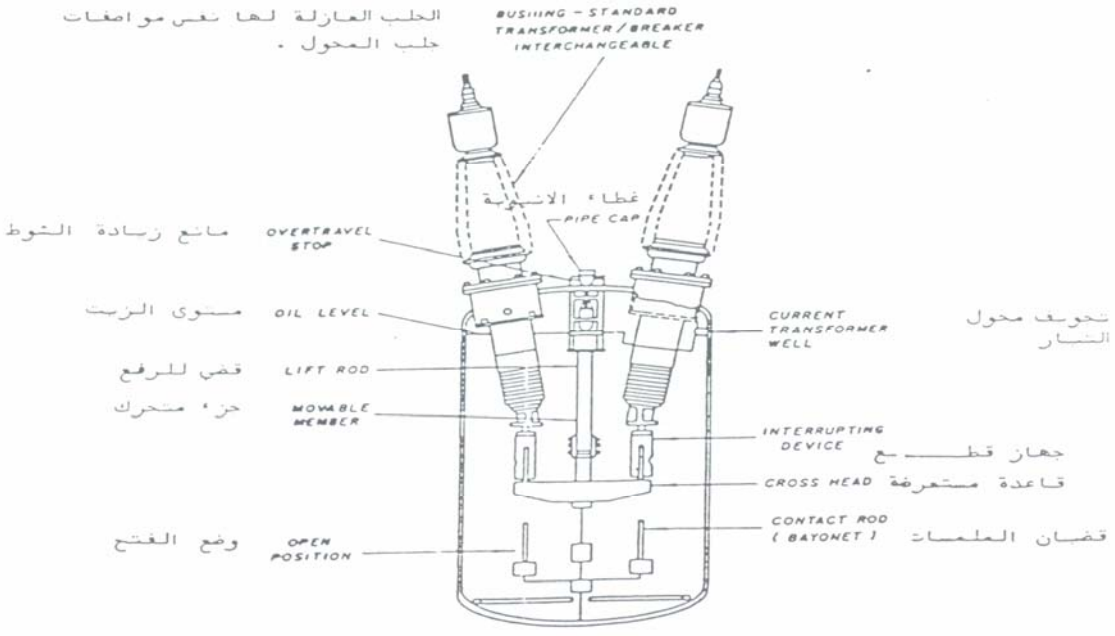
٢. تفحص الملامسات ويضبط وضعها مع استبدال الملامسات التالفة أو المحترقة وتنعيم الملامسات الخشنة للتأكد من جودة التوصيل مع التلامس التام لهذه الملامسات .

٣. تؤخذ عينة من الزيت ويجرى عليها اختبار المتانة الكهربائية طبقا لقواعد اختبار العوازل السائلة مع مراعات تنقية الزيت عند تواجد شوائب كربونية به .

٤. تفحص الأجزاء الميكانيكية كما في حالة القواطع الهوائية مع اختبار تشغيل القاطع تدريجيا بواسطة جهاز تشغيل يدوي خارجي وكذلك اختبار تشغيل القاطع كهربيا .

٥. يجب التأكد من مستوى الزيت داخل القاطع وكذلك التأكد من أن جميع مسامير وصواميل وحشو الربط مربوطة جيدا تفاديا لتسرب الزيت .

شكل (٢- ١٠) – الشكل العام للقاطع الزيتي .



شكل (٢- ١١) – التركيب الداخلي للقاطع الزيتي سيمنز

ج- إجراءات الصيانة للقواطع الفراغية :

تجرى الصيانة للقواطع الفراغية على فترات دورية تعتمد على خبرة التشغيل إضافة إلى ظروف التشغيل المحيطة بالقاطع ، وعادة يتم اختبار القاطع كل سنة أو بعد ٢٠٠٠ عملية تشغيل أيهما أقرب ، وعلى الجانب الآخر يجب فحص القاطع بعد كل عملية تشغيل ناتجة عن حدوث خطأ من الأخطاء الخطرة التي تتعرض لها المنظومة ، ويمكن تلخيص إجراءات الصيانة لمثل هذه القواطع فيما يلي :

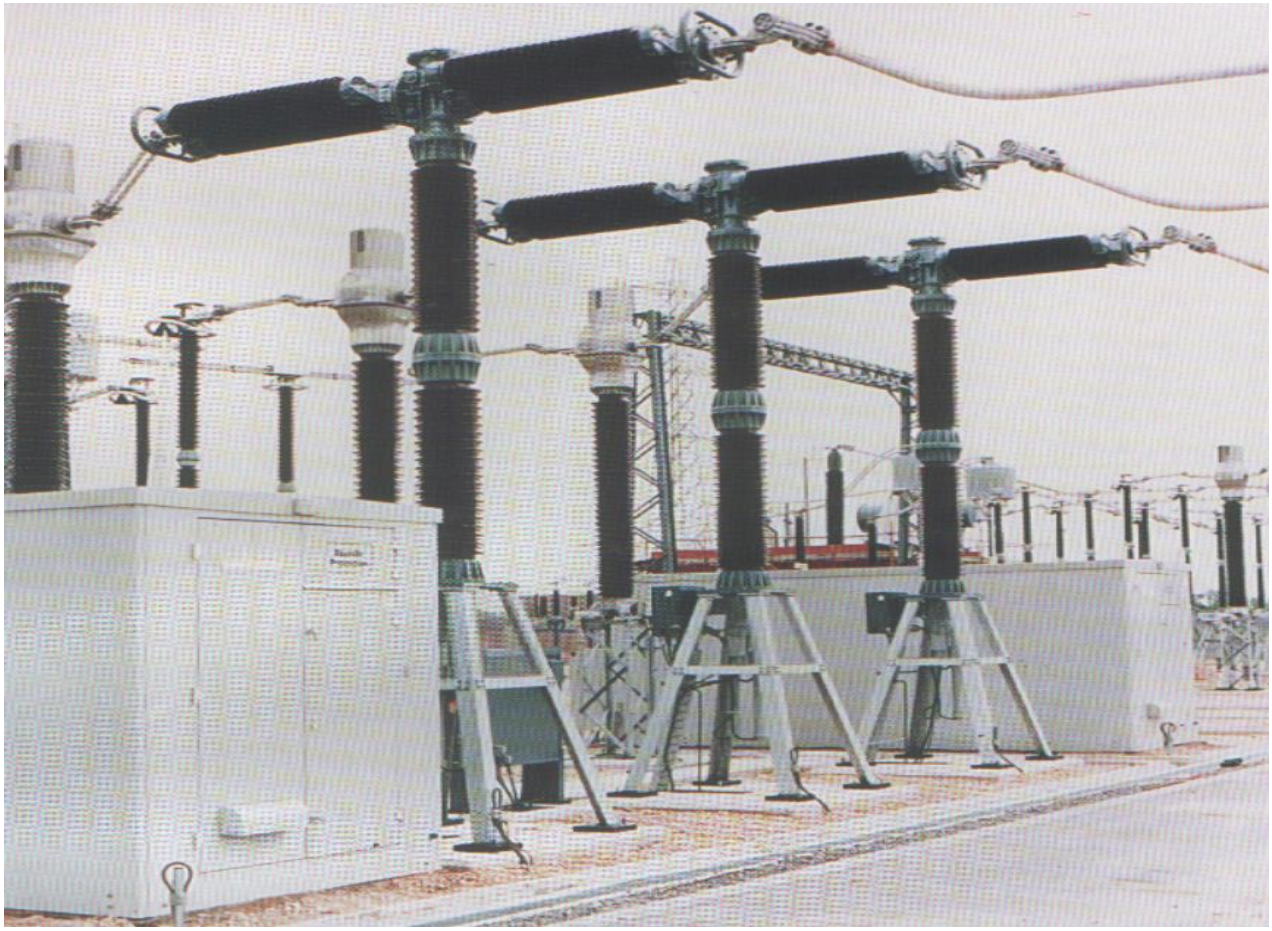
١. تفحص ملامسات القاطع ضد التآكل والتأكد من مشوار الفصل لهذه الملامسات طبقا لما هو وارد في كتيب التشغيل المرفق مع القاطع .

٢. لاختبار التفريغ الهوائي داخل القاطع يجرى اختبار تسليط جهد عالٍ على القاطع حسب القيم الواردة في كتيب الشركة المنتجة أو استخدام ٦٠٪ من القيم المختبر عليها في المصنع .

٣. يستخدم القماش الجاف والنظيف في تنظيف القواطع الفراغية وكذلك جميع أجزاء العزل من الأتربة والرطوبة .

٤. تفحص الأجزاء الميكانيكية كما في حالة القواطع الهوائية مع اختبار تشغيل القاطع تدريجيا بواسطة جهاز تشغيل يدوي خارجي وكذلك اختبار تشغيل القاطع كهربيا عدة مرات للتأكد من التشغيل الصحيح للقاطع .

٥. يتم تزييت الأسطح المنزلقة أو المتحركة مثل الكامات وأسنان التروس والأجزاء الدوارة أثناء عمليات الصيانة طبقا لتعليمات الشركة المنتجة من حيث طريقة التزييت والوقت اللازم لذلك . شكل (٢- ١٢) يبين الشكل الخارجي لأحد القواطع الفراغية .



شكل (٢- ١٢) – الشكل العام لأحد القواطع الفراغية .

إجراءات الصيانة للقواطع الغازية SF6 :

١. يتم تسجيل عدد مرات التشغيل مع إجراء فحص ظاهري للقاطع وإعداد تقرير عن الظواهر غير الطبيعية .

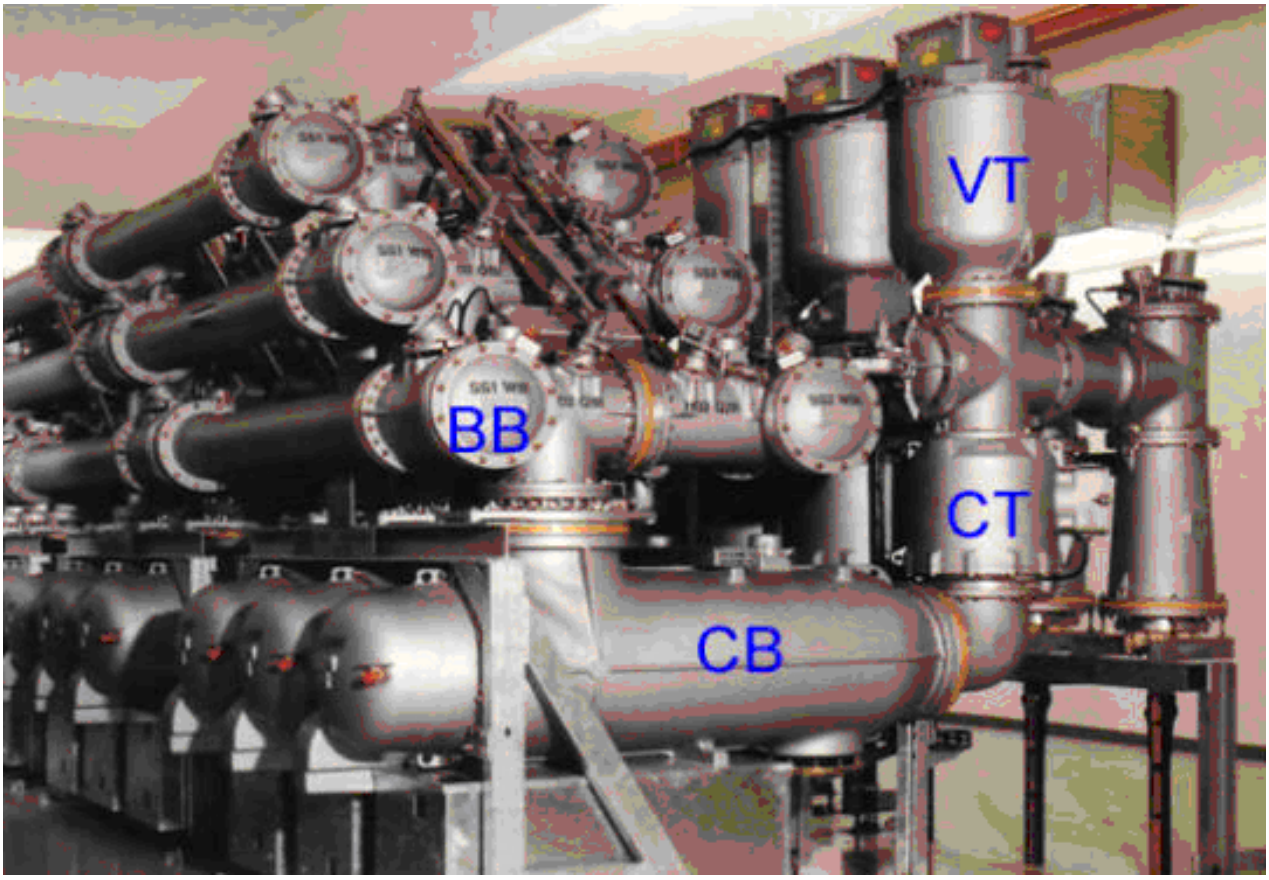
٢. يوضع القاطع في وضع الاختبار ، وباستخدام جهاز الاختبار يتم تشغيل القاطع كهربيا مع اختبار تشغيل جميع المرحلات الكهربائية ومفاتيح الفصل الكهربائية والمحركات ومفاتيح التحكم وأجهزة البيان التي تعمل مع القاطع .

٣. يتم إخراج القاطع من السياج أو الهيكل المحيط به وتفحص جميع الأجزاء الداخلية للقاطع وتنظف الأتربة العالقة بالملامسات والعوازل وميكانيزم التشغيل كما يتم التأكد من ربط مسامير التثبيت للأجزاء المختلفة مع فحص الأجزاء الحاملة للتيار والتأكد من خلوها من أية إشارات تدل على أنها معرضة لارتفاع في درجة الحرارة .

٤. تفحص أجـزاء القاطع فحصا وظيفيا للتأكد من أن كل جـزء يقـوم بوظيفته كاملة وخاصة خامدات القوس الكهربائي حيث يجب أن تكـون نظيفة دون أية تراكمات كربونية .

٥. يفحص القاطع للتأكد من عدم تسرب غاز SF6 بواسطة كاشف التسرب ، وفي حالة عدم تواجد هذا الجهاز يتم اكتشـاف التسرب بوضع محلول صابوني على الوصلات .

٦. يفحص أيضا القاطع ضـد انخفاض ضغط الغاز بواسطـة جهـاز المانومتر والذي يعطي إشارة عند وصول الضغط داخل القاطع إلى القيمة الصغرى له ، وفي حالة حدوث انخفاض سريع يجب أن يوصل القاطع على أسطوانة الغاز حتى تتم استعادة الضغط الطبيعي للقاطع .

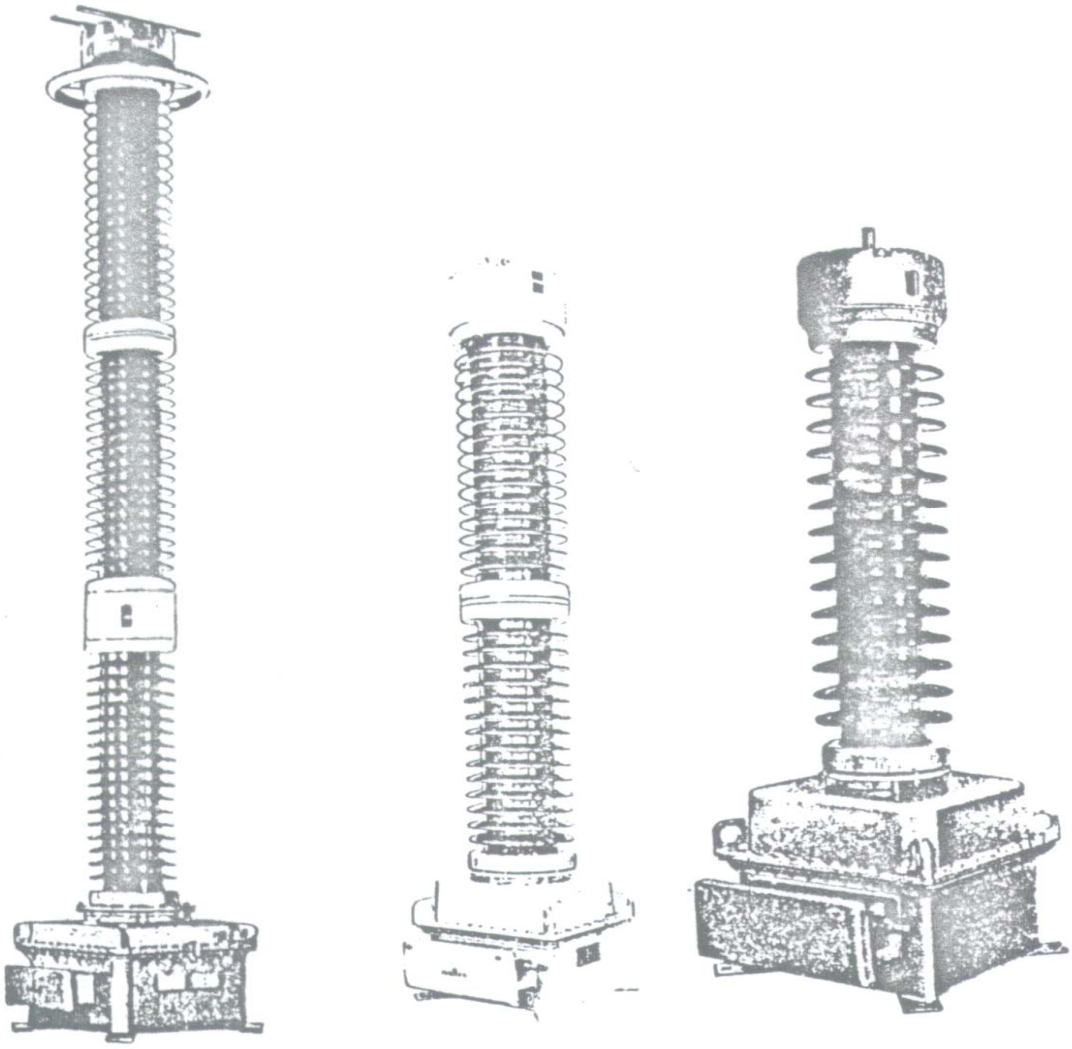


شكل (٢- ١٣) – الشكل العام لأحد القواطع الغازية .

٢- ٨ : صيانة محولات القياس والحماية Maintenance of Instrument Transformers

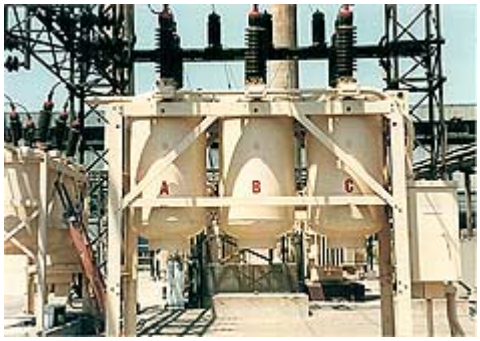
نظرا لوجود مستويات عالية أو فائقة للجهود والتيارات في محطات التحويل إلى جانب متطلبات القياس للجهد والتيار وغيرها من الكميات الكهربائية الأخرى حيث لا يمكن أن تقاس الجهود التي تكون أعلى من ٦٠٠ فولت مباشرة وذلك لخطورة الاقتراب من الجهود العالية ، إضافة إلى تغذية دوائر

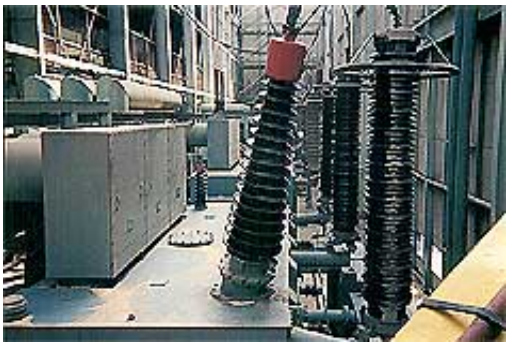
المرحلات ودوائر التحكم بالإشارات اللازمة لها من الجهد أو التيار فإنه تستخدم محولات القياس (محولات الجهد ومحولات التيار) بغرض خفض الجهود والتيارات الكبيرة إلى المستويات المطلوبة في عمليات القياس والتحكم والحماية . وتوضع هذه المحولات في الأجواء المفتوحة ضمن مخطط المحطة ، كما يتم عزل هذه المحولات بعوازل من البورسلين . الأشكال (٢- ١٤) ، (٢- ١٥) توضح نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .



شكل (٢- ١٤) - نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .

ويمكن فحص واختبار هذه المحولات باتباع إجراءات صيانة واختبار محولات القدرة المغمورة في الزيت من حيث الفحص قبل دخولها الخدمة واختبارات القبول وخاصة اختبار نسبة التحويل إضافة إلى إجراءات الصيانة الوقائية والدورية لهذه المحولات .





شكل (٢- ١٥) - نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .

٢- ٩ : صيانة واختبار أجهزة الحماية :

Protective Devices Testing and Maintenance

تعتبر أجهزة ومنظومات الحماية من أهم عناصر محطات التحويل حيث تقوم هذه الأجهزة بتأمين ضروريات الحماية والتحكم في تشغيل هذه المحطات من بعد ، وتشتمل أجهزة الحماية على :

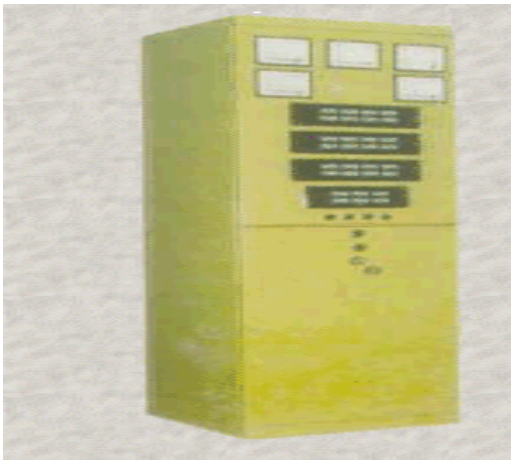
- مرحلات الحماية : ويوجد منها أنواع مختلفة لحماية منظومات القوى ضد الأخطاء الشائعة والفجائية .
- مانعات الصواعق الكهربائية : وتستخدم لحماية المحولات والمحاثات من الزيادة الفجائية في الجهد.
- أجهزة القياس التي تقوم بقياس القيم الكهربائية المختلفة .
- لوحات التحكم ومعدات الاتصالات : وتقوم بالتحكم بتشغيل الأجهزة والمعدات الكهربائية إما عن طريق مركز المراقبة والتحكم باستخدام معدات الاتصالات المتوفرة في المحطة أو مباشرة من داخلها عن طريق شخص يكون مخولاً ومكلفاً بذلك .

ويتم اختبار أجهزة الحماية باختبار الحقن الثانوي ، والذي يتمثل في حقن تيار بملفات أجهزة الحمايه للتأكد من ضبطها على تيار الضبط المطلوب ضبط الأجهزة عليه والمسمى Current Setting وتوجد أنواع مختلفة من الأجهزة المستخدمة في اختبار أجهزة الحماية من حيث انتسابها إلى شركات التصنيع ، إلا أن الوظيفه واحدة لهذه الأجهزة وهي حقن تيار وقياس الزمن الخاص بفصل أجهزة الحماية المختبرة .

ويوجد نوعان من قياس الزمن حيث يتم قياس زمن فصل جهاز الحماية فقط ، أو قياس زمن الفصل شاملا" زمن فصل جهاز الحماية بالإضافة إلى زمن فصل القاطع في حالة توصيله وهو في وضع اختبار وفي هذه الحالة يمكن التأكد من إلية عمل القاطع عند حدوث عطل .

وتتم اختبارات الحقن الثانوى بصفة دورية كل ستة أشهر وبالتبادل مع اختبارات الحقن الابتدائي التي تجرى للتأكد من توصيلات محولات التيار حيث يتم حقنها بالتيار المقنن لها وهذه الاختبارات على جانب كبير من الأهمية .

ويتم استبعاد أجهزة الحماية التي تفشل في الاختبارات وإحالة هذه الأجهزة إما للصيانة أو الاستبدال على حسب حالة كل منها .



شكل (٢- ١٦) – نماذج للوحات أجهزة الحماية والتحكم في محطات التحويل .

شكل (٢- ١٧) – اختبار مرحلات الحماية في محطات التحويل .

٢- ١٠ : صيانة البطاريات (دوائر التيار المستمر) :

Battery or D.C Circuits Maintenance

تعرف البطارية على أنها الإلية العملية الوحيدة القادرة على اختزان القدرة الكهربائية ، وذلك على شكل قدرة (طاقة) كيميائية يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية عند الحاجة ، وتتكون البطارية من :

- السائل الإلكتروليتي : وهو الوسط الناقل كهربائيا والموجود في البطارية ، وهو عبارة عن محلول حمض الكبريتيك في الماء (H_2SO_4) في البطاريات الحمضية، أو ماءات البوتاسيوم في الماء (KOH) في البطاريات القلوية .
- تحتوي كل بطارية على نوعين من الألواح السالبة والموجبة .

- تستخدم البطاريات بكثافة تيارية معينة، كما يتم شحن البطارية بتحويل الطاقة الكهربائية إلى كيميائية بتغذية طرفيها بتيار مستمر .

استخدامات البطاريات الأساسية في محطات التحويل :

١. منظومات الحماية سواء في تغذية دوائر المرحلات أو دوائر القواطع .
٢. دوائر التحكم : حيث إن جميع الإشارات التي تستخدم في تحويل الإشارات الحرارية والميكانيكية والهوائية وغيرها تحول إلى إشارات D.C ، بالإضافة إلى أنظمة حاكمات (PID) حيث تعمل على D.C voltage .
٣. حالات الطوارئ : حيث تستخدم في الإنارة لعدة ساعات في حالة Black out .
٤. تشغيل مضخة الزيت الخاصة بكراسي المحأور للتوربينات البخارية (Bearings) في حالة بدء التشغيل خوفا من تكسرها بسبب قوة اندفاع البخار وما يسببه من احتكاك .

ويتم فحص البطاريات ودوائر التيار المستمر دوريا كل ستة أشهر للتأكد من تمام عمل هذه البطاريات والدوائر المصاحبة لها . وتقوم إجراءات الصيانة للبطاريات باتباع الخطوات التالية :

- **فحص واختبار سائل البطاريات :** يتم فحص واختبار السائل الإلكتروليتي للبطاريات شهريا حيث يقاس مستوى أو منسوب السائل داخل البطاريات وزيادة منسوب هذا السائل عند انخفاضه بإضافة ماء مقطر إلى البطاريات بحيث يغمر السائل حافة الألواح ويعلوها بحوالى 2←1 بوصة ، علأوة على ذلك يتم اختبار درجة الحامضية لهذا السائل وضبطها عند درجة معينة طبقا للمواصفات الفنية للبطاريات وذلك لضمان عمل البطاريات بكفاءة ، ويتم ذلك بقياس كثافة سائل البطارية باستخدام ميزان الكثافة (الهيدرومتر)، ثم قراءة الكثافة على عوامة الهيدرومتر . والجدول التالى يبين قراءة الكثافة وحالة البطارية في الأحوال المختلفة :

حالةالبطارية	الكثافة
بطارية كاملة الشحن	1.265 → 1.290
بطارية نصف مشحونة	1.205 → 1.230
بطارية مفرغة الشحنة	1.110 → 1.165

- **فحص ألواح البطاريات** : تتضمن إجراءات الصيانة للبطاريات أيضا فحص الألواح الموجبة والسالبة للبطاريات نصف سنويا وذلك لمنع تراكم أملاح كبريتات الرصاص التي يصعب تحليلها ونزعها من الألواح بعد أن تتراكم عليها مما يؤدى إلى فساد البطارية وهو ما يطلق عليه ظاهرة (التملح) ، وتحدث هذه الظاهرة عند تشغيل البطارية أو تفريغها مع انخفاض جهد العمود الواحد إلى حوإلى 1.8 volt (الجهد المقنن لكل عمود من أعمدة البطارية هو 2 volt) .

- **اختبار سعة وجهد البطاريات** : تختلف كمية الكهرباء التي يمكن تخزينها في البطاريات باختلاف أسطح الألواح المتكونة منها والوحدة العملية لقياس قدرة البطارية على التخزين تسمى (السعة)، وهي عبارة عن مقدار شدة التيار الذي يمكن أخذه من البطارية مضروبا في مقدار الزمن الذي يمكن أن تفرغ فيه قبل أن يصل الجهد بين أقطاب أعمدتها إلى 1.8 volt.

فإذا فرضنا أن بطارية أعطت 87A لمدة 10 ساعات ، فإن سعة البطارية تكون

Battary Capacity = 87 * 10 = 870 Amper.Hour.

وتشتمل عملية الصيانة للبطاريات على اختبار السعة عن طريق قياس معدل التفريغ لها ومقارنته بالسعة المقننة للبطارية ، إضافة إلى ذلك يتم اختبار الضغط بين أعمدة البطارية باستخدام الفولتميتر.

- **شحن البطاريات** : وتتم هذه العملية بواسطة جهاز الشحن أو الشاحن Charger وهو عبارة عن جهاز خاص يقوم بتغذية أطراف البطارية بتيار كهربائي مستمر ، وعادة يحتوي هذا الجهاز على محول خفض كهربائي يعمل على تخفيض جهد منبع التيار المتردد المستخدم في شحن البطارية إلى الجهد المقنن للبطارية ، ويتبع هذا المحول مرحلتا التقويم والتنعيم اللتان تعملان على تحويل التيار الكهربائي المتردد الخارج من المحول إلى تيار مستمر نقي لا يحتوي على أية تشوهات *Ripples* لتغذية أطراف البطارية وشحنها بالطاقة الكهربائية وإعادة مستوى جهدها إلى القيمة المقننة له .

ويجب غسل البطارية على فترات ثم إعادة تزويدها بالحامض وشحنها ، ويكون الغسل بفصل البطارية من الدائرة الكهربية ونزعها من مكانها وتفريغها مما تحويه من حامض ووضع ماء مقطر بدلا منه عدة مرات حتى نرى الماء خإلىا من الرواسب، بعد ذلك تملأ البطارية بالحامض من جديد مع مراعاة أن تكون كثافته في حدود 1.290 → 1.265 ثم تشحن البطارية بعد ذلك ، ويجب مراعاة إبعاد البطارية تماما عن مصادر اللهب خاصة في مراحل الشحن النهائية نظرا

لخروج غازات الهيدروجين والأوكسجين قرب نهاية عملية الشحن مما قد يؤدى إلى عملية الانفجار، إضافة إلى ذلك يجب ألا تترك البطارية غير مستعملة بدون شحن بل يجب أن تشحن قبل تخزينها ، ويعاد ذلك على فترات أثناء تخزينها .

- **استبدال البطاريات** : يتم استبدال البطاريات عند حدوث التملح الشديد للألواح بحيث لايمكن إزالته بإعادة الشحن وينتج ذلك التملح الشديد عن التفريغ السريع للبطاريات أو تركها غير مشحونة بدون استخدام فترة طويلة ، أيضا يتم الاستبدال عند حدوث دوائر قصر بين الألواح نتيجة للاتصال الداخلى بين الألواح الموجبة والسالبة مما يعني انعدام جهد أحد الأعمدة أو أكثر من عمود ، ويمكن علاج القصر بغسل البطارية ثم إعادة شحنها، فإذا بقي القصر كما هو وجب تغيير الألواح أو استبدال البطارية .

- **تعليمات السلامة الخاصة بصيانة البطاريات** : يجب اتباع ومراعاة إجراءات السلامة عند صيانة البطاريات والتي تشمل ما يلي :

١. يجب ألا يزيد ارتفاع السائل عن 2→1 بوصة فوق الألواح منعا لفيضان السائل مع الاهتزاز أو فوران البطارية عند ارتفاع درجة حرارة السائل مما يؤدى إلى تآكل أجزاء التوصيل .
٢. عند إعادة تركيب البطارية مكانها بعد عملية الشحن يجب التأكد من أن طرفي البطارية السالب والموجب قد أحكم وضعهما وربطهما .
٣. يجب تجنب الشحن الزائد عند شحن البطاريات .
٤. تجنب فتح البطاريات بالقرب من أي لهب منعا لحدوث مخاطر نتيجة تصاعد غاز الهيدروجين .
٥. إزالة الشوائب التي تظهر على هيئة بودرة علي أطراف البطارية .
٦. تجنب وقوع أي نوع من أنواع الشوائب الموجودة على هيئة بودرة على أيدي القائمين على الصيانة أو ملابسهم ، وفي حال حدوث ذلك فيجب إزالتها بالماء بعناية منعا للإصابة بالضرر .
٧. يجب مراعاة وجود غرفة خاصة لغسل العيون والوجه والأيدي عند التعرض للمحاليل الحمضية وغير ذلك من المشاكل التي قد تطرأ أثناء عمليات الصيانة .

٢- ١١ : صيانة قضبان التوزيع Maintenance of Bus Bars

تعتبر قضبان التوزيع هي الوسيلة الأساسية في ربط المولدات الموجودة في محطات التوليد بالمحولات أو ربط المحولات من الجانب الآخر بخطوط نقل القدرة ، كما أنها تساعد على عمل التركيبات المختلفة لمنظومات القوى الكهربائية وتأخذ هذه القضبان أشكالا مختلفة على حسب شدة التيار المار خلالها حيث تصنع على شكل قضبان دائرية أو مربعة أو مستطيلة من النحاس أو الألمنيوم .

وتوجد في مخططات محطات التحويل أنواع مختلفة من قضبان التوزيع تختلف في تركيبها على حسب الغرض الذي صممت المحطة من أجله مثل :

- قضبان التوزيع الفردية single bus-bars
- قضبان التوزيع المجزأة sectionalized bus-bars
- قضبان التوزيع المزدوجة duplicate bus-bars

وغيرها من التركيبات التي تخدم أغراضا معينة في منظومات القوى الكهربائية . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التالية لصيانة قضبان التوزيع في محطات التحويل :

١. تفحص القضبان للتأكد من خلوها من التلفيات السطحية مثل الشروخ أو الأجزاء المكسورة وتستبدل هذه الأجزاء التي قد تتسبب في فصل أجزاء من المحطة أو فصل الخدمة عن مجموعة من المستهلكين .

٢. تنظف قضبان التوزيع من الملوثات المختلفة مثل تراكم الأتربة والأوساخ والمواد العالقة الغريبة التي قد تتسبب في زيادة مقاومة هذه القضبان وبالتالي زيادة الجهد المفقود بها .

٣. تفحص عناصر تثبيت هذه القضبان من عوازل وغيرها للتأكد من أنها مثبتة جيدا وغير معرضة للانهيار بفعل تأثير الرياح أو الأمطار أو غير ذلك من الظواهر الخارجية .

٤. يراعى فحص مجزئات القضبان إذا كانت من النوع المجزأ وإجراء الصيانة الدورية اللازمة لها تفاديا لحدوث مشاكل أثناء التشغيل أو أثناء النقل من قضيب إلى آخر عند حدوث خطأ على القضبان .

٥. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على العوازل التي تحمل هذه القضبان .

شكل (٢- ١٨) – فحص وتنظيف قضبان التوزيع في محطات التحويل .

٢- ١٢ : صيانة عوازل المحطة Maintenance of Station Insulators

تستخدم العوازل في محطات التحويل وغيرها في عزل الأجزاء الحاملة للتيار عن الأجزاء غير الحاملة للتيار ومن هنا يتضح أن للعوازل دور في غاية الأهمية في منظومات القوى الكهربائية ، وعلى ذلك يجب فحص هذه العوازل دوريا حتى يمكن تجنب الانهيارات الكهربائية قبل حدوثها . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التالية لصيانة عوازل محطات التحويل :

١. تفحص العوازل للتأكد من خلوها من التلفيات السطحية مثل الشروخ أو الأجزاء المكسورة وتستبدل هذه الأجزاء المتسببة في تلف العازل .

شكل (٢- ١٩) - نماذج لبعض العوازل المستخدمة في محطات التحويل .

٢. تفحص أسطح العوازل ضد التلوث مثل تراكم الأتربة والأوساخ والمواد العالقة الغريبة، وتنظف جميع العوازل الملوثة .

٣. تفحص عناصر تثبيت العوازل للتأكد من أنها مثبتة جيدا وغير معرضة للانهيار بفعل تأثير الرياح أو الأمطار أو غير ذلك من الظواهر الخارجية .

٤. يجب تنظيف العوازل بمصدر جاف غير رطب حتى لاتؤثر الرطوبة على جودة العزل ، وفي حالة تعرض هذه العوازل لظروف محيطة تحتوي على أبخرة أو مواد كيميائية يجب أن تنظف بتيار هوائي جاف ساخن لإذابة وإزالة التراكمات الكيميائية .

٥. في حالة العوازل التي لا تستجيب للتنظيف البسيط يستخدم محلول الأمونيا أو المنظفات الأخرى الخاصة بتنظيف أسطح السيراميك أو البورسإلين ، مع الأخذ في الاعتبار أن يكون سطح العازل بعد التنظيف ناعما ولامعا ويخلو من أية خشونة ودهان العازل بطبقة من الورنيش للوصول إلى جودة العزل المطلوبة .

شكل (٢- ٢٠) – طرق تنظيف عوازل محطات التحويل .

٦. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على وظيفة العوازل . كما يجب أيضا اختبار مقاومة العوازل وقياسها بواسطة أجهزة الميجر ذات المدى الكبير ،

ويعتبر العازل غير جيد ويحتاج إلى صيانة إذا كانت مقأومته أقل من ٢٠٠٠٠ ميجا أوم مع مراعاة أن تقاس هذه المقأومة أثناء فصل العازل من الخدمة .

٢- ١٣ : فحص أجهزة الإنذار Alarm System Inspection

تعتبر أجهزة الإنذار من العناصر الهامة في منظومات الحماية حيث تقوم هذه الأجهزة بإصدار إشارات تحذيرية عند حدوث أي خلل أو عطل في عناصر منظومات القوى المختلفة ، ويصاحب تشغيل هذه الأجهزة عمل مرحلات الحماية لفصل العناصر المعطوبة أو الحادث عليها الخطأ طبقا لخطورة التغير في متغيرات التشغيل والناتجة عن حدوث الخلل أو الخطأ أو العطل ، وتشمل هذه الأجهزة أجهزة الإنذار السمعية والضوئية .

تقوم أجهزة الإنذار السمعية بإصدار أصوات تحذيرية في حال حدوث الأعطال أو الأخطاء وتتدرج حدة الصوت التحذيري الناتج عن أجهزة الإنذار طبقا لخطورة نتائج حدوث العطل أو الخطأ ، حيث تبدأ هذه الأجهزة في إصدار أصوات تحذيرية ذات حدة منخفضة عند حدوث تغيير منخفض في متغيرات تشغيل أي من عناصر المنظومة وتزداد حدة الصوت كلما زاد التغير أو خطورة نواتج هذا التغير لتنبيه القائمين على التحكم باكتشاف نوع العطل واتخاذ الخطوات اللازمة والسريعة لتفادي نواتجه قبل أن تقوم مرحلات الحماية بالتدخل وفصل هذه العناصر المعطوبة من الخدمة .

على الجانب الآخر تقوم أجهزة الإنذار الضوئية بإصدار إشارات ضوئية تحذيرية في حال حدوث الأعطال أو الأخطاء تتمثل في تغير فلاشي في لون لمبات أو إشارات البيان التحذيرية ، ويدل اللون الأخضر الفاتح على عمل عناصر المنظومة تحت ظروف التشغيل الطبيعية ، بينما يدل تغير لون اللمبات أو إشارات البيان إلى اللون الأصفر أو البرتقإلى إلى حدوث أخطاء أو أعطال متدرجة الخطورة وتزاد سرعة التذبذب الفلاشي لهذه الإشارات مع زيادة خطورة نواتج الأعطال ، أما عند تحول هذه اللمبات البيانية أو الإشارات الضوئية إلى اللون الأحمر فإن ذلك يعني حدوث أعطال ذات مخاطر جسيمة تتطلب الفصل الفوري لهذه العناصر .

لضمان التشغيل الصحيح والدقيق لأجهزة الإنذار يتم فحصها واختبار عملها شهريا حيث يتم تشغيل هذه الأجهزة يدويا للتأكد من عملها على الوجه المطلوب وكذلك وضوح الإشارات الصوتية والضوئية الصادرة عنها ووصول هذه الإشارات إلى الأماكن التي يجب أن تصل إليها .

٢- ١٤ : فحص دوائر وصناديق التأريض Earthing System Inspection

تشمل دوائر التأريض بالمحطة كلاً من المفاتيح المصاحبة لمعدات الفصل إلىدوية والعوازل الداعمة وأبراج المعدات ، ومحولات التأريض . وتستخدم عناصر التأريض من أجل تأريض الأجزاء المفصولة أو المعزولة أو غير الحاملة للتيار وذلك لتأمين الحماية للعاملين على معدات الدوائر الكهربائية عند عمليات الصيانة والفحص لها .

ويتم فحص دوائر وصناديق التأريض واختبار عملها دوريا كل ستة أشهر حيث يتم قياس مقأومة التأريض لهذه الدوائر والصناديق ومطابقتها بالقيم المصممة عليها للتأكد من عملها على الوجه المطلوب وكذلك توفير السلامة والأمان للعاملين في مختلف أجزاء المحطة . ويتم قياس مقأومة الأرض بطرق وبأجهزة عديدة منها

١. **الميكروأوميتر Ducton Tester or Micro-Ohmeter** : وهو عبارة عن جهاز أوميتر لكنه يستخدم لقياس المقأومات ذات القيم المنخفضة جدا كما هو الحال عند قياس مقأومة دائرة التأريض أو مقأومة الأرض ، الجدول التإلى يوضح بعض أنواع هذه الأجهزة ومدى القياس لكل منها مع إيضاح للنوع الرقمي كما في شكل (٢- ٢١) :

٢.

النوع	مدى القياس
• ميكروأوميتر عإلى الدقة	1 μΩ → 199.9 Ω ; Error = 0.02%
• ميكروأوميتر عإلى الأداء	1 μΩ → 19.99 Ω ; Error = 0.025%
• ميكروأوميتر رقمي نقال مع ضبط أوتوماتيكي للمدى	1 μΩ → 600 Ω ; 10 A

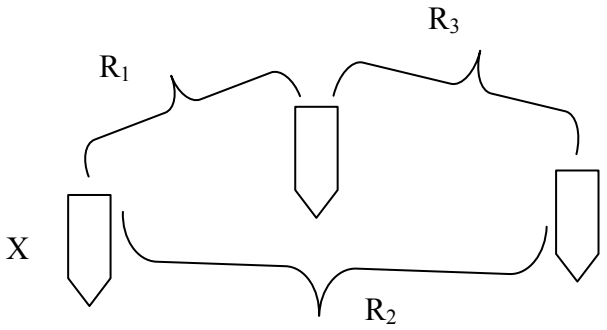
شكل (٢- ٢١) – ميكروأوميتر رقمي نقال مع ضبط أوتوماتيكي للمدى .

٣. **الميجر Megger** : يتم قياس مقأومة دائرة التأريض وكذلك مقأومة الأرض أيضا باستخدام جهاز الميجر مع الاستعانة بأطراف توصيل ، وموصلات اختبار ، وبطارية . ويتم استخدام جهاز الميجر عند قياس مقأومة الأرض بالطرق الشائعة والمعروفة والتي تشمل :

شكل (٢- ٢٢) – جهاز الميجر المستخدم في قياس مقأومة الأرض .

- **طريقة الثلاث نقاط :** حيث يستخدم اثنان من الإلكترودات المساعدة مع الإلكترود الرئيس كما هو موضح بشكل (٢- ٢٣) ، وقياس مقاومة كل الإلكترودات ، مع مراعاة زيادة المسافة بين الإلكترودات حتى نحصل على قيم ثابتة للمقاومات المقاسة وبالتالي حساب قيمة مقاومة الأرض :

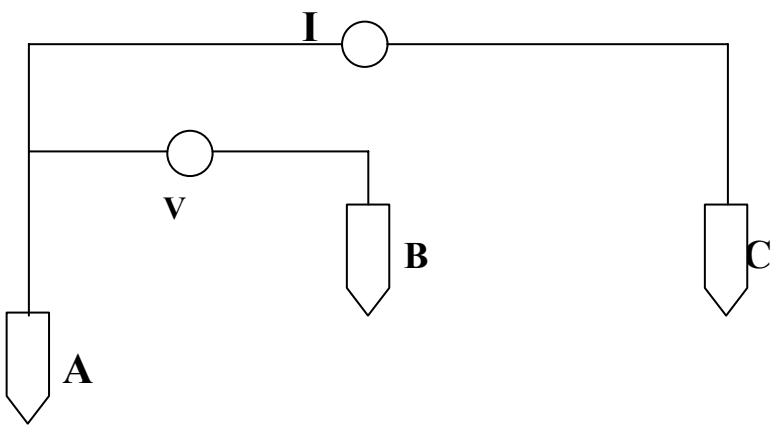
$$X = (R_1 + R_2 + R_3) / 2$$



شكل (٢- ٢٣) – استخدام الميجر لقياس مقاومة الأرض بطريقة الثلاث نقاط .

- **طريقة انخفاض الجهد :** وهذه الطريقة هي الأكثر شيوعا في قياس مقاومة الأرض حيث يستعمل إلكترودان مساعدان B , C على مسافة مناسبة من الإلكترود الرئيس A كما هو موضح بشكل (٢- ٢٤) ، ثم يوضع مصدر كهربائي ذو تيار معروف بين الإلكترودين A , C وقياس فرق الجهد بين الإلكترودين A , B وحساب قيمة مقاومة الأرض كالآتي :

$$\mathbf{R_e = V / I}$$



٢- ١٥ : إعادة توصيل المحطة للخدمة Susstation Restoring

بعد انتهاء عمليات و إجراءات الصيانة على محطات التحويل سواء كانت هذه الصيانة جزئية أو كلية فإنه يجب إعادة المحطة إلى الخدمة ، ويتم ذلك أيضا على مرحلتين مع اتباع مبدأ آخر جزء تم فصله هو أول جزء يعاد توصيله (**LOFC**) Last Opened, First Closed .

أ – في بداية إعادة المحطة إلى الخدمة ترفع اللوحات والإشارات التحذيرية التي تم وضعها سابقا على لوحات التحكم الخاصة بالقواطع ، كما ترفع اللوحات الموضوعة بالقرب من أو على الأجزاء الموضوعة تحت الصيانة.

ب - كخطوة ثانية لإعادة المحطة إلى الخدمة يتم توصيل المفاتيح إلىدوية بالمحطة بواسطة المسؤول عن فصل وتوصيل هذه المفاتيح واستبعاد عصي التأريض وخروج الشخص المسؤول إلى خارج نطاق الأجزاء الحاملة للتيار بالمحطة .

ج – في نهاية إعادة المحطة إلى الخدمة تستخدم القواطع الإلىة الموجودة بالمحطة ، حيث يتم فك الفرملة الميكانيكية للقواطع (Circuit Breaker Unblocking) والتي تم عملها عند فصل هذه القواطع مع إعادة توصيل هذه القواطع من بعد باستخدام لوحات التحكم الخاصة بها .

د – يجب أيضا مراعاة إعادة محولات الحماية والقياس (محولات الجهد ومحولات التيار) إلى الخدمة لتغذية دوائر الحماية والتحكم والقياس وضمان الأداء الأمثل لعناصر المحطة وحمايتها من الأخطاء أو حالات التشغيل غير الطبيعية .

أسئلة وتمارين

١. عدد وظائف محطات التحويل

٢. اشرح بإيجاز خطوات الصيانة للوصول إلى تشغيل محطات التحويل بكفاءة عالية

٣. تكلم عن خطوات عزل المحطة كهربائيا

٤. اذكر فوائد استخدام اللوحات التحذيرية في محطات التحويل

٥. اشرح باختصار إجراءات الصيانة لمحولات القدرة الجافة

٦. اشرح باختصار إجراءات الصيانة لمحولات القدرة المغمورة في الزيت

٧. اشرح اختبارات القبول لمحولات القدرة المغمورة في الزيت

٨. اذكر إجراءات اختبار القواطع الجديدة

٩. اذكر إجراءات اختبار القواطع الموجودة بالخدمة

١٠. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الزيتية

١١. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الفراغية

١٢. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الغازية

١٣. اشرح إجراءات الصيانة لمحولات القياس والحماية

١٤. اشرح كيفية فحص واختبار أجهزة الحماية

١٥. اشرح الإجراءات والخطوات المتبعة في صيانة قضبان التوزيع في محطات التحويل

١٦. اشرح الإجراءات والخطوات المتبعة في صيانة عوازل محطات التحويل

١٧. اشرح أنواع وفوائد أجهزة الإنذار في محطات التحويل

١٨. اشرح خطوات إعادة المحطة إلى الخدمة