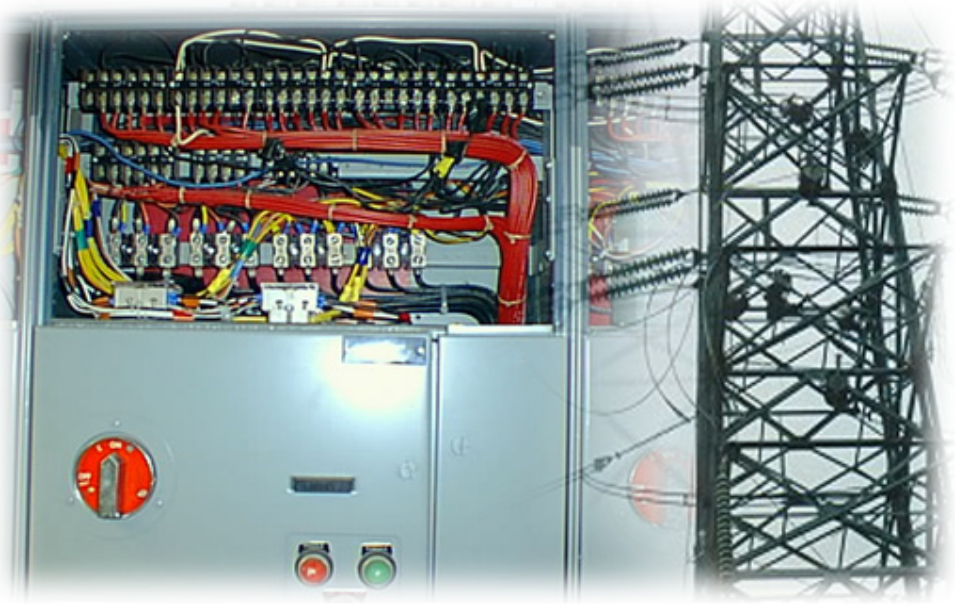
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

قوى كهربائية

التحكم والصيانة في نظم القوى

٢٥٣ كهر



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " التحكم والصيانة في نظم القوى " لمتدربي قسم" قوى كهربائية " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

التحكم والصيانة في نظم القوى

التحكم بالمحولات

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

الأهداف:

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

١. ملما بطرق استعمال المحولات كأجهزة تحكم في تسرب الطاقة
٢. ملما بطرق استعمال المحولات لتنظيم مقدار الجهد الكهربائي وطوره

مستوى الأداء المطلوب:

الوقت المتوقع للتدريب:

الوسائل المساعدة:

١. استخدام التعليمات في هذا القصل .

متطلبات الجدارة:

١. يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

الفصل الأول: التحكم بالمحولات الكهربائيـــة

تعتبر منظومات القوى الكهربائية من أهم علامات التطور الصناعي والتكنولوجي في البلدان والمجتمعات المختلفة، وقد نشأت الحاجة إلى التحكم ومتابعة تشغيل هذه المنظومات نظرا لكبر حجمها وازدياد التعقيد في تركيبها ، كما اختلفت الطرق والإستراتيجيات المستخدمة في التحكم بدءا من التحكم التناظري البسيط إلى التحكم الرقمي من بعد .

وتعتبر المحولات من الأجهزة الإضافية المستخدمة للتحكم في القدرة الفعالة وغير الفعالة في منظومات القوى الكهربائية إضافة إلى استخدام بعض المحولات للحصول على ضبط وتنظيم قيمة الجهد في حدود معينة وأخرى لترحيل وتنظيم زاوية الطور لجهد الخط حيث تعتبر مثل هذه المحولات من أهم عناصر التحكم في منظومات القوى الكهربائية .

وللتعرف على كيفية استخدام المحولات كأجهزة تحكم يلزم أولا التعرف السريع على مكونات وعناصر منظومات القوى الكهربائية بالإضافة إلى إلقاء نظرة عامة على المحولات وأنواعها .

١-١ عناصر منظومات القوى الكهربائية Elements of Electrical Power Systems

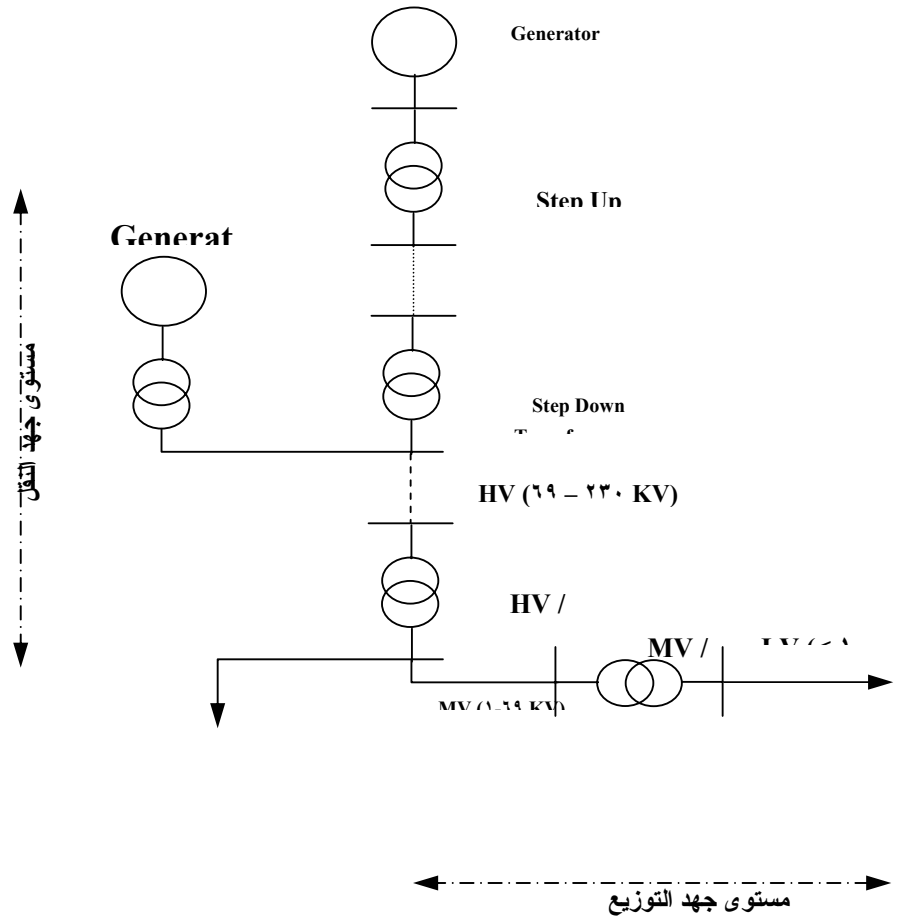
تتكون منظومات القوى الكهربائية الحديثة ذات التيار المتردد من العناصر التالية :

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

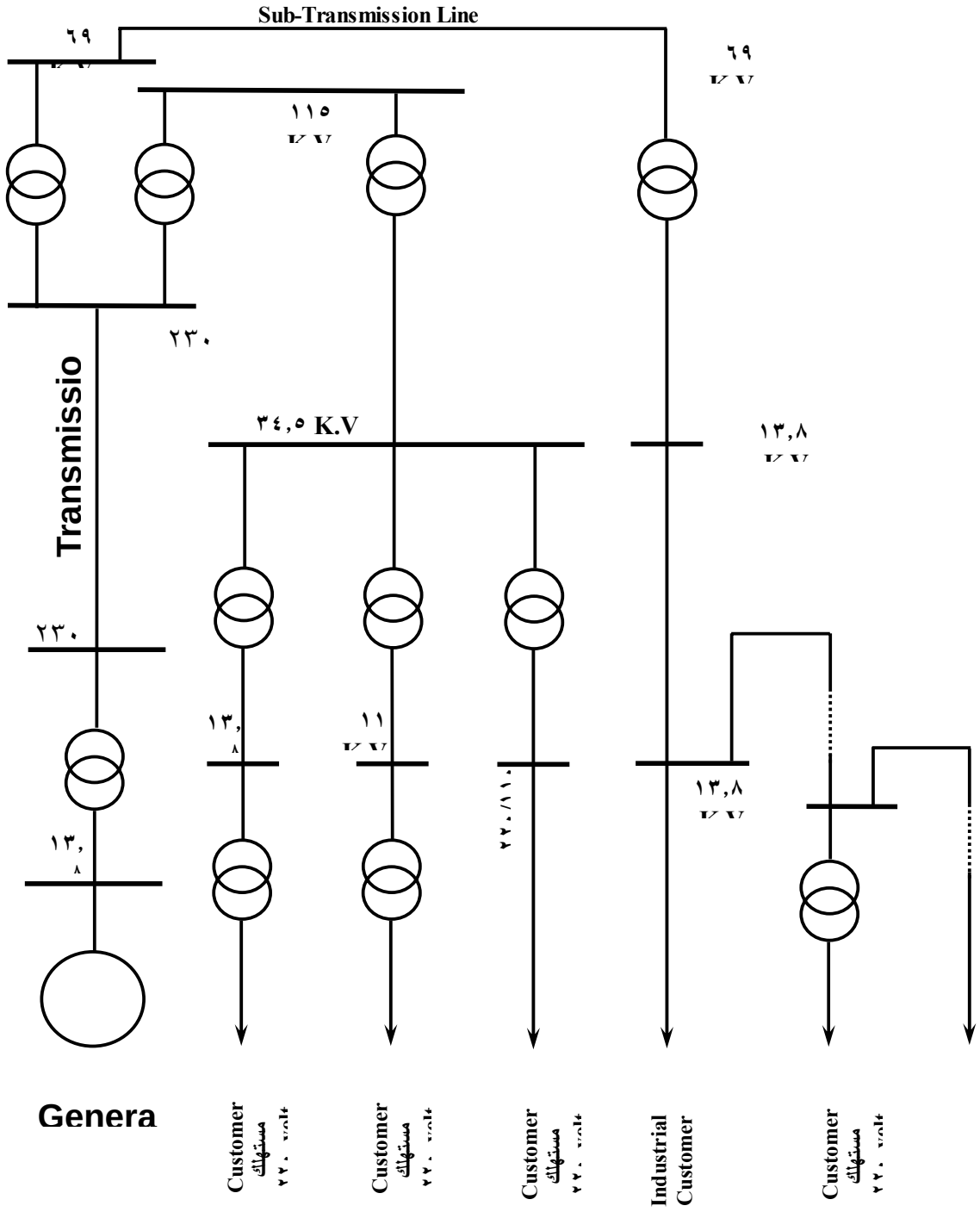
ويمكن تقسيم هذه العناصر إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

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

أشكال (١ -١)، (١ -٢) توضح نماذج لمنظومات القوى الكهربائية حيث يتم توليد القدرة الكهربائية عند جهود مستويات التوليد (٦,٦ K.V and ١١ K.V , ١٣,٨ K.V , ٢٠ K.V , ٣٣ K.V) ثم ترفع إلى جهود عالية أو فائقة بواسطة محولات رفع لتصل إلى مستويات الجهود على خطوط النقل والتي تتراوح بين (٤٠٠ K.V and ٣٨٠ K.V , ٢٢٠ K.V , ١٣٢ K.V , ٦٦ K.V) ثم تنقل عبر هذه الخطوط إلى مسافات طويلة ، وفي المرحلة الأخيرة تغذى الأحمال الكهربائية بأنواعها الصناعية والتجارية والسكنية من خلال الخفض المتدرج لهذه الجهود العالية بواسطة محولات خفض لتصل إلى مستويات التوزيع الابتدائي (٦,٦ K.V and ١١ K.V , ١٣,٨ K.V , ٢٠ K.V , ٣٣ K.V) أو مستويات التوزيع الثانوي (١١٠ volts / ٢٢٠ or ٢٢٠ volts / ٣٨٠) .



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

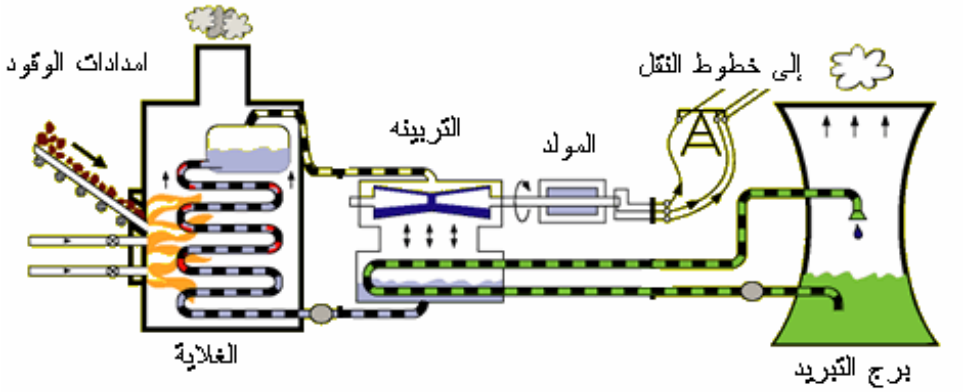


شكل (١ -٢) – نموذج لجزء من شبكة سكيكو السعودية

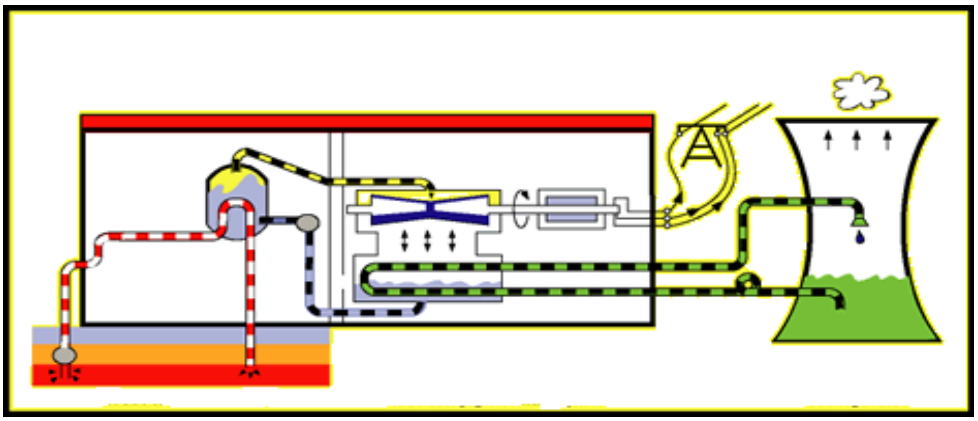
١ - ١ - ١ : محطات توليد القوى الكهربائية Electric Power Stations

يتم توليد الطاقة الكهربائية بطرق مختلفة ومتعددة منها الطرق التقليدية والطرق الجديدة والمتجددة نذكر منها ما يلي :

- محطات التوليد الحرارية Thermal power stations : والتي يستخدم فيها الوقود الصلب أو السائل أو الغازي في إدارة التوربينات الميكانيكية وتشمل محطات التوليد البخارية Steam power stations ، محطات التوليد الغازية Gas turbine power stations ، محطات الديزل Diesel generators وتتميز محطات القوى الحرارية بانخفاض التكاليف الابتدائية وصغر المساحة والوفر في الأساسات الأرضية كما أنها تخلو نسبيا من مشاكل تغيير الأحمال ، إضافة إلى ذلك تشكل محطات التوليد البخارية والغازية القاعدة العريضة في منظومة التوليد بالمملكة العربية السعودية .

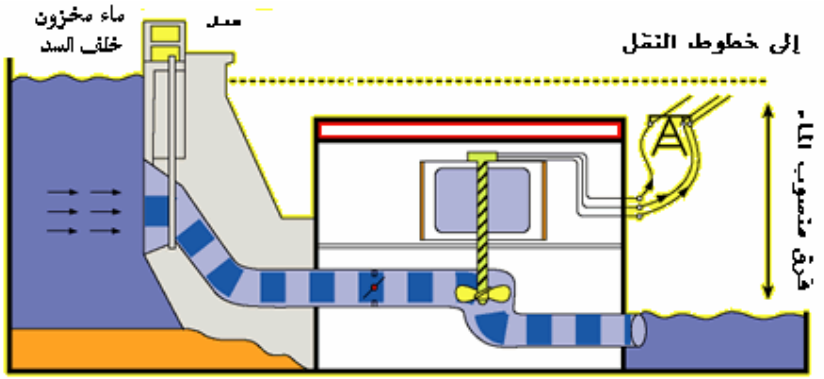


شكل (١ -٣) - مكونات المحطة البخارية



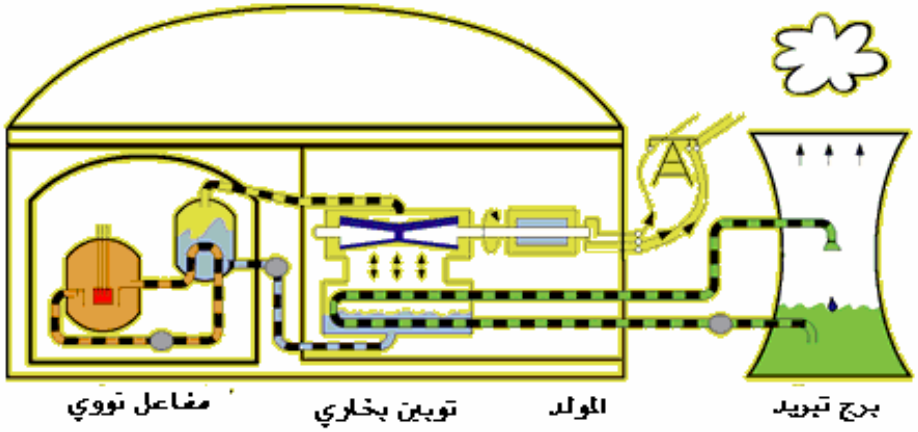
شكل (١ -٤) - مكونات المحطة الغازية

- محطات التوليد الهيدروليكية Hydraulic power stations : والتي تستخدم فيها طاقة الوضع المختزنة في المياه المتواجدة خلف شلال طبيعي أو سد اصطناعي في إدارة توربينات مائية تقوم بدورها بإدارة مولدات كهربائية كبيرة ، وتعتبر تكاليف إنشاء المحطات الهيدروليكية عالية إلا أن تكاليف تشغيلها منخفضة بعكس المحطات الحرارية .



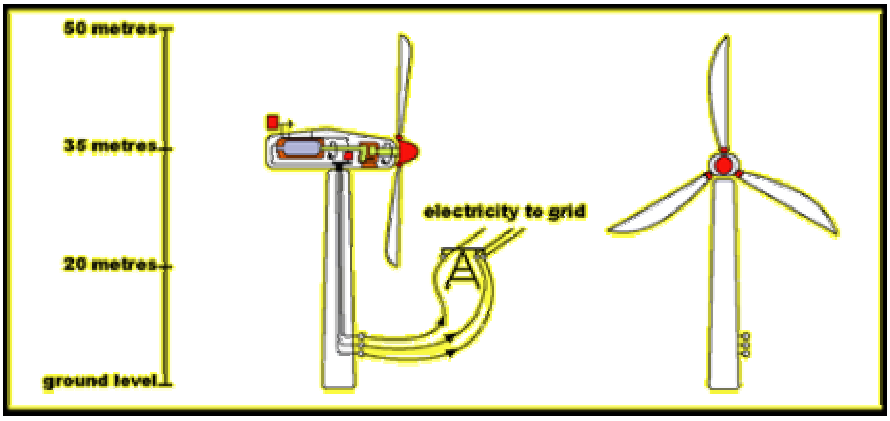
شكل (١ -٥) - مكونات المحطة الهيدروليكية

- محطات التوليد النووية Nuclear power stations : حدث تقدم كبير في مجال الهندسة النووية أدى إلى استخدام الطاقة النووية على مستوى واسع في توليد القوى الكهربائية وخاصة في الدول ذات الإنتاج الفقير من البترول ، إلا أن مثل هذه المحطات تستلزم وجود ضمانات وقائية عالية جدا .



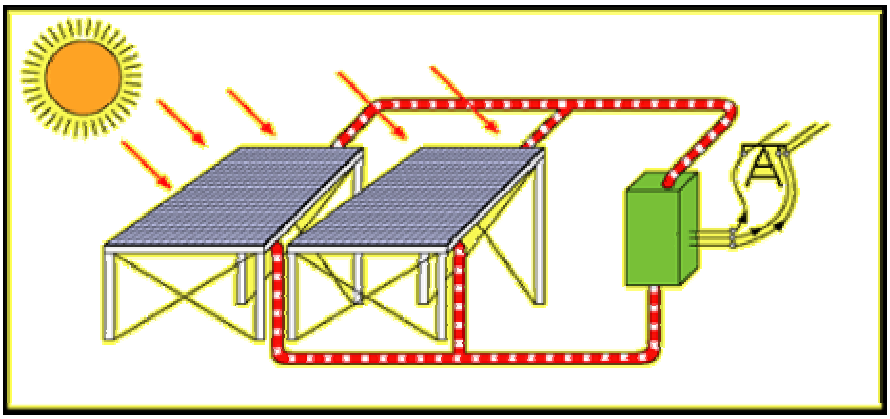
شكل (١ -٦) - مكونات المحطة النووية

- محطات التوليد الهوائية Wind energy power stations : حيث تستخدم طاقة الرياح في إدارة توربينات هوائية تقوم بدورها بإدارة المولدات الكهربائية ، وتستخدم هذه المحطات على نطاق ضيق في نظم القوى الكهربائية .



شكل (١ -٧) – مكونات المحطات الهوائية

- المحطات الشمسية Solar energy power stations : حيث تستخدم الخلايا الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية ، إلا أن تكلفة إنشاء هذه الخلايا حتى الآن تعتبر مرتفعة نسبيا وغير اقتصادية .



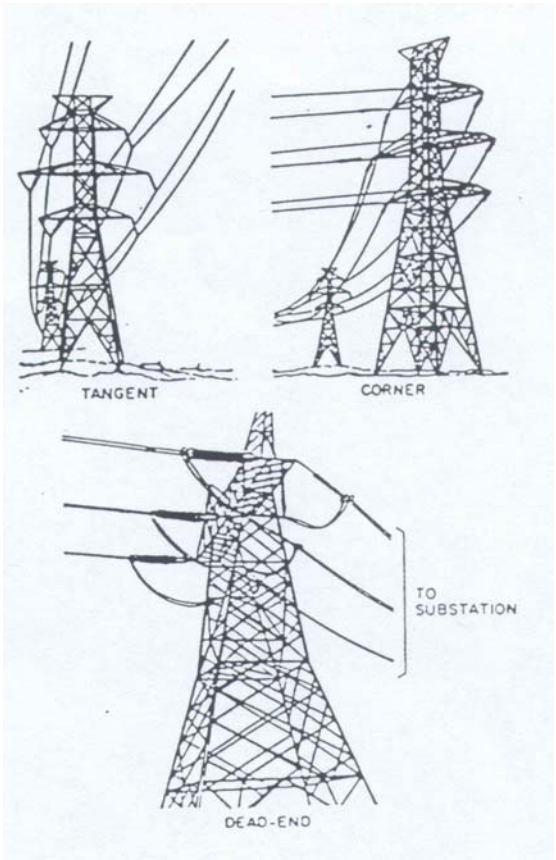
شكل (١ -٨) – مكونات المحطات الشمسية

وقد شهد قطاع الكهرباء في المملكة تطورا كبيرا بإنشاء المحطات عالية القدرة ودخولها الخدمة خلال سنوات قليلة في المناطق المختلفة بالمملكة.

١ - ١ - ٢: منظومات نقل القوى الكهربائية Electric Power Transmission Systems

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 الألومنيوم أو الألومنيوم المقوى بالصلب ، كما تحمل هذه الموصلات على أبراج من الصلب أو الخرسانة أو الخشب على حسب الجهد المنقول عليها ، أيضا يتم استخدام عوازل كهربائية لعزل هذه الموصلات عن الأبراج ، وتزداد القدرة المنقولة عبر الخط بزيادة الجهد الذي يعمل عنده الخط .

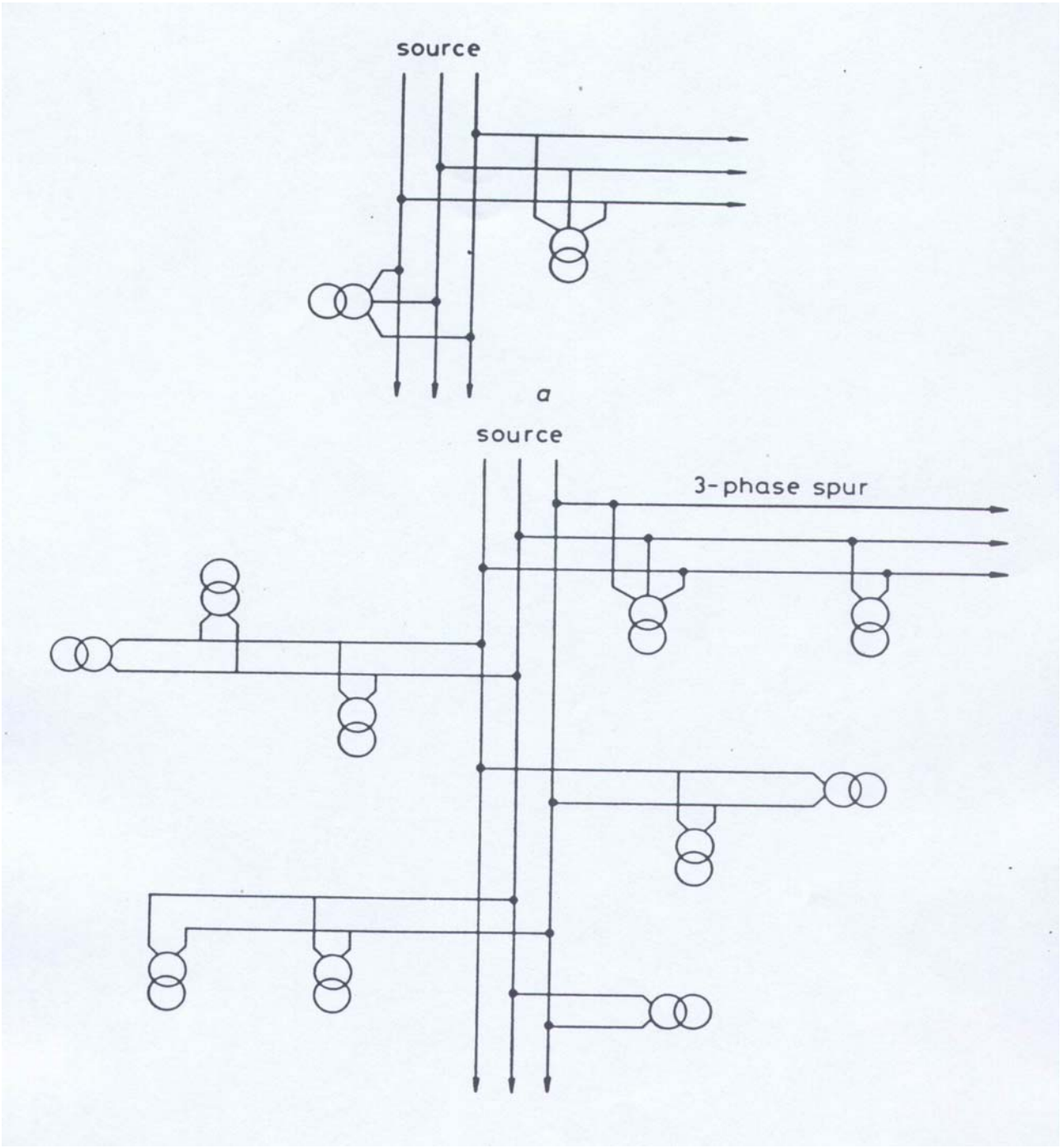


شكل (١ -٩) - نماذج لبعض أنواع الأبراج المستخدمة في منظومات النقل.

١ - ١ - ٣: منظومات التوزيع الكهربائية Electric Distribution Systems

مهمة منظومات التوزيع هي استقبال القدرة الكهربائية المرسلة 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 والكابلات الأرضية في منظومات التوزيع ، وعلى الرغم من أن التوزيع باستخدام الكابلات الأرضية يتكلف أضعاف ما يتكلفه التوزيع باستخدام الموزعات الهوائية ، إلا أن استخدام الكابلات الأرضية يعد ضرورة حتمية في حالة التوزيع في المناطق السكنية .

كما يتم التوزيع عادة على مرحلتين : التوزيع الأولي (الابتدائي) Primary distribution على جهود تتراوح بين ٦,٦ KV – ٣٣ KV حسب الجهود القياسية المستخدمة في المنطقة ، ثم التوزيع الثانوي (المنخفض) Secondary distribution على جهود الاستخدام حيث يوجد نظامان ٢٢٠/١١٠ V. أو ٣٨٠/٢٢٠ V. . وشكل (١ -١٠) يوضح جزءاً من شبكة جهد متوسط تحتوي على محولات توزيع ثلاثية الأوجه وأخرى أحادية الوجه.



شكل (١ -١٠) – شبكة توزيع جهد متوسط بمحولات توزيع ثلاثية الأوجه وأحادية الوجه .

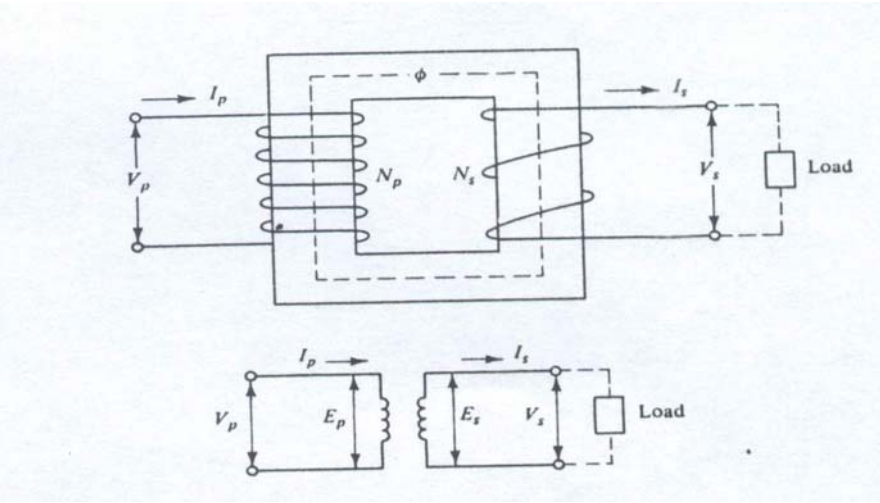
١-٢ : نظرة عامة على المحولات Transformer overview

المحول هو آلة من آلات التيار المتردد الساكنة التي تستخدم في تحويل طاقة كهربائية ذات مستوى معين من الجهد (أو التيار) إلى طاقة كهربائية أيضا ذات مستوى آخر من الجهد (أو التيار) دون وجود أي أجزاء دوارة في تركيب المحول .

وتتركب جميع المحولات من ثلاثة مكونات رئيسية هي :

- الملف الإبتدائي primary-coil : وهو ملف كهربي مصنوع من أسلاك من النحاس الأحمر المعزولة وذات عدد معين من اللفات (N_1) ويتصل دائما بالمصدر ويستقبل الطاقة المطلوب تغيير مستوى جهدها.
- الملف الثانوي secondary-coil : وهو ملف كهربي مصنوع أيضا من أسلاك من النحاس الأحمر المعزولة وذات عدد آخر من اللفات (N_2) ويتصل دائما بجهة استهلاك الطاقة بعد تغيير مستوى الجهد . وهذان الملفان معزولان عن بعضهما كهربيا لكنهما مرتبطان مغناطيسيا عن طريق القلب الحديدي للمحول حيث يخترقهما نفس الفيض المغناطيسي المتردد .
- قلب حديدي iron-core : يصنع من رقائق من الصلب السليكوني عالي النفاذية المغناطيسية يتولد فيه فيض مغناطيسي متردد عند مرور تيار متردد في الملف الابتدائي يعمل على توليد قوة دافعة كهربية في الملف الثانوي.

شكل (١ - ١١) يبين التركيب الأساسي للمحول التقليدي بينما في حالة المحولات الذاتية يكون هناك ملف واحد يقوم بعمل كل من الملف الابتدائي والثانوي .



شكل (١ -١١) – التركيب الأساسي للمحولات

من المعلوم أن الاستخدام السائد للمحولات هو أنها أجهزة تستخدم لرفع أو خفض الجهد في منظومات القوى الكهربائية بغرض نقل وتوزيع قدرات كبيرة ، ومع التطور الكبير في هذه المنظومات

وزيادة التعقيد في تركيبها وترابطها وخاصة منظومات نقل القدرة على جهود عالية وفائقة ظهرت الحاجة إلى متطلبات جديدة في صناعة المحولات يمكن تلخيصها فيما يلي :

١. الحاجة إلى تصميم محولات تعمل مع جهود فائقة مما يعني استخدام طرق ذات كفاءة عالية في عزل هذه المحولات وتبريدها ، إضافة إلى قدرة هذه المحولات على التعامل مع الظواهر التي ظهرت حديثا في منظومات القوى الكهربائية مثل التوافقيات Harmonics والأحمال اللاخطية وغيرها .

٢. الحاجة إلى استخدام وسائط عزل وتبريد غير قابلة للاحتراق - كما في حالة زيوت التبريد المعدنية الأكثر شيوعا واستخداما في تبريد وعزل المحولات – وخاصة في محولات التوزيع التي تخدم الأماكن المأهولة بالسكان أو الأماكن الخطرة والتوسع في استخدام المحولات الجافة المبردة بالهواء أو بعض الغازات العازلة.

٣. تنوع أحجام المحولات وقدراتها بدءا من المحولات العملاقة وانتهاء بمحولات الأجهزة الإلكترونية الصغيرة إضافة إلى الاستخدامات المتعددة للمحولات في القياس والحماية والتحكم .

٤. تزويد المحولات الحديثة بأجهزة تحكم تعمل بالحاسبات لمسايرة التطورات الكبيرة في مجالات التحكم والتشغيل .

ويمكن تصنيف المحولات بطرق عديدة تفيد في تحديد مواصفاتها عند الحاجة ، و من أهم الطرق المستخدمة في تصنيف المحولات ما يلي :

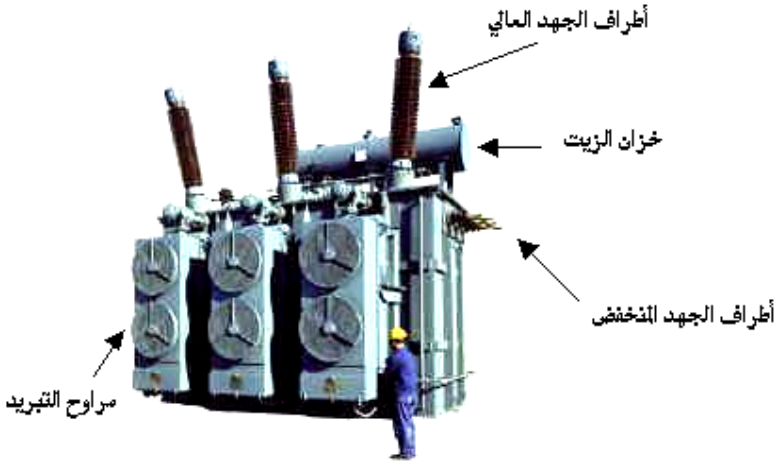
أ. على حسب عدد الأوجه للمحول :

- محولات أحادية الوجه single phase transformers.
- محولات ثلاثية الأوجه three phase transformers.
- محولات سداسية الأوجه six phase transformers وتعمل هذه المحولات في محطات التقويم للتيار المتردد لتحويله إلى تيار مستمر.

ب. على حسب الاستخدام للمحولات :

- محولات القدرة power transformers : وهي المحولات العملاقة التي تستخدم في رفع أو خفض الجهد في محطات التحويل المربوطة بخطوط نقل الطاقة الكهربائية.

شكل (١ -١٢) - القلب الحديدي والملفات والأطراف الخارجية لمحول قدرة



شكل (١ -١٣) – الشكل الخارجي لمحول قدرة

- محولات التوزيع distribution transformers : وهي محولات خفض تستخدم في تغذية الأحمال في شبكات التوزيع.
- محولات القياس instrument transformers : وهي محولات خافضة للجهد أو التيار وتستخدم مع أجهزة القياس والتحكم والحماية بغرض عزلها عن الدوائر الحاملة للجهود والتيارات العالية للعمل بأمان .
- محولات التأريض earthing transformers : وهي محولات تستخدم لإيجاد مسار أرضي في المنظومات الموصلة على شكل دلتا غير مؤرضة ، وهي مفيدة بالنسبة للحماية من الأخطاء الأرضية وتعرف باسم محولات الزجزاج zig-zag .

- المحولات صغيرة القدرة والتي تستخدم مع الأجهزة المنزلية الصغيرة أو الأجهزة الإلكترونية أو الأجهزة الطبية .

ج. **على حسب طريقة التبريد للمحولات :**

- المحولات الجافة Dry-type transformers : وهي محولات يتم تبريدها عن طريق الهواء كوسيط أساسي للتبريد والعزل أو بعض الغازات العازلة غير القابلة للاشتعال مثل غاز الفلوروكاربون (C_2F_6) .
- المحولات المغمورة في الزيت Oil filled transformers : وهي محولات يتم تبريدها عن طريق الزيت المعدني كوسيط أساسي للتبريد والعزل أو بعض السوائل الأخرى المقاومة للحريق مثل الأسكاريل askarel أو مائع السليكون silicone fluid وتعتبر المحولات المغمورة في الزيت من أكثر المحولات استخداما في شبكات التوزيع متوسطة ومنخفضة الجهد .

١ - ٣ : المحول كجهاز تحكم Transformer as a control device

للوصول إلى السعة العالية في نقل القدرة الكهربائية وكذلك التقليل من كمية الفقد في القدرة أثناء عملية النقل يجب أن تنقل هذه القدرات على جهود عالية أو فائقة القيمة ، وعلى الجانب الآخر فإنه ليس من الملائم عمليا أن يتم توليد جهود عالية من محطات التوليد مباشرة ، ومن هنا يبرز الدور الهام للمحولات في تحقيق السعات المطلوبة في عمليات نقل القدرة الكهربائية الحالية والمستقبلية عن طريق رفع الجهود .

إضافة إلى ما سبق فإن المحولات تستخدم في عزل وحدات التوليد الموجودة بالمحطات عن الموجات الجهدية العابرة والتي تنشأ من الاضطرابات الجوية (البرق) وتكون على شكل موجات عابرة ذات بدايات جهدية عالية وسرعة انتشار أقل من سرعة الضوء بقليل ، وتقوم المحولات بعكس هذه الموجات عند أطرافها وحماية المولدات من التأثير الضار لهذه الموجات .

كما تستخدم المحولات كأجهزة إضافية للتحكم في كل من القدرة الفعالة وغير الفعالة في منظومات القوى الكهربائية ، وكما ذكر سابقا فإن الاستخدام الرئيسي للمحولات في هذه المنظومات هو تغيير الجهد من مستوى إلى آخر – على سبيل المثال حينما تستخدم هذه المحولات لرفع جهد التوليد إلى مستوى جهد النقل على خطوط نقل القدرة أو خفضه على مراحل تدريجية وتغذية شبكات التوزيع والأحمال – إلا أنه يمكن استخدام بعض المحولات للحصول على ضبط وتنظيم قيمة الجهد في حدود ± ١٠٪ وأخرى لترحيل وتنظيم زاوية الطور لجهد الخط حيث تعتبر مثل هذه المحولات من أهم عناصر

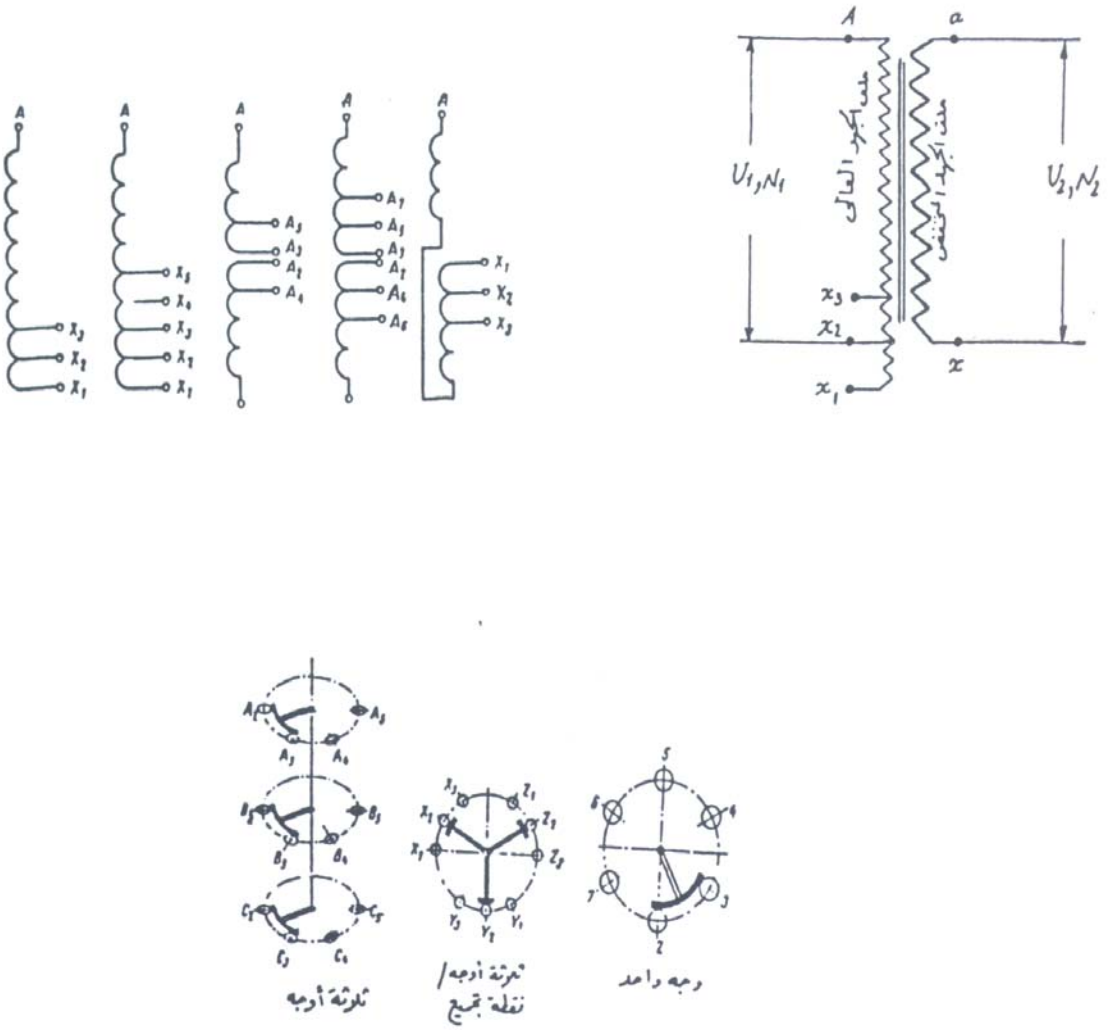
التحكم في منظومات القوى الكهربائية . وفي بعض الحالات تستخدم بعض المحولات لتنظيم كل من قيمة وزاوية الطور للجهد معا .

وعادة يتم تنظيم وتغيير الجهد بالمحولات عن طريق تغيير عدد اللفات للمحول ، سواء بتغيير عدد لفات الملف الابتدائي ، أو تغيير عدد لفات الملف الثانوي ، أو تغيير عدد لفات الملفين معا ، ويؤدى ذلك إلى تغيير نسبة التحويل للمحول voltage transformation ratio والحصول على جهد متغير على أطراف المحول عن طريق نقاط تقسيم tapping points على ملفات المحول ، ويوجد طريقتان لتغيير نقاط التقسيم في المحولات كما يلي :

١ -٣ -١ : في حالة فصل المحول عن مصدر التغذية Off Load Tap Changing

(أي عند اللاحمل) حيث تكون نقاط التقسيم ومفاتيح تغيير الخطوة داخل جسم المحول أما التغيير فيتم يدويا عن طريق ذراع أو مقبض مخصص لذلك أعلى جسم المحول ، شكل (١ -١٤) يبين كيفية استخدام نقاط التقسيم في بداية الملف أو في منتصف الملف على مرحلتين أو أربع مراحل .

وبعد إتمام عملية التغيير يعاد توصيل المحول إلى مصدر التغذية حيث تعود خدمة توصيل الكهرباء إلى المستهلكين .



شكل (١ -١٤) – أوضاع نقاط التقسيم للمحول للتغيير عند اللاحمل

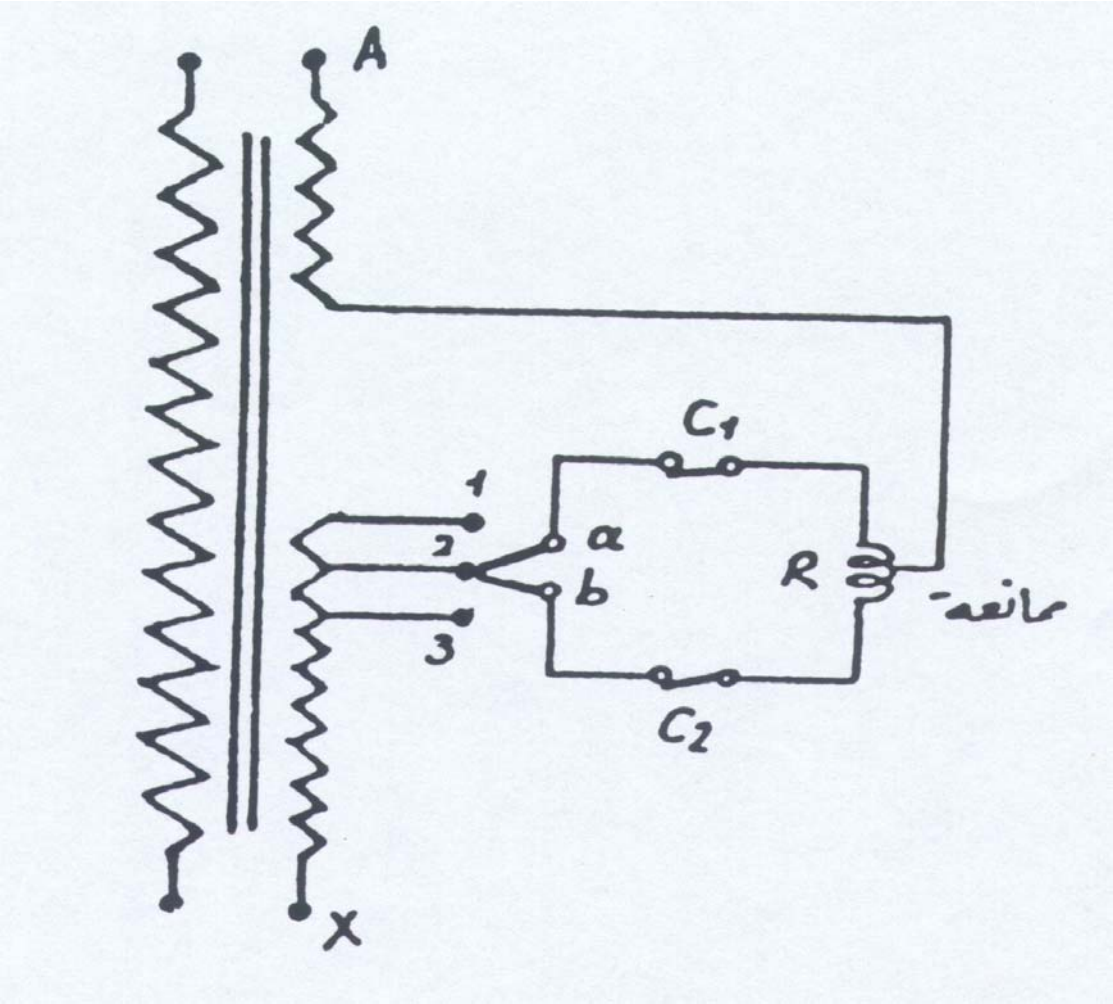
١ -٣ -٢ : أثناء وجود المحول في الخدمة On Load Tap Changing

(أي في حالة تحميل المحول) يتم التغيير بدون فصل مصدر التغذية أي بدون فصل خدمة الكهرباء عن المستهلكين وذلك عن طريق نقط تلامس متحركة ومفاتيح فصل وتوصيل بالإضافة إلى ممانعة كما هو موضح في شكل (١ -١٥)، حيث توصل نقطة المنتصف للممانعة بنقطة المنتصف للملف الابتدائي مثلا.

عند وضع التشغيل العادي تكون نقطتا التلامس a,b ثابتتين عند الوضع ٢ والمفاتيح c٢ , c١ مغلقة . لتغيير نقطة التقسيم من ٢ إلى ٣ عند انخفاض جهد الابتدائي يفتح المفتاح c٢ وتنقل نقطة التلامس

b إلى الوضع ٣ ثم يغلق c٢ ويفتح المفتاح c١ وتنقل النقطة a إلى الوضع ٣ وبذلك يكون قد تم التغيير الكامل من الوضع ٢ إلى الوضع ٣ .

كما يمكن تغيير أوضاع نقاط التقسيم يدويا أو ميكانيكيا بواسطة محرك كهربائي يعمل على تغيير أوضاع نقاط التقسيم للثلاثة أوجه للمحول في نفس اللحظة ، وأيضا يمكن إتمام ذلك عن طريق أجهزة تحكم عن بعد أو محلية على جسم المحول.



شكل (١ -١٥) – أوضاع نقاط التقسيم للمحول للتغيير مع الحمل

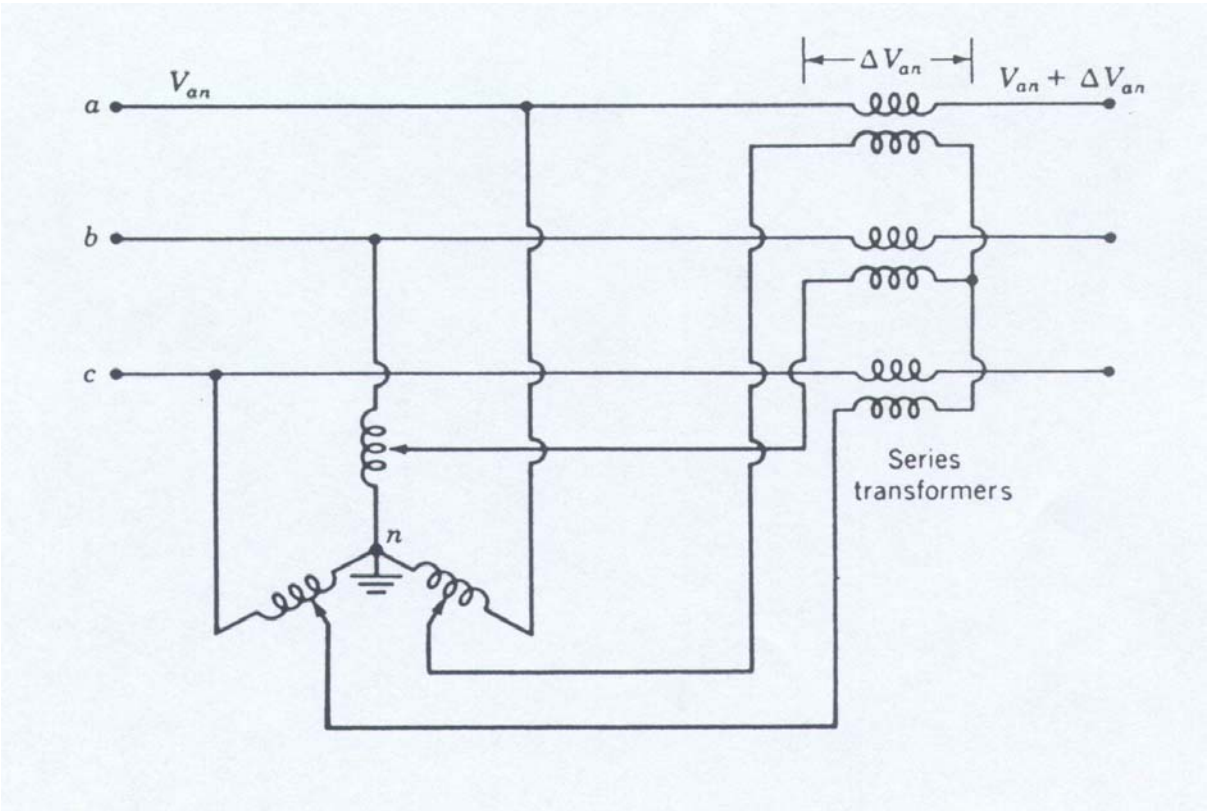
١ -٤ : محولات التنظيم للتحكم في مقدار الجهد

Regulating transformers for voltage magnitude control

يتم تنظيم وتغيير قيم الجهد باستخدام محولات تعزيز booster transformers حيث تحتوي هذه المحولات على ملف يوصل على التوالي مع الدائرة الكهربائية المطلوب تغيير أو التحكم في الجهد بها (تعزيز أو زيادة الجهد) بينما يعمل الملف الآخر للمحول كملف تغذية بالطاقة .

شكل (١ -١٦) يوضح محول تنظيم وتحكم في قيمة الجهد حيث تستخدم ثلاثة محولات تعزيز توصل ملفاتها الابتدائية على التوازي مع المصدر من خلال محول نفسي ثلاثي الأوجه ، بينما توصل ملفاتها الثانوية على التوالي مع الحمل أو الخط ، ويستخدم هذا النوع غالبا لتحسين جهد خطوط النقل إذا كان فقد الجهد بها مرتفعا .

يمكن التحكم في قيمة الزيادة أو التعزيز في الجهد عن طريق التحكم في وضع النقطة المنزلقة على ملف المحول النفسي التي بدورها تتحكم في قيمة جهد الملف الابتدائي لمحول التعزيز مما يتيح التحكم في قيمة ΔV التي تضاف إلى جهد الخط ، إضافة إلى التحكم في فيض أو سريان القدرة الفعالة في خط النقل

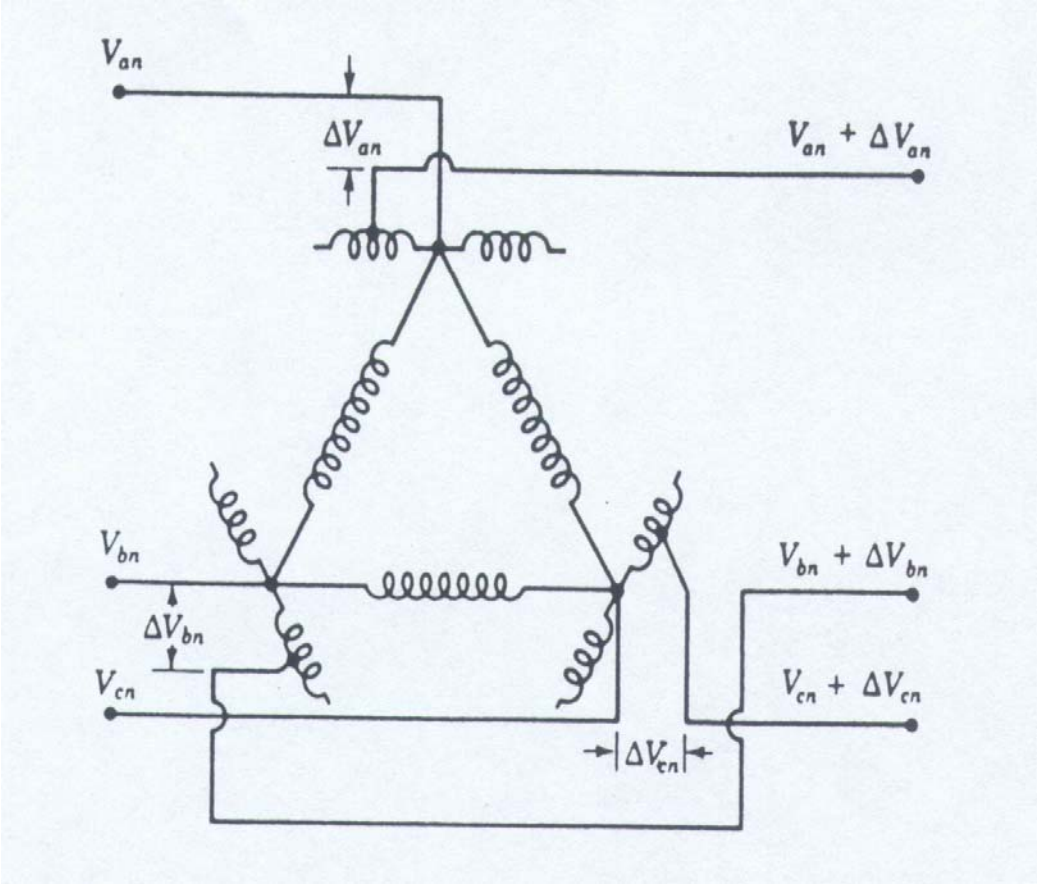


شكل (١ -١٦) – محول تنظيم وتحكم في قيمة الجهد

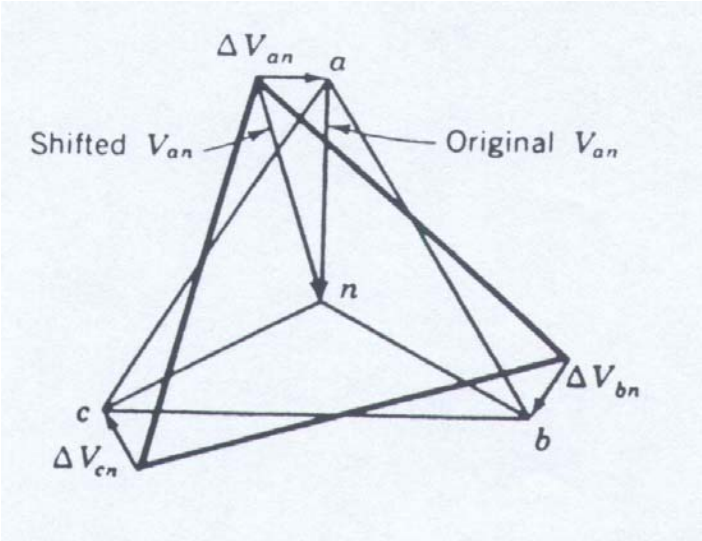
١ -٥: محولات التنظيم للتحكم في زاوية طور الجهد

Regulating transformers for voltage phase control

يتم التحكم في مقدار القدرة المنقولة عبر خطوط النقل من خلال التحكم في كل من قيمة الجهد وزاوية الطور للجهد. شكل (١ -١٧) يوضح إحدى الدوائر المستخدمة لتحقيق ذلك الغرض حيث توضع الثلاثة ملفات المحتوية على نقاط التقسيم على نفس القلب الحديدي ويضبط ذلك الوضع بحيث يتولد بها جهود تصنع زاوية مقدارها ٩٠° مع جهد الوجه الموصل إلى نقطة المنتصف للملف المقسم - كمثال يزداد جهد الوجه V_{an} بمقدار مركبة الجهد ΔV_{an} التي تكون في نفس اتجاه أو تصنع زاوية ١٨٠° مع جهد الخط V_{bc} - شكل (١ -١٨) يوضح مخطط المتجهات للجهود الأصلية V_{an} , V_{bn} , V_{cn} ، وقيم التغير في هذه الجهود ΔV_{an} , ΔV_{bn} , ΔV_{cn} إضافة إلى الجهد بعد التغيير V'_{an} , V'_{bn} , V'_{cn} ,والتي يتضح أنها قد حدث لها تغيير محدود في القيمة وزاوية الطور .



شكل (١ -١٧) – محول تنظيم وتحكم في قيمة وزاوية الطور للجهد



شكل (١ -١٨) – مخطط المتجهات للجهود قبل وبعد التغيير

التحكم والصيانة في نظم القوى

مراكز التحكم في محطات وشبكات القوى الكهربائية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة:

الأهداف:

عندما تكمل هذا الفصل تكون:

١. ملما بمحتويات غرف التحكم في محطات القوى الكهربائية ومعرفة تشغيل وفصل المحطة من غرفة التحكم .

٢. ملما بمكونات ووظائف مراكز التحكم .

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب :

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذا القصل .

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

الفصل الثاني: مراكز التحكم في محطات وشبكات القوى الكهربائية

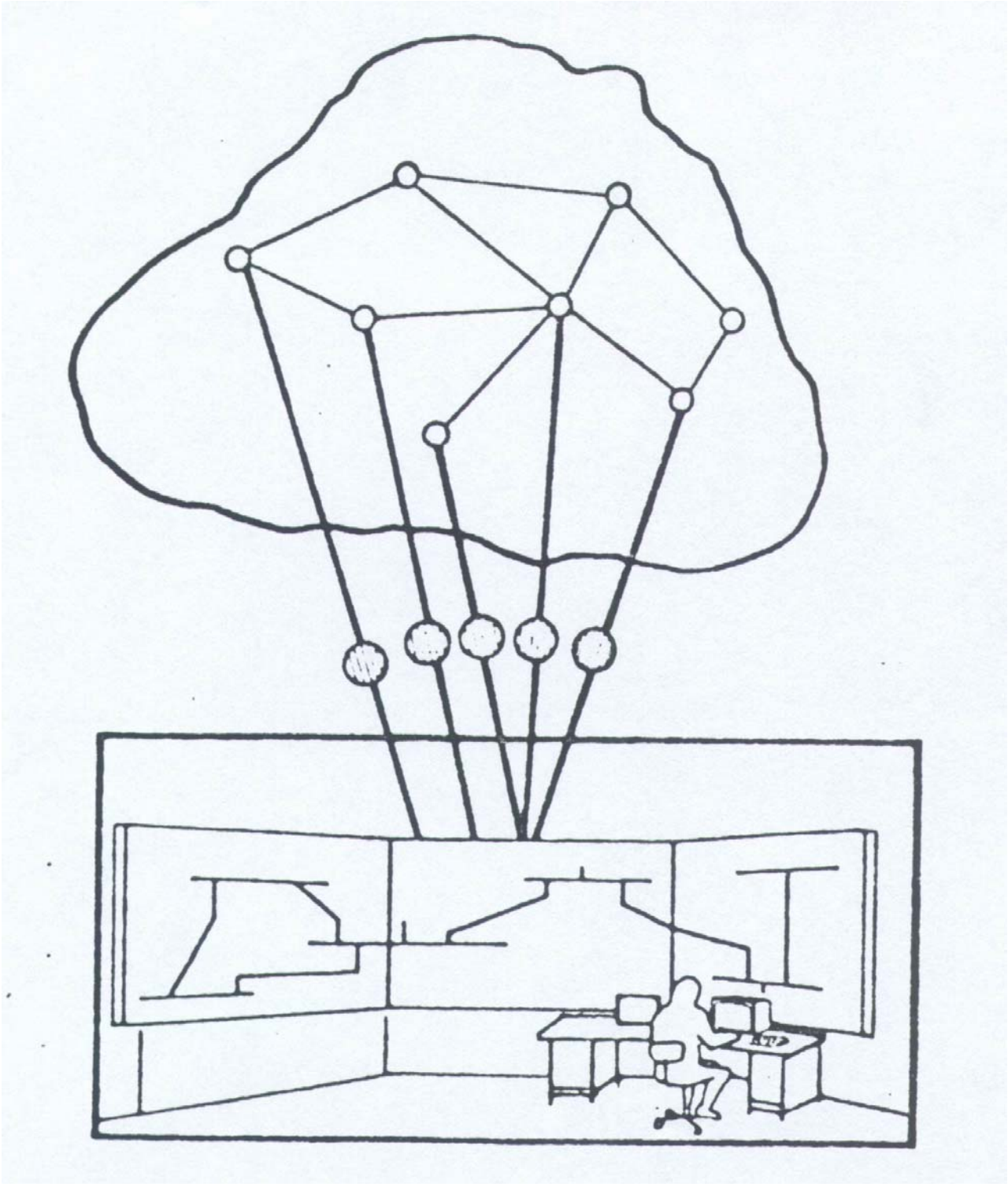
حيث إنه من الضروري وجود نوع من المتابعة والتحكم في تشغيل عناصر منظومات القوى الكهربائية، مما يعني ببساطة وجود عدد من أجهزة القياس التي تقوم بدور المتابعة ، إلى جانب عدد آخر من أجهزة التشغيل التي تقوم بدور التحكم وباستخدام هذه الأدوات يقوم الأفراد القائمون على التشغيل بالتحكم في تلك العناصر والمحافظة على استمرارية تشغيلها .

ومع ازدياد عدد العناصر كان من الطبيعي تجميع أجهزة القياس والتحكم على لوحات تحكم control panels أو مخططات تمثيلية mimic diagrams حيث يستطيع المشغل أن يطلع على حالة تشغيل تلك العناصر من مكان واحد أو من عدد محدود من الأماكن. أما في حالة المنظومات الكبيرة فإنه من المهم أن يكون لدى المشغل القدرة الكاملة على الحصول على صورة واضحة لحالة تشغيل جميع العناصر من مكان مركزي، وهذه هي الأسباب الرئيسية لإنشاء غرف ومراكز التحكم حيث يمكن متابعة والتحكم في المنظومة بأكملها أو في الأجزاء الهامة فيها ، وتقع مراكز التحكم في مباني منفصلة عن محطات التوليد أو محطات التحويل كما توزع على الاتساع الجغرافي للبلد أو الدولة .

٢ -١ : غرف التحكم في محطات القوى الكهربائية Control Rooms of Electrical Power Stations

تتكون غرف التحكم التقليدية من مخطط تمثيلي يوضح الرسم التخطيطي لمكونات المحطة بالإضافة إلى بعض طاولات التحكم ، ويتناسب حجم المخطط التمثيلي مع حجم وتركيب المحطة المحكومة عن طريق هذه الغرفة ، كما يحتوي هذا المخطط على مجموعة من الأجهزة والمبينات التي تبين حالة تشغيل عناصر المحطة مثل : الجهود voltages ، سريان القدرة power flows ، حالات القواطع breaker status ، وغير ذلك . ومع تغيير تركيب عناصر المحطة سواء عن طريق التوسعة أو زيادة عدد الوحدات بها أو خروج بعض هذه العناصر من الخدمة فإن المخطط التمثيلي يجب أن يتغير بنفس الدرجة حتى يعكس التركيب الفعلي للمحطة .

ومن المعلوم أن تكنولوجيا الحاسبات قد أدخلت في عمليات التحكم في منظومات القوى الكهربائية منذ بداية اكتشاف هذه التكنولوجيا في نهاية الستينات مما أضاف إلى غرف التحكم شاشات العرض المرئية لتخزين البيانات التفصيلية عن عناصر المحطات وحالات تشغيلها عليها كما يتبين في شكل (٢ -١) .



شكل (٢ -١) – تركيب مبسط لغرفة تحكم حيث تحتوي على حاسبات ومخطط تمثيلي

٢ -١ -١ : خصائص غرف التحكم Control room properties

يمكن تلخيص خصائص غرف التحكم فيما يلـي :

١. تعتبر غرف التحكم جزءاً صغيراً جدا من منظومة التحكم في النظم الموحدة ، إلا أنها مازالت من أهم الأجزاء في منظومة القوى الكهربائية ككل .

٢. تعتبر غرف التحكم من أهم الأماكن التي يطلع عليها الزوار .

٣. تعكس غرف التحكم التطور الحديث في التكنولوجيا والتحكم .

٤. يجب أن تكون غرف التحكم من الأماكن التي يتم فيها تنفيذ المهام بكل دقة .

٥. تعتبر غرفة التحكم بمثابة المكان الذي يتم فيه التكامل بين رجل التحكم مع نظام التحكم ومن هنا يمكن القول أنها المكان الذي يمكن أن يتسبب في مشاكل نتيجة الخطأ البشري .

٦. لتقليل احتمالات حدوث الأخطاء البشرية يجب أن تكون غرف التحكم مصممة تصميما جيدا ، كما يجب أن تستخدم كل الحلول التقنية الممكنة لدعم اتخاذ القرار المناسب من قبل المشغل الذي يقوم بعملية التحكم في الغرفة .

٢ -١ -٢ : إعتبارات التصميم لغرف التحكم Control room design considerations

عند تصميم غرف التحكم يجب أن تراعى الاعتبارات والمكونات التالية :

١. وسائل الاتصال والتحكم الخاصة بالمشغل Operator's console : يعتبر الجزء الخاص بالمشغل في غرفة التحكم نقطة تركيز الاهتمام حيث يقضي المشغل معظم وقته جالسا لمتابعة التشغيل واتخاذ القرارات المناسبة في أوقاتها ، لذلك يلزم أن تكون المعدات التي يتعامل معها في وضع مريح بالنسبة له إلى جانب تهيئة الوسط المحيط به وتزويده بشاشات عرض ملونة تسمح بعرض البيانات واضحة ومميزة ، كما يجب أن تكون وسائل الاتصال المزود بها سريعة وغالبا ما تكون لاسلكية أو موجات راديو قصيرة .

٢. الإضاءة والألوان : يجب أن تكون الإضاءة في غرف التحكم مريحة حتى لا يتأثر نظر القائمين على التشغيل أثناء فترات العمل والجلوس أمام شاشات العرض الملونة ، كما يجب أن تسمح الإضاءة بالتمييز لكل عنصر على المخطط التمثيلي الموجود بالغرفة حيث تمثل مجموعات العناصر بألوان مختلفة تسمح للمشغل بالتمييز بين أنواع الأخطاء وتسهل كما تساعد على سرعة اتخاذ القرار المناسب عند حدوث مشكلة ما .

٣. الأرضيات وأجهزة التكييف: يجب أن تراعى في أرضيات غرف التحكم أن تكون قابلة لامتصاص الأصوات ، ومقاومة للشحنات الكهربائية ، كما يفضل استخدام أرضيات ذات غلاف مطاطي مؤرض حول معدات التشغيل والأجهزة الإلكترونية . أيضا يجب تفادي التغيرات السريعة في درجات الحرارة والرطوبة في هذه الغرف حتى لا يتأثر أداء الحاسبات أو الأجهزة الإلكترونية الموجودة بها أو حتى أداء الأفراد العاملين بهذه الغرف.

٤. معدات التحكم والمتابعة: تشمل معدات التشغيل والمتابعة والتحكم الموجودة بغرفة التحكم ما يلي :

- المخطط التمثيلي mimic diagram للمنظومة أو المحطة المحكومة والمتصل بوحدة التحكم وكذلك الحاسب الآلي الرئيسي بالغرفة.
- شاشات العرض المرئية الملونة visual display units (VDU's) والتي تعرض كافة البيانات التفصيلية وحالات التشغيل أو الفصل لكل العناصر الممثلة على المخطط التمثيلي.
- لوحات المفاتيح وأدوات الاختيار والتشغيل keyboard modules وتشمل لوحات مفاتيح للتشغيل كما أنها تحتوي على مفاتيح ذات وظائف خاصة تمكن المشغل من اختيار نوع البيانات التي يرغب في التعامل معها مثل اختيار تمثيل عناصر المنظومة بمخطط فردي one-line diagram وغير ذلك .
- أجهزة ومنظومات الإنذار المسموعة audible alarm system حيث يمكن أن يوجد إنذار موحد لغرفة أو تقسم أجهزة الإنذار إلى مجموعات على حسب تركيب محطة القوى الكهربائية أو على حسب أهمية الأجزاء لهذه المحطة .
- الطابعات والراسمات printers & plotters وأجهزة الطباعة الأخرى التي يمكن أن توجد بغرفة التحكم بغرض طباعة حالات التشغيل والمتابعة المختلفة .

٢ -٢ : مراكز التحكم في الشبكات الكهربائية Control Centers of Electric Power Systems

يمكن اعتبار مراكز التحكم في منظومات ومحطات القوى الكهربائية بأنها تمثل قلب نظام التحكم في هذه المنظومات الكبيرة والمترامية الأطراف والموزعة على الامتداد الجغرافي للبلدان والدول ، كما يمكن تصنيف هذه المراكز إما على حسب وظيفة التحكم المنوطة بها أو على حسب التركيب والتعقيد في الأجهزة التي تحويها هذه المراكز ، وفيما يلي نستعرض هذه التصنيفات :

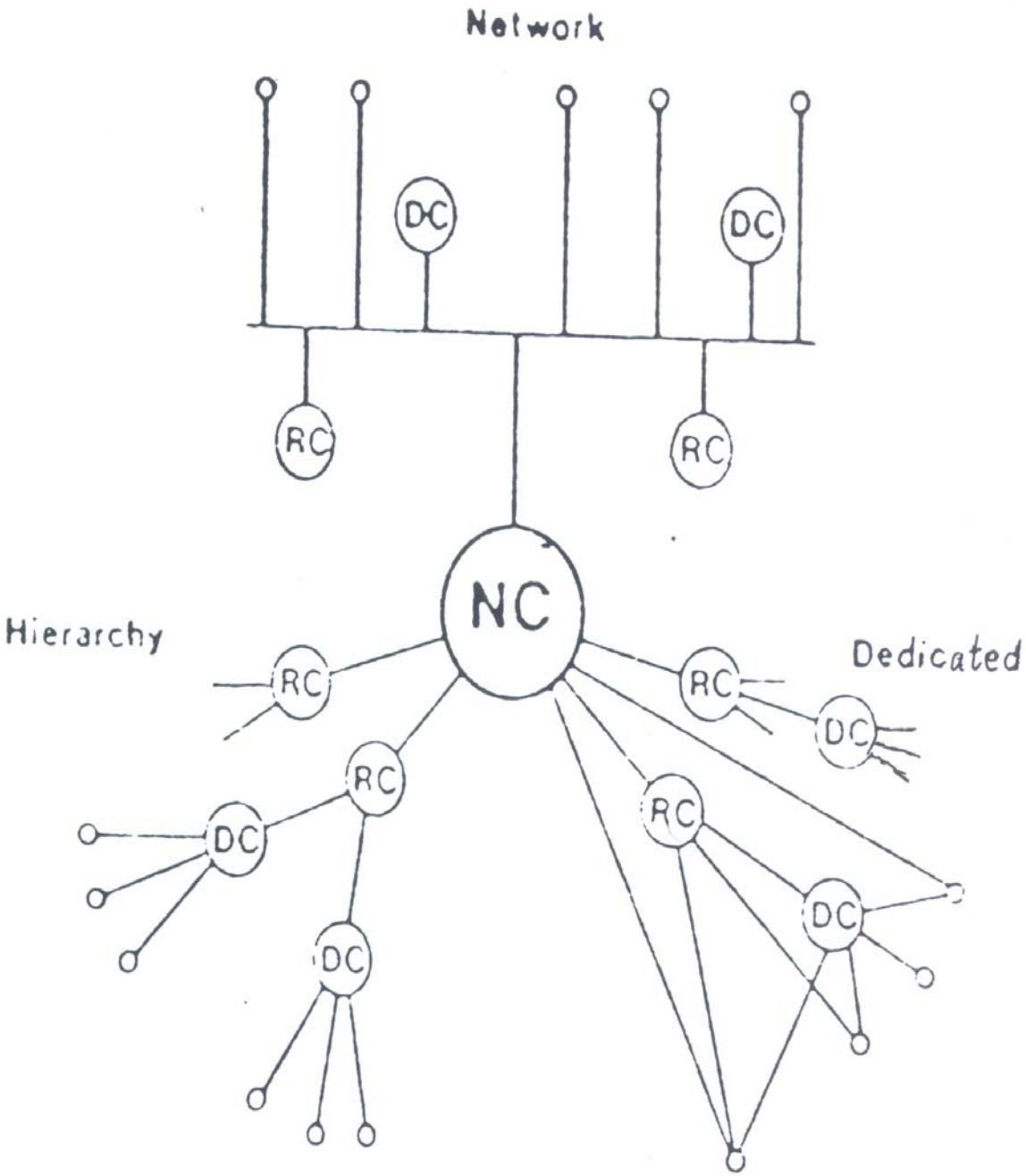
٢ -٢ -١ : تصنيف مراكز التحكم من حيث الوظيفة التي تقوم بها :

١. مركز تحكم في محطة Station control center (SC) ويكون مسؤولا عن التحكم في محطة توليد بما تحويه من مولدات ، محطات المحولات ، معدات الحماية والفصل ، ..... وغير ذلك .

٢. مركز تحكم في مجموعة من المحطات District control center (DC) ويكون مسؤولا عن التحكم في محطات التوليد الموجودة في مدينة أو منطقة صناعية كبيرة أو ما شابه ذلك .

٣. مركز تحكم في منطقة Regional control center (RC) ويكون مسؤولا عن التحكم في منطقة أو مجموعة من المدن (أو دولة) مربوطة مع مناطق (أو دول) أخرى.

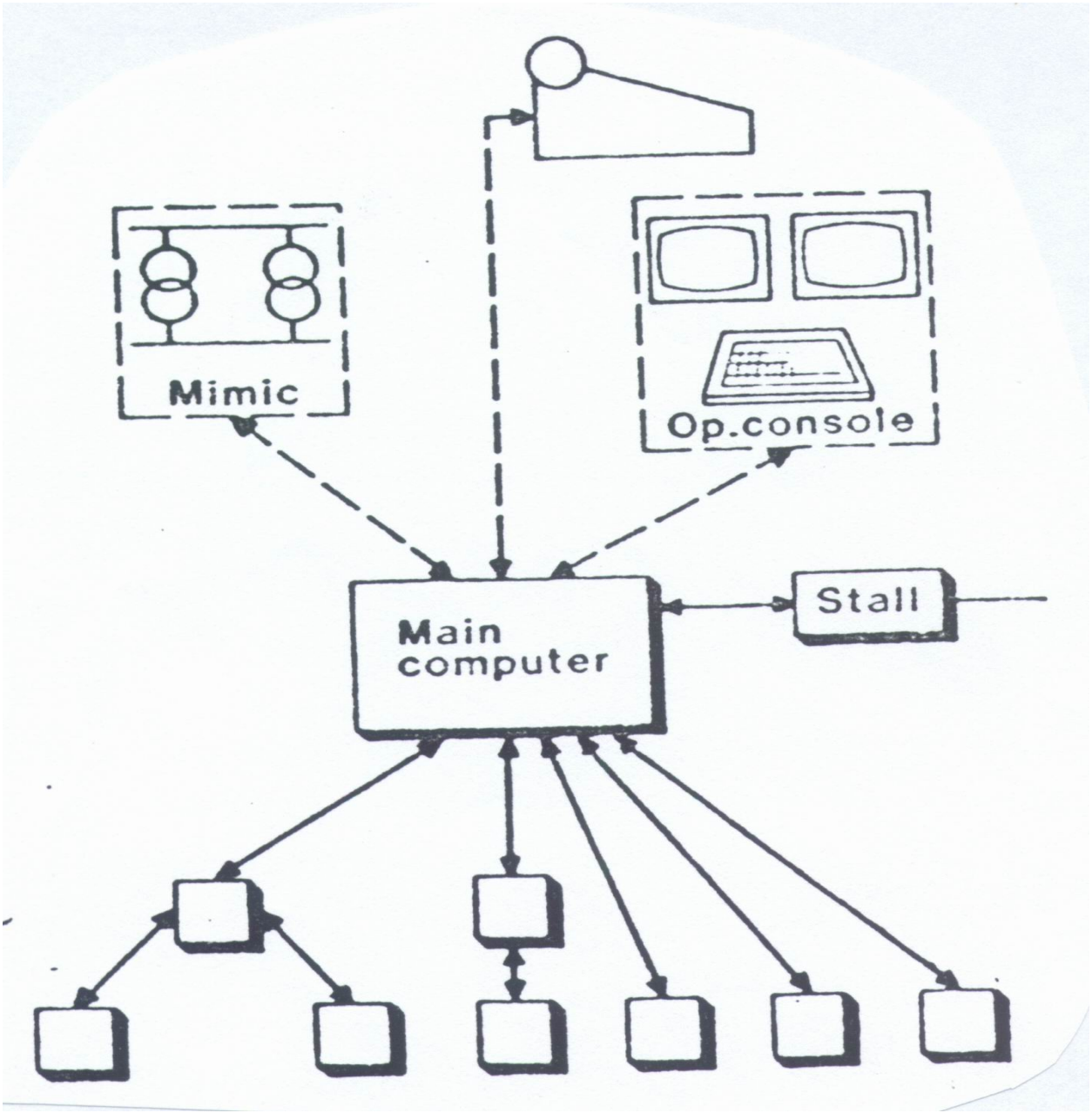
٤. مركز تحكم قومي National Control center (NC) ويكون مسؤولا عن التحكم في منظومة القوى الموحدة أو الكلية لدولة ما على المستوى القومي . شكل (٢ -٢) يوضح هذه التصنيفات .



شكل (٢ -٢) – تصنيف مراكز التحكم حسب مهمة التحكم .

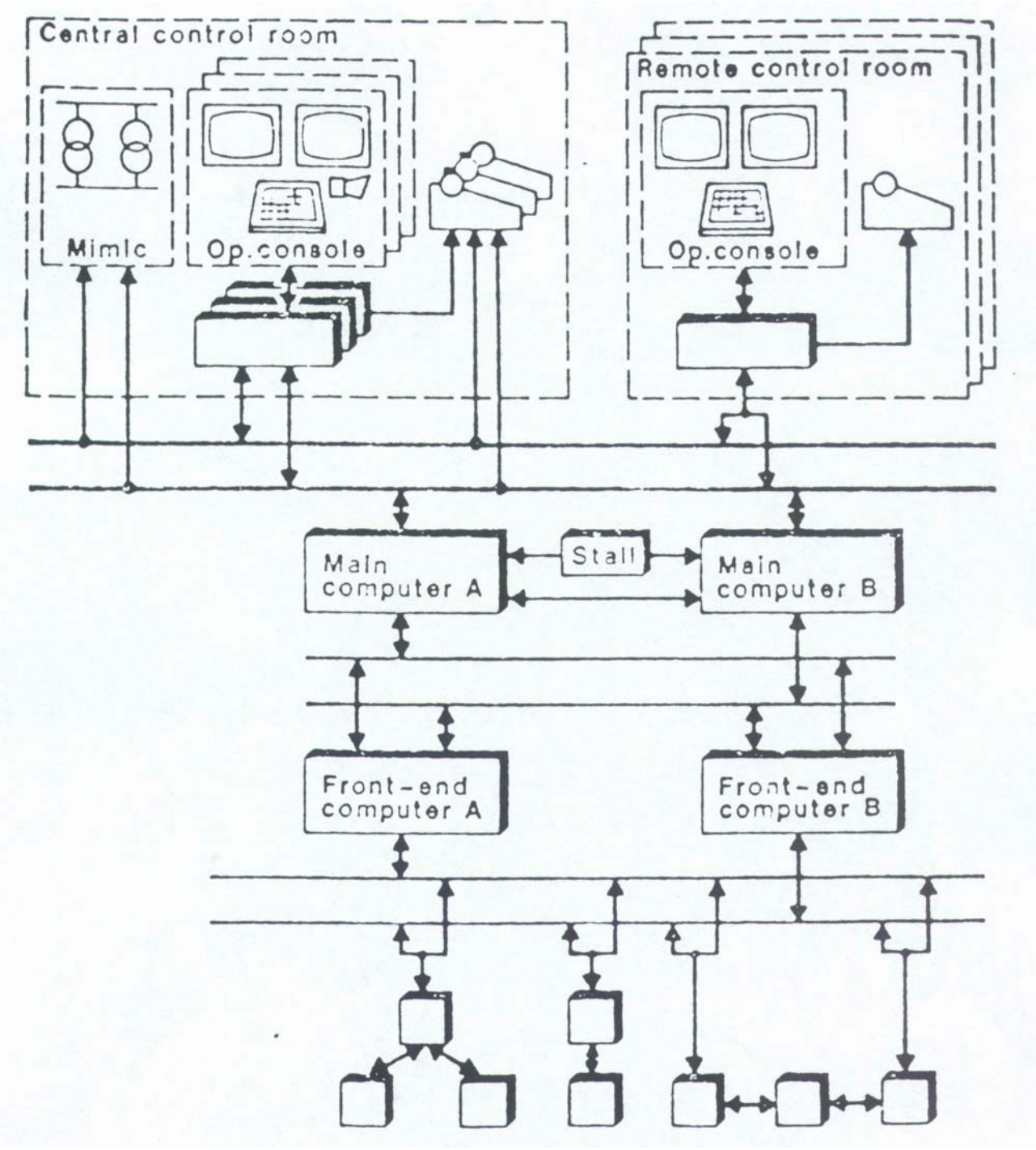
٢ -٢ -٢ : تصنيف مراكز التحكم من حيث المكونات والأجهزة التي يحويها مركز التحكم :

أ - **النوع الأول Class – ١ type** : صمم هذا النوع ليعمل مع حاسب آلي رئيسي واحد ومع نظام تحكم واحد غالبا ما يكون من نوع نظام تحكم مركزي إشرافي مع تجميع البيانات SCADA ، ورغم بساطة التركيب في هذا النوع من مراكز التحكم إلا أنه يعتبر من النظم المفيدة جدا في الاستخدام مع أجهزة الحاسبات الشخصية لإنشاء مراكز تحكم موزعة ، كما أنه يتميز بسرعة الأداء والتطوير مما يجعله الوسيلة الأسرع انتشارا في المستقبل مع التطور الكبير الذي تشهده الحاسبات الشخصية . شكل (٢ -٣) يوضح التركيب الهيكلي لهذا النوع من مراكز التحكم .



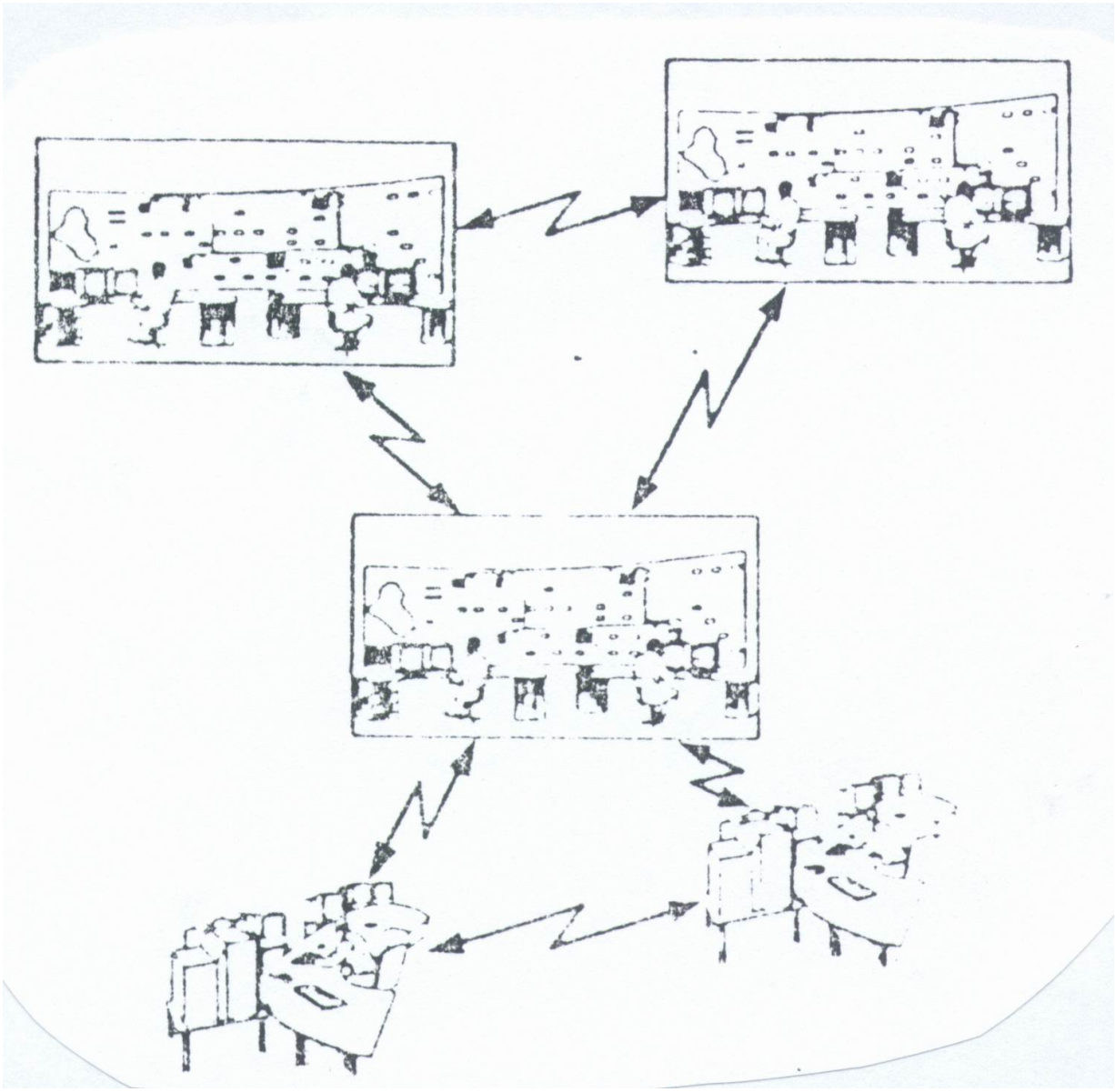
شكل (٢ -٣) – التركيب الهيكلي للنوع الأول ١ class من مراكز التحكم .

ب - **النوع الثاني type ٢ – Class** : صمم هذا النوع ليعمل مع تكرار الحاسبات الآلية الرئيسية لضمان قوة واستمرارية عملية التحكم حتى في حال حدوث مشاكل مع أجهزة الحاسب ، كما روعي أيضا تكرار وجود أنظمة التحكم المركزية الإشرافية مع تجميع البيانات SCADA الخاصة بالعناصر أو الوحدات المحكومة بهذا المركز . شكل (٢ -٤) يوضح التركيب الهيكلي لهذا النوع من مراكز التحكم .



شكل (٢ -٤) – التركيب الهيكلي للنوع الثاني ٢□class من مراكز التحكم .

ج - **النوع الثالث type ٣ – Class** : أما النوع الثالث من مراكز التحكم فيتكون من عدة مراكز تحكم تعمل بأنظمة تحكم مختلفة ومترابطة مع بعضها لخدمة عملية التحكم في المنظومات الكبيرة جدا . شكل (٢ -٥) يوضح مثالاً لهذا النوع من مراكز التحكم .



شكل (٢ -٥) – مثال توضيحي للنوع الثالث ٣□class من مراكز التحكم .

٢ -٢ -٣ : المعدات والأدوات التي تحتويها مراكز التحكم :

تحتوي مراكز التحكم في تشغيل محطات وشبكات القوى الكهربائية على الأدوات والمعدات التالية :

١. الحاسبات المركزية Central computers : وتشمل هذه الحاسبات الوحدات الآتية :
   - وحدات الحساب المركزية central processing units (CPU) .
   - وحدات الدخل والخرج input/output (I/O) systems .
   - وحدات الذاكرة الرئيسية main memory subsystem .
   - برامج التشغيل والبرمجيات system software .

٢. أجهزة التخزين وحفظ البيانات Mass memory subsystem : وتشمل هذه الأجزاء جميع الوحدات الخاصة بتخزين وحفظ البيانات من أقراص صلبة hard disks ، أو شرائط ممغنطة magnetic tapes ، أو أقراص مرنة floppy disks ، أو غير ذلك .

٣. أجهزة الحاسبات المستخدمة في عمليات عرض البيانات والتحكم Man-machine computer subsystem

٤. معدات الصيانة والتطوير Equipment for system maintenance and development وتشمل هذه المعدات الطابعات والراسمات التي تقوم بتسجيل ورسم حالات التشغيل والفصل المختلفة للمنظومة المحكومة .

٥. الحاسبات المستخدمة في ربط المركز مع المراكز ووحدات التحكم الأخرى Front – end computer subsystem

٢ -٢ -٤ : مهام غرف ومراكز التحكم :

تستخدم غرف التحكم ومراكز التحكم في أداء المهام التالية :

- تشغيل المحطات أو فصلها عند الصيانة
- التحكم في القدرات الكهربائية المنقولة من منطقة إلى أخرى
- التحكم في القدرات الكهربائية المنقولة عبر خطوط نقل الطاقة

- التحكم في ربط أجزاء منظومة القوى الكهربائية مع بعضها ، أو ربط هذه المنظومة مع منظومة أخرى ، وتعتمد غرف التحكم ومراكز التحكم أساسا على نظام التحكم المعروف باسم (سكادا SCADA) أي نظام التحكم المركزي الإشرافي مع تجميع البيانات

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

٢ -٣ : تعريف بنظام التحكم المركزي الإشرافي مع تجميع البيانات SCADA

٢ -٣ -١ : خصائص نظام التحكم سكادا :

ويمكن تلخيص خصائص نظام التحكم سكادا فيما يلي :

- عبارة عن مجموعة من الحاسبات والبرمجيات بغرض التحكم ومتابعة تشغيل منظومة القوى الكهربائية .
- يعمل على امداد المشغلين بالمعلومات الكافية ووسائل التحكم لتشغيل منظومة القوى الكهربائية بطريقة آمنة واقتصادية .
- يقوم بتسجيل كافة بيانات تشغيل منظومة القوى الكهربائية وإعداد التقارير بذلك .

٢ -٣ -٢ : المهام الرئيسية لنظام التحكم سكادا

يمكن حصر المهام الرئيسية لنظام التحكم سكادا فيما يلي :

- التحكم الإشرافي : حيث يقوم هذا النظام بالتحكم في الأجهزة والعناصر التي لها حالتين من التشغيل مثل قواطع الدائرة circuit breakers ، مفاتيح فصل وتوصيل الخطوط line switches وغيرها .
- تجميع البيانات : حيث يقوم هذا النظام بجمع البيانات الخاصة بتشغيل منظومة القوى الكهربائية مثل حالات الفصل أو التوصيل أو التناظر وغيرها عن طريق وحدات التحكم عن بعد المنتشرة في أرجاء المنظومة .
- معالجة البيانات : حيث يقوم هذا النظام بمعالجة البيانات التي تم تجميعها من العناصر المختلفة للمنظومة ومقارنتها بحالات وقيم التشغيل العادية .
- تشغيل أجهزة الإنذار : حيث يقوم هذا النظام بتشغيل أجهزة الإنذار وإصدار صافرات إنذارية وتحذيرية تعبر عن حالات التشغيل غير العادية لعناصر المنظومة - مثل فصل قاطع دائرة أو زيادة كمية من كميات التشغيل عن الحد المطلوب أو غير ذلك - والتي تكتشف بواسطة نظام التحكم لتنبيه مشغلي مركز التحكم لاتخاذ القرار المناسب حيالها .

- طباعة التقارير: حيث يقوم هذا النظام بطباعة حالات أجهزة الإنذار، الأحداث، العمليات التي ينفذها المشغل وغيرها على الطابعة.
- إعداد سجلات تشغيل المنظومة وتسجيلها على الشرائط الممغنطة والتي تحتوي على جميع سجلات تشغيل وأداء منظومة القوى الكهربائية.
- المهام الأخرى: وتشمل إخراج العناصر من الخدمة حسب المهام المبرمجة، تسجيل حالات الإضطرابات العابرة ، تسجيل مجموعة من الأحداث المتتالية ..... وغير ذلك.

٢ -٣ -٣ : أمثلة لعمل نظام التحكم سكادا

- **عند زيادة التحمل على أحد خطوط النقل:** في مثل هذه الحالة يقوم نظام التحكم بالخطوات التالية :
  ١. يتم اكتشاف حالة التحميل الزائد عن طريق وحدة التحكم عن بعد RTU .
  ٢. ترسل البيانات المجمعة إلى الحاسب الآلي من خلال قنوات الاتصال.
  ٣. تقارن كمية القدرة المنقولة على الخط بالحد المبرمج سابقا وعندما تكون زائدة عن القيمة المحددة يقوم الحاسب الآلي الرئيسي بتشغيل عدد من أجهزة التحكم والإنذار كما يلي :
     - ✓ يعمل جهاز الإنذار ويصدر صوتا.
     - ✓ تضاء اللمبات البيانية التحذيرية.
     - ✓ تضاء لمبة مفتاح التحكم على طاولة التحكم .
     - ✓ تظهر الصفحة الخاصة بالخط المعرض لحالة غير عادية على شاشة العرض المرئية مع وجود لمبة بيان على هذه الصفحة تشير إلى الكمية غير الطبيعية الزائدة عن الحد .
     - ✓ تظهر رسالة على صفحة عمل جهاز الإنذار .
     - ✓ تطبع الرسالة السابقة على الطابعة .
  ٤. بعد ذلك يقوم المشغل الموجود بمركز التحكم باتخاذ القرار المناسب وتنفيذه بطريقة سريعة وآمنة

- **عند حدوث فصل لأحد قواطع دائرة :** في مثل هذه الحالة يقوم نظام التحكم بالخطوات التالية :
  ١. يتم اكتشاف حالة الفصل للقاطع عن طريق وحدة التحكم عن بعد RTU .
  ٢. ترسل البيانات المجمعة إلى الحاسب الآلي من خلال قنوات الاتصال.
  ٣. تقارن حالة التشغيل للقاطع بالحالة المسجلة والمبرمجة سابقا وعندما تكون مختلفة عن الحالة المحددة يقوم الحاسب الآلي الرئيسي بتشغيل أجهزة التحكم والإنذار كما يلي :

- ✓ يعمل جهاز الإنذار ويصدر صوتا .
- ✓ تضاء لمبات البيان التحذيرية الخاصة بالقاطع المفصول .
- ✓ تضاء لمبة مفتاح التحكم على طاولة التحكم .
- ✓ تظهر الصفحة الخاصة بالقاطع المفصول على شاشة العرض المرئية مع وجود لمبة بيان على هذه الصفحة تشير إلى القاطع الذي فصل .
- ✓ تظهر رسالة على صفحة عمل جهاز الإنذار .
- ✓ تطبع الرسالة السابقة على الطابعة .

٤. بعد ذلك يقوم المشغل الموجود بمركز التحكم باتخاذ القرار المناسب وتنفيذه بطريقة سريعة وآمنة .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

التحكم والصيانة في نظم القوى

صيانة محطات التحويل الكهربائي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون:

ملما بطرق صيانة محطات التحويل الكهربائي بأجزائها المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب :

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذا الفصل .

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

الفصل الثالث: صيانة محطات التحويل الكهربائي Maintenance of Substations

يعتبر تلف واستهلاك المعدات الكهربائية شيئا طبيعيا حيث تبدأ هذه العملية بمجرد الانتهاء من عمليات التركيب والتشغيل، وإذا لم تجر بعض الاختبارات ضد التلف فإنه قد ينتج عن ذلك عدم التشغيل الصحيح إضافة إلى الانهيارات للمعدات والآلات الكهربائية . من هنا تأتي أهمية برامج الاختبارات والصيانة الوقائية بهدف الاكتشاف المبكر لعوامل التلف في المعدات والآلات الكهربائية ومعالجة أسبابها تجنبا للمخاطر التي قد تؤدي إلى الانهيارات أو فصل الخدمة الكهربائية ومن أهم المكاسب لبرامج الاختبارات والصيانة ما يلي :

١ – مكاسب مباشرة : وتتلخص في الآتي :

- تقليل الحوادث الطارئة غير المتوقعة .
- تقليل عدد مرات فصل الخدمة وإطالة الفترة الزمنية بين الأخطاء .
- انخفاض تكاليف الإصلاح .
- انخفاض زمن التعطل للآلات والمعدات .
- تحسن عوامل الأمان للأفراد والممتلكات .

٢ – مكاسب غير مباشرة : وتتعلق هذه المكاسب بمعنويات العاملين ، وتتلخص في الآتي :

- وجود عمالة جيدة .
- زيادة الإنتاجية للعاملين .
- اكتشاف العيوب والأخطاء في المنظومات سواء في التصميمات الأصلية أو التي تنتج لاحقا نتيجة التغيرات التي تطرأ على هذه المنظومات .

وفي 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 .

٣ -١ : وظائف محطات التحويل الفرعية : Function of Substations

يمكن تلخيص الوظائف الرئيسية 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 and closing) .
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 الرئيسية لمحطات التحويل أو التوزيع هي :

- محولات قدرة لرفع أو خفض الجهد Step-up or step-down transformers
- قواطع آلية 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

٣ -٢ : أنواع محطات التحويل الفرعية Types of Substations

يمكن تقسيم محطات التحويل الفرعية إلى نوعين رئيسيين 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 (٣ -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 .

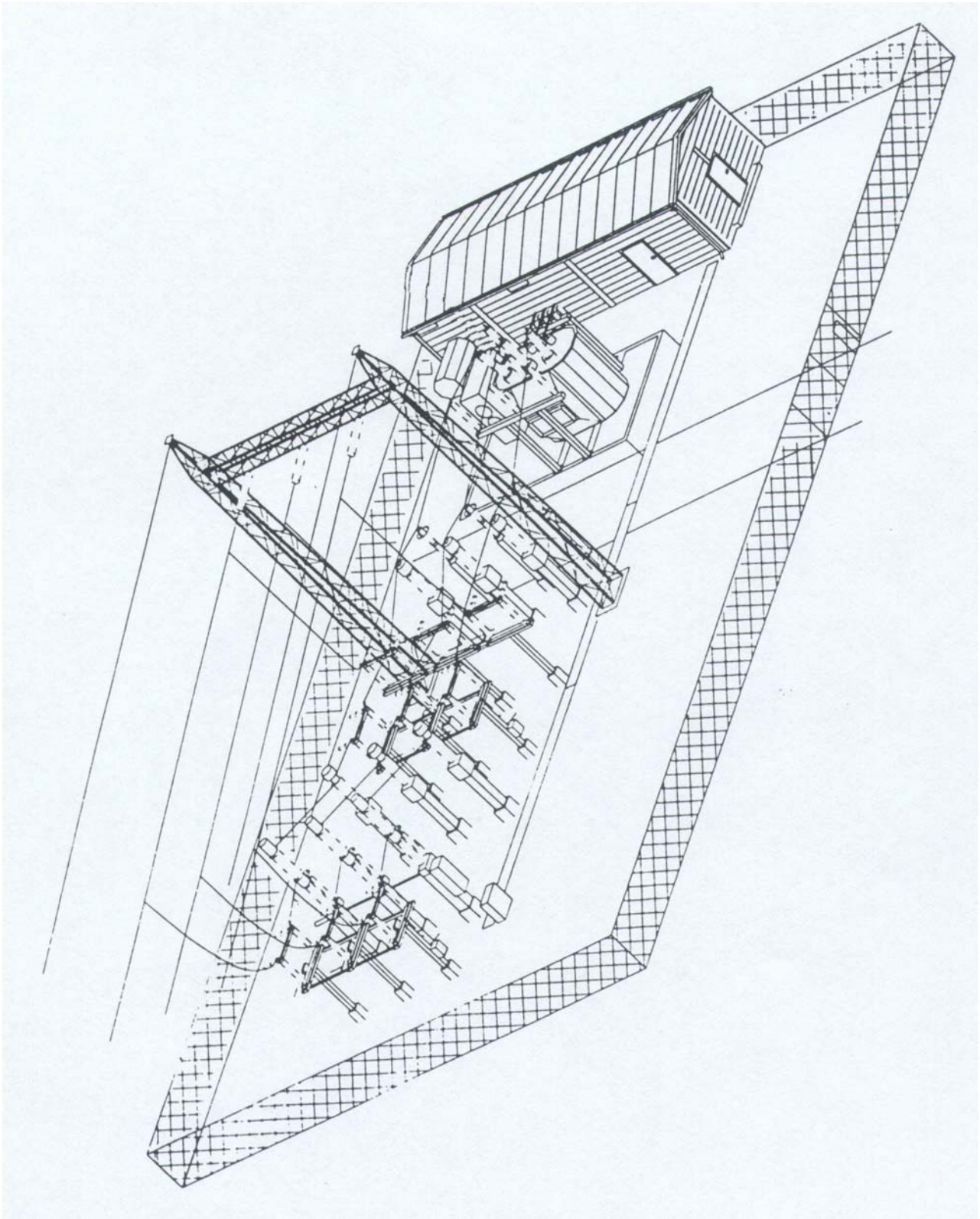
٣ -٣ : خطوات الصيانة لمحطات التحويل الفرعية Steps of maintenance for substations

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

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

٣ -٣ -١ : الصيانة الوقائية والاختبارات

وتتضمن هذه العملية خطوات فحص ، تنظيف ، ضبط ، اختبار المعدات الموجودة بالمحطة للتأكد من عملها بدون أي مشاكل حتى الموعد التالي للفحص والاختبار ، ويساعد ذلك على الاكتشاف المبكر للأجزاء التي قد يحدث لها انهيار لعمل خطة لاستبدالها دون حدوث أي مضاعفات غير مرغوب فيها.



شكل (٣ -١) – نموذج لمحطة تحويل ونقل فرعية

٣ -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 .

٣ -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 تجري على المعدات الكهربائية بالمحطات يمكن تقسيم الاختبارات إلى نوعين رئيسيين 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 .

٣ -٤ : 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 .

٣ -٤ -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 تانك 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 المتجاورة على حسب قدرة هذه المحولات.

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 أي إصابات خارجية ، وبعد ذلك يتم 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 مراوح التشغيل ومحركاتها والمرحلات الحرارية وجميع الأجزاء المساعدة قبل دخول المحول إلى الخدمة ، كما يجب أيضا تأريض كل من قلب المحول والهيكل الخارجي للحاوية (Tr. Case) تأريضا جيدا.

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

أ -اختبار مقاومة العزل : يعتبر هذا الاختبار ذو أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العالي ، 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 .

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 .

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 الكيماوية ، 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 وفحص 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 لحاوية 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 مقاومة العزل بين ملفات المحول وبين الملفات والأرض : وهذا الاختبار مشابه لاختبار مقاومة 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 العالي 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 خاصة إذا كان هناك رطوبة عالية ، ويمكن تجفيف المحولات بإحدى الطرق التالية:

- 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 أحد 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 مقاومة 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 .

٣ -٤ -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 الموضوع 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 يؤخذ بعين الاعتبار المسافات الفاصلة بين هذه المحولات والحوائط لضمان مرور الهواء حولها ، إضافة إلى المسافات الفاصلة بين المحولات المتجاورة على حسب قدرة هذه المحولات

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 أي إصابات خارجية ، وبعد ذلك يتم 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 للحاوية (Transformer case) تأريضا جيدا.

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

أ - اختبار مقاومة العزل : يعتبر هذا الاختبار ذو أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العالي ، 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 سواء كانت الملفات مغمورة أو غير مغمورة في الزيت يعتبر المحول غير آمن لدخول الخدمة ويجب أن يجفف بإحدى الطرق المتبعة في تجفيف المحولات .

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 .

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 لحاوية 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 .

الجدول التالي يوضح المدة الدورية التي تجرى عندها الصيانة الدورية للأجزاء المختلفة والمساعدة لمحول القدرة:

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 التالية :

- التجفيف باستخدام الحرارة: ويتم ذلك باستخدام أفران التجفيف حيث يوضع المحول وحده مع متابعة مقاومة الملفات للتأكد من وصول المحول إلى درجة حرارة الفرن (١٠٠ - ١٢٠°) وكذلك قياس مقاومة العزل بين الملفات بعد عملية التجفيف بست ساعات للتأكد من تمام التجفيف وذلك بالحصول على أربع قراءات متتالية متساوية 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 ٩٠ - ١٠٠° يتم إجراء الخلخلة بضغط يعادل ٠,٥ تور (torr) حتى تصل درجة الحرارة إلى ٥٠° 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 .

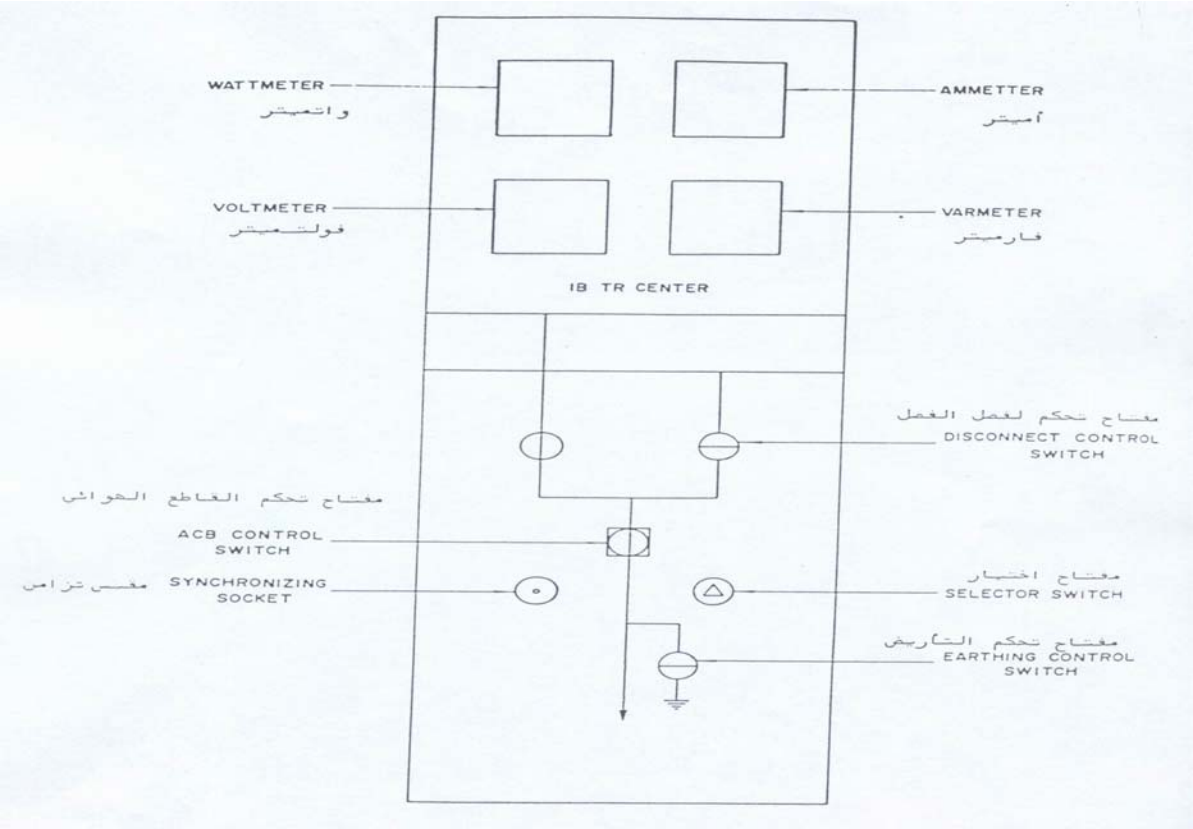
الجزء الذي يجرى عليه الفحص	التكرار الدوري للفحص
• تيار الحمل	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• الجهد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• مستوى سائل التبريد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• درجة الحرارة	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• أجهزة الحماية	سنويا
• أجهزة الإنذار	شهريا
• توصيلة الأرضي	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	
• مقاومة 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

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 .

شكل (٣ -٢) يبين لوحة تحكم لمحول ربط مستخدم في أحد محطات التحويل والأجهزة اللازمة لعمليات القياس للكميات التي تستخدم في تحليل تشغيل مثل هذا المحول إضافة إلى مفاتيح التحكم ولمبات البيان .



شكل (٣ -٢) – لوحة تحكم لمحول ربط

٣ -٥ : صيانة القواطع الكهربائية Maintenance of Electric Circuit Breakers

تحتاج جميع أدوات ومعدات الفصل والتوصيل والتي تشمل قواطع الدائرة الكهربائية C.B ، مفاتيح الفصل والتوصيل اليدوية 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

٣ -٥ -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 أي 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 أي 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 أي 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 .

٣ -٥ -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 التالية :

- 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 كل من أجزاء القاطع (الملامسات ، خامدات القوس الكهربي ، الأجزاء الميكانيكية ، والأجزاء المساعدة) ، إضافة إلى معدات الفصل والتوصيل (الوصلات ، الملامسات ، والعوازل) .
وتوضح الخطوات التالية 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 كم يتم التأكد من ربط مسامير التثبيت للأجزاء المختلفة مع فحص الأجزاء الحاملة للتيار والتأكد من خلوها من أي 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 أي 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 أي 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 حتى مع الضغط .

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

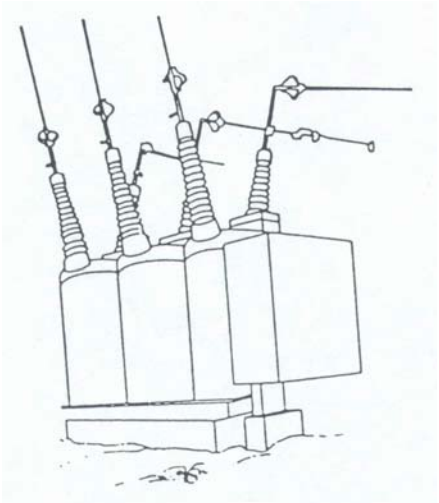
٤. تفحص الأجزاء الميكانيكية كما في حالة القواطع الهوائية مع اختبار تشغيل القاطع تدريجيا بواسطة جهاز تشغيل يدوي خارجي وكذلك اختبار تشغيل القاطع كهربيا .
٥. يجب التأكد من مستوى الزيت داخل القاطع وكذلك التأكد من أن جميع مسامير وصواميل وحشو الربط مربوطة جيدا تفاديا لتسرب الزيت .

ج - إجراءات الصيانة للقواطع الفراغية :

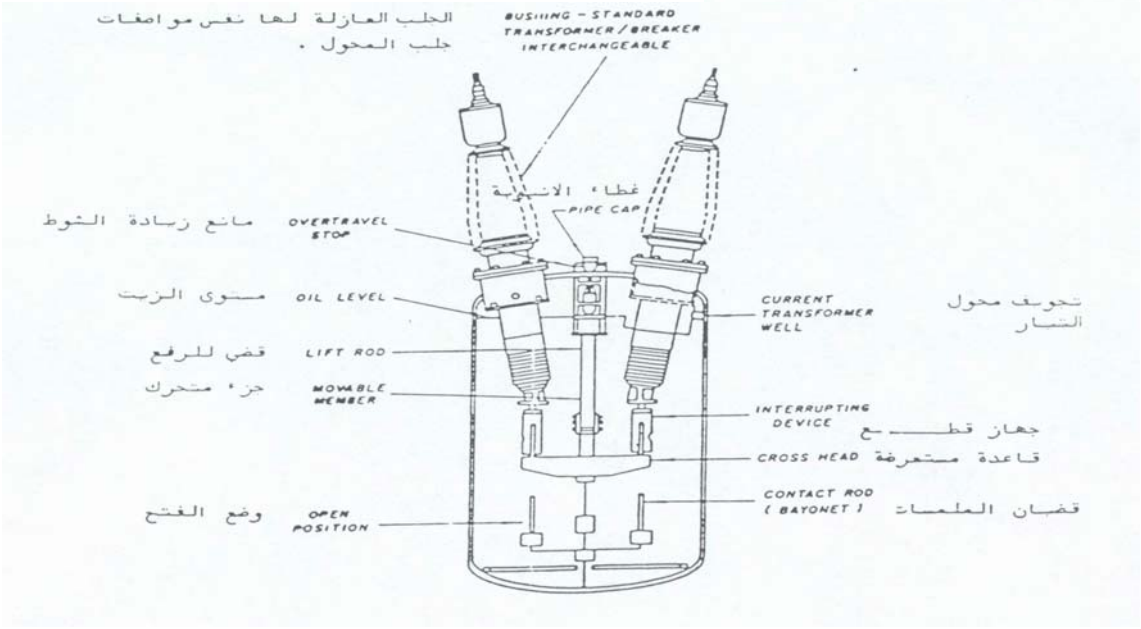
تجرى الصيانة للقواطع الفراغية على فترات دورية تعتمد على خبرة التشغيل إضافة إلى ظروف التشغيل المحيطة بالقاطع ، وعادة يتم اختبار القاطع كل سنة أو بعد ٢٠٠٠ عملية تشغيل أيهما أقرب ، وعلى الجانب الآخر يجب فحص القاطع بعد كل عملية تشغيل ناتجة عن حدوث خطأ من الأخطاء الخطرة التي تتعرض لها المنظومة ، ويمكن تلخيص 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 (٣ -٣) يبين الشكل الخارجي لأحد القواطع الزيتية ، بينما شكل (٣ -٤) يبين التركيب الداخلي لمثل هذا القاطع .



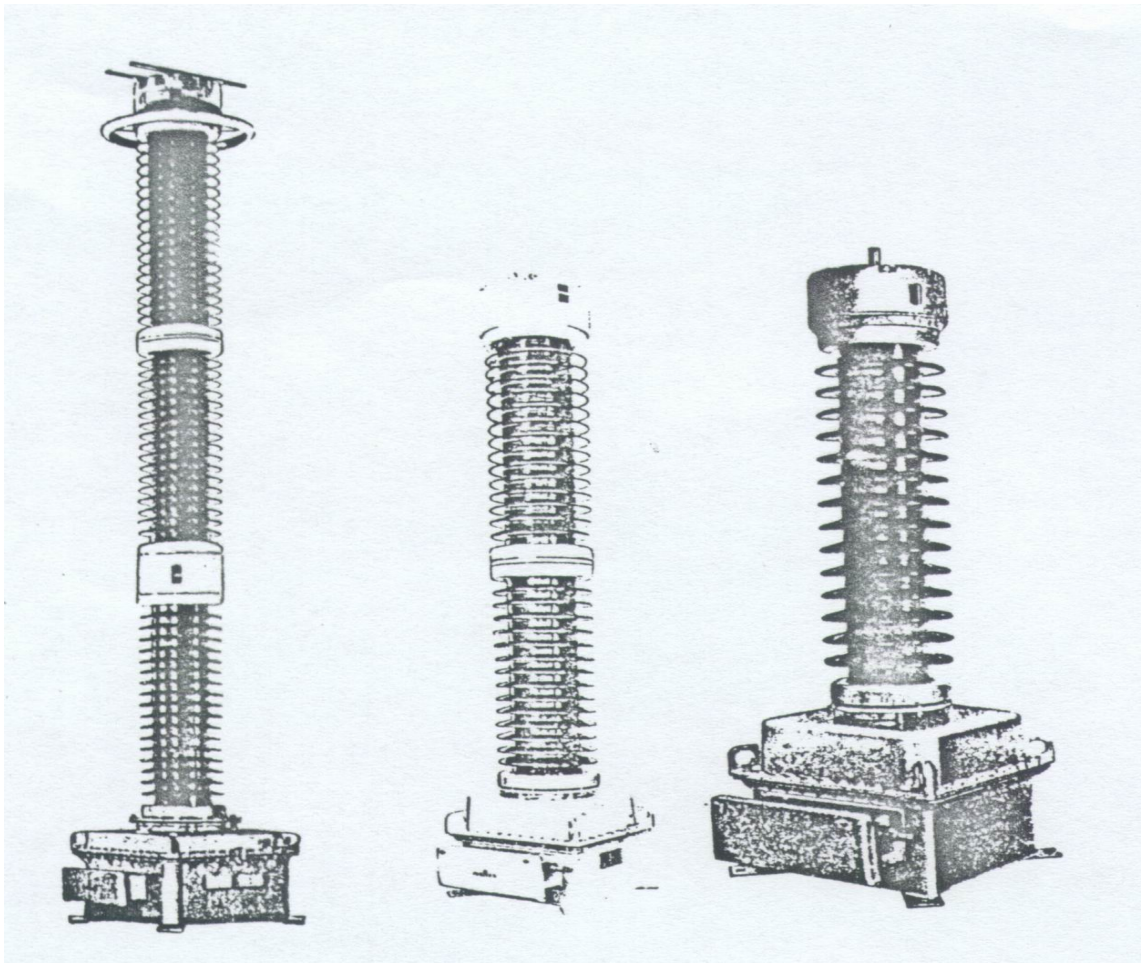
شكل (٣ -٣) – الشكل الخارجي لقاطع زيتي سيمنز



شكل (٣ -٤) – التركيب الداخلي للقاطع الزيتي سيمنز

٣ -٦ : 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 . شكل (٣ -٤) يوضح نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .



شكل (٣ -٤) - 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 .

٣ -٧ : 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 الألومنيوم .

ويوجد 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 المجزءة sectionalized bus-bars ، قضبان التوزيع المزدوجة duplicate bus-bars وغيرها من التركيبات التي تخدم أغراضا معينة في منظومات القوى الكهربائية .

ويمكن إتباع 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 للإنهيار 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 .

٣ -٨ : 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 .
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 البورسالين ، مع الأخذ في الاعتبار أن يكون سطح العازل بعد التنظيف ناعما ولامعا ويخلو من أي خشونة ودهان العازل بطبقة من الورنيش للوصول إلى جودة العزل المطلوبة .
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 .
٧. كما يجب أيضا اختبار مقاومة العوازل وقياسها بواسطة أجهزة الميجر ذو المدى الكبير ، ويعتبر العازل غير جيد ويحتاج إلى صيانة إذا كانت مقاومته أقل من ٢٠٠٠٠ ميجا أوم مع مراعاة أن تقاس هذه المقاومة أثناء فصل العازل من الخدمة .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

التحكم والصيانة في نظم القوى

صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

ملما بطرق صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب :

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذا الفصل .

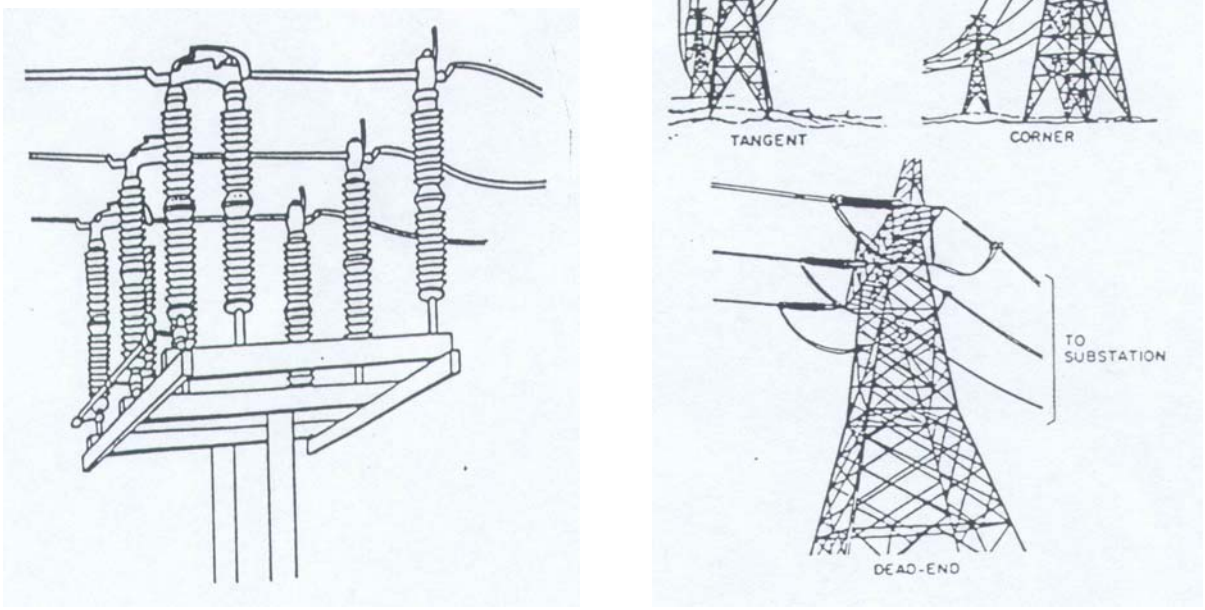
متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

الفصل الرابع : صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

تعتبر خطوط نقل الطاقة الكهربائية من العناصر الفاعلة في منظومات القوى الكهربائية وتمثل وسائل الربط بين مناطق التوليد - حيث تنشأ محطات التوليد ومحطات التحويل الفرعية - ومناطق الاستهلاك حيث تتمركز الأحمال الكهربائية بأنواعها المختلفة ، وتحمل هذه الخطوط القدرات الكهربائية المنقولة عبرها على جهود متوسطة تصل إلى ٦٩ كيلو فولت ، أو جهود عالية تصل إلى ٤٠٠ كيلو فولت ، أو جهود فائقة قد تصل إلى ١٠٠٠ كيلو فولت .

وتتكون خطوط النقل من موصلات مجدولة مصنوعة إما من الألومنيوم أو شعيرات الألومنيوم المقوى بالصلب ، وتحمل هذه الموصلات على أبراج تصنع من قطاعات من الصلب أو أعمدة خرسانية أو أعمدة مصنوعة من مواسير من الصلب المجلفن على حسب مستوى الجهد المحمول على الخط ، كما تثبت هذه الموصلات على الأبراج أو الأعمدة عن طريق عوازل مصنوعة من الزجاج أو الصيني (البورسلين) أو من الصيني المغطى بطبقة من الزجاج على حسب مستوى الجهد المحمول على الخط أيضا . شكل (٤ -١) يبين نماذج للأبراج وبدايات خطوط النقل الكهربائي والعوازل المستخدمة في ذلك .



شكل (٤ -١) - نماذج لبعض أنواع الأبراج ومعدات الفصل اليدوية لخطوط النقل

٤ -١ : صيانة خطوط النقل الكهربائي

تتركز عمليات الصيانة لخطوط النقل الكهربائية في المهام التالية :

١. مد الخطوط الجديدة في مناطق صحراوية أو مناطق سكنية على حسب الحاجة والتوسعات المحتملة في شبكات أو منظومات النقل .
٢. استبدال الأبراج أو الأعمدة التالفة بفعل التآكل أو المعرضة للحوادث منعا لانهيار خط النقل.
٣. استبدال الموصلات التي تتعرض للقطع بفعل تأثير الرياح أو المؤثرات الخارجية ضمانا لاستمرارية التغذية ونقل القدرة الكهربائية على الخط .
٤. استبدال العوازل التي تنهار أثناء التشغيل بفعل ارتفاع الجهد عن الحد المطلوب أو المؤثرات الخارجية المحيطة بالعوازل من رطوبة وأمطار وبرق ورياح وغيرها .
٥. تنظيف العوازل المعلقة على الخط للحفاظ على المتانة الكهربائية ودرجة العزل لها سواء أثناء التشغيل أو في فترات الصيانة الدورية للخطوط .

تجرى عمليات الصيانة لخطوط النقل في حالتين رئيسيتين هما :

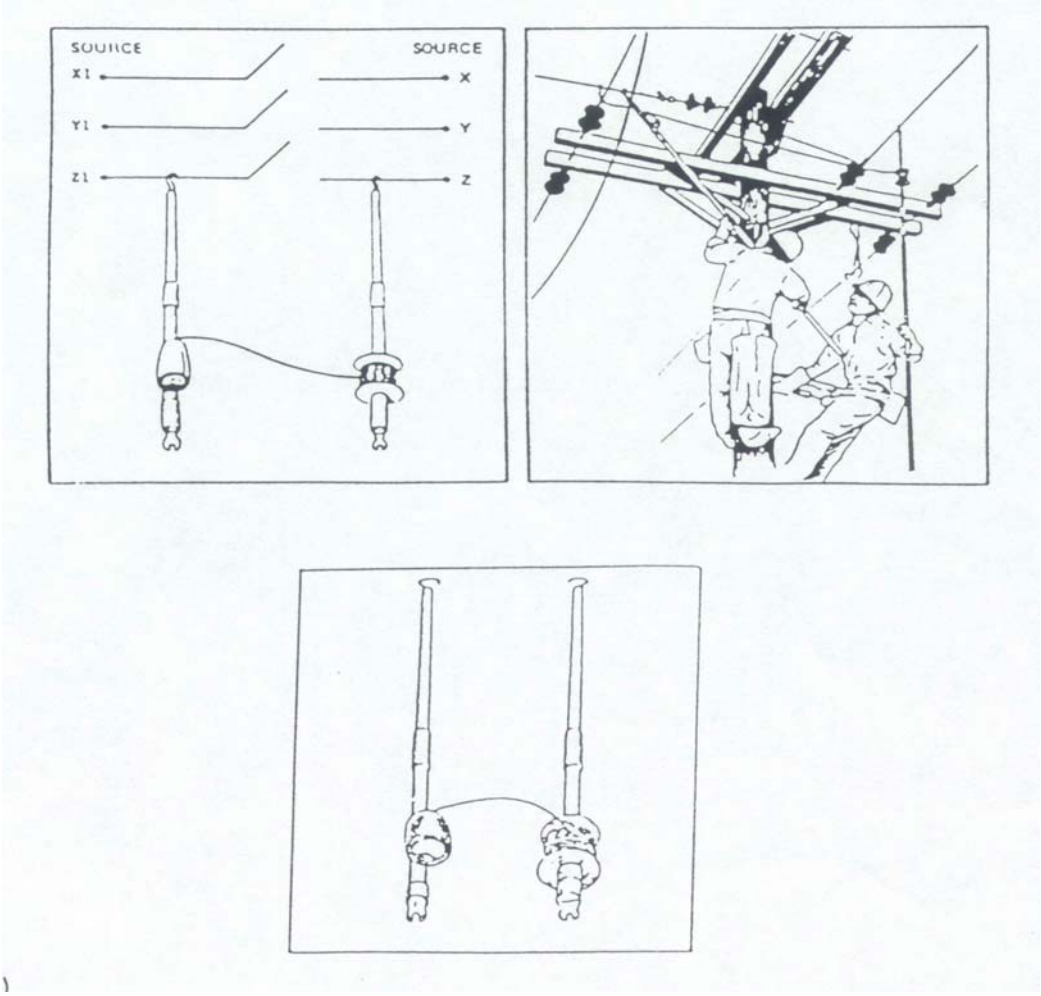
- صيانة الخطوط تحت الجهد Live Maintenance (Under voltage Maintenance)
- صيانة الخطوط المفصولة Maintenance of Disconnected Transmission Lines

٤ -١ -١ : صيانة الخطوط تحت الجهد Live Maintenance :

تتم هذه الصيانة بينما يكون الخط حاملا للجهد الكهربائي المتوسط أو العالي أو الفائق أي أثناء الخدمة وذلك في حالة الخطوط الاستراتيجية التي لا يمكن فصلها لإجراء الصيانة الدورية أو حتى إصلاح الأعطال أثناء الخدمة ، ويقوم بهذه المهمة فريق عمل مدرب تدريبا عاليا على العمل تحت الجهد ، كما تستخدم أدوات خاصة تشمل : قفازات عازلة حسب مستوى الجهد – بدلة عازلة يرتديها العامل – أقنعة واقية عازلة أيضا – معدات فك وتركيب معزولة ، كما يجب أن يراعى مستوى الجهد الذي تتم تحته الصيانة والمحمول على الخط بحيث لا يكون هناك فرق جهد بين العامل والخط حتى لا يحدث أي تفريغ كهربائي ، الأشكال التالية توضح عمل فريق الصيانة والمعدات المستخدمة لذلك .

٤ -١ -٢ : صيانة الخطوط المعزولة Maintenance of Disconnected Lines

تتم هذه الصيانة بينما يكون الخط مفصولا فصلا كاملا عن أي جهد كهربي وذلك عن طريق القواطع الآلية التي تتحكم في تشغيل الخط سواء كانت هذه القواطع من النوع الزيتي أو الغازي أو الهوائي إضافة إلى مفاتيح الفصل اليدوية حتى يتم التأكد تماما من عدم وجود أي جهد على الخط أثناء عمليات الصيانة ، ويقوم بهذه المهمة فريق عمل مدرب تدريبا خاصا على صيانة الخطوط ، كما تستخدم الأدوات السابق ذكرها والتي تشمل : قفازات عازلة – بدلة عازلة يرتديها العامل – أقنعة واقية وأغطية للرأس واقية من الصدمات – معدات الفك والتركيب – إضافة إلى حساسات الجهد وعصا التوصيل الأرضي لتسريب أي شحنات قد تكون متراكمة على الخط ، أو قد تظهر أثناء إجراء عملية الصيانة ، الأشكال التالية توضح عمل فريق الصيانة والمعدات المستخدمة لذلك ، مثال للقواطع المستخدمة في عزل الخط عن الخدمة ، مثال لمفاتيح الفصل اليدوية ، بعض أنواع الأبراج المستخدمة في خطوط النقل ، أمثلة للوحات التحكم الموصلة إلى خطوط النقل أو محولات الربط أو كابلات التوزيع . شكل (٤ -٢) يوضح فريق عمل لصيانة أحد الخطوط وحساسات الجهد المستخدمة في التأكد من الفصل التام للخط أثناء عمليات الصيانة .



شكل (٤ -٢) - فريق عمل لصيانة أحد الخطوط وحساسات الجهد المستخدمة .

٤ -٢ : صيانة عوازل الخطوط Maintenance of Line Insulators

تستخدم العوازل في خطوط النقل في عزل االموصلات الحاملة للتيار عن الأبراج غير الحاملة للتيار وبالتالي تمنع تسرب الطاقة الكهربائية إلى الأرض ومن هنا يتضح أن للعوازل دوراً في غاية الأهمية في منظومات النقل الكهربائية ، وعلى ذلك يجب فحص هذه العوازل دوريا حتى يمكن تجنب الانهيارات الكهربائية للخطوط وانقطاع خدمة توصيل الكهرباء قبل حدوثها . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التالية لصيانة عوازل خطوط النقل كما في حالة عوازل محطات التحويل :

١.تفصل المصادر قبل أي إجراء صيانة للعوازل مع توصيلها بالأرض لتفريغ أي شحنات أو طاقة مختزنة بها أثناء التوصيل والتشغيل .

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

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

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

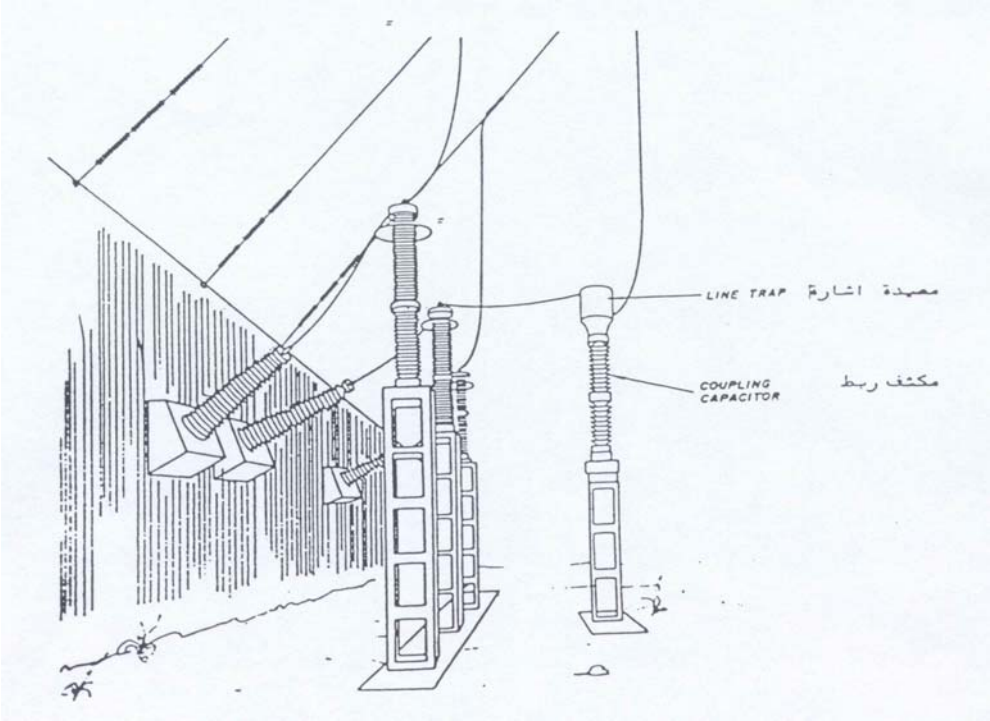
٥.يجب تنظيف العوازل بمصدر جاف غير رطب حتى لا تؤثر الرطوبة على جودة العزل ، وفي حالة تعرض هذه العوازل لظروف محيطة تحتوي على أبخرة أو مواد كيميائية يجب أن تنظف بتيار هوائي جاف ساخن لإذابة وإزالة التراكمات الكيميائية .

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

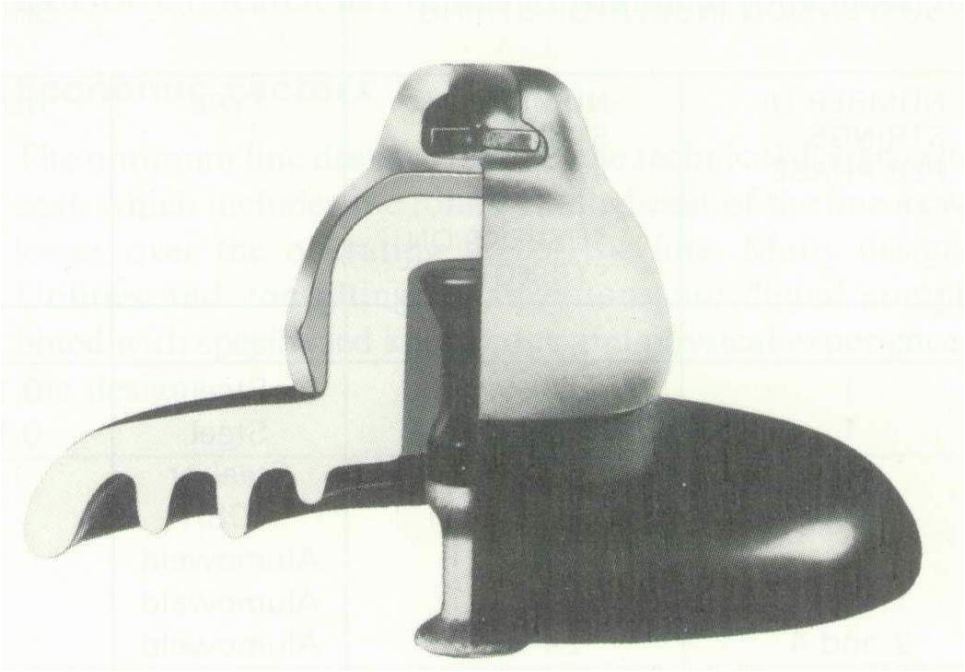
٧. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على وظيفة العوازل .

٨. كما يجب أيضا اختبار مقاومة العوازل وقياسها بواسطة أجهزة الميجر ذو المدى الكبير ، ويعتبر العازل غير جيد ويحتاج إلى صيانة إذا كانت مقاومته أقل من ٢٠٠٠٠ ميجا أوم مع مراعاة أن تقاس هذه المقاومة أثناء فصل العازل من الخدمة .

شكل (٤ -٣) يوضح عوازل النهاية أو البداية لخط نقل هوائي ، بينما شكل (٤ -٤) يوضح قطاع في أحد العوازل المعلقة المستخدمة في خطوط النقل الكهربائية ذات الجهد العالي أو الفائق .



شكل (٤ -٣) عوازل النهاية لخط نقل كهربائي



شكل (٤ -٤) قطاع في عازل معلق لخط نقل هوائي

المراجـع

- المحولات الكهربائية

- Electrical Equipment Testing and Maintenance, A.S. Gill, Reston Publishing Company, Prentice-Hall.
- Preventive Maintenance of Electrical Equipment, Charles I. Hubert, McGraw Hill.
- Power System Control Technology, Torsten Cegrell, Prentice-Hall,١٩٨٦.
- Electrical Power system Technology, S.W. Fardo and D.R. Patrick, Butterworth-Heinemann, ١٩٩٧.
- Power System Stability and Control, P. Kundur, McGraw Hill, ١٩٩٤.

Standard Handbook for Electrical Engineers, McGraw Hill.

المحتويات

الموضوع الصفحة

الفصل الأول : التحكم بالمحولات الكهربائية ٢

١ -١. عناصر منظومات القوى الكهربائية ٥
١ -٢. نظرة عامة على المحولات ١١
١ -٣. المحول كجهاز تحكم ١٤
١ -٤. محولات التنظيم للتحكم في مقدار الجهد ١٨
١ -٥. محولات التنظيم للتحكم في زاوية طور الجهد ١٩

الفصل الثاني : مراكز التحكم في محطات وشبكات القوى الكهربائية ٢٢

٢ -١. غرف التحكم في محطات القوى الكهربائية..... ٢٢
٢ -٢. مراكز التحكم في الشبكات الكهربائية ٢٦
٢ -٣. تعريف بنظام التحكم المركزي الإشرافي مع تجميع البيانات سكادا.... ٣٣

الفصل الثالث : صيانة محطات التحويل الكهربائي ٣٧

٣ -١..وظائف محطات التحويل الفرعية..... ٣٨
٣ -٢.أنواع محطات التحويل الفرعية..... ٣٨
٣ -٣. خطوات الصيانة لمحطات التحويل الفرعية ٣٩
٣ -٤. صيانة محولات القدرة الكهربائية ٤١
٣ -٥. صيانة القواطع الكهربائية ٥٠
٣ -٦. صيانة محولات القدرة الكهربائية ٥٥
٣ -٧. صيانة قضبان التوزيع ٥٦
٣ -٨. صيانة عوازل المحطة..... ٥٧

الفصل الرابع : صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها..... ٦٠

٤ -١. صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها ٦١

٤ -٢. صيانة عوازل خطوط النقل ٦٤

المراجع ٦٧

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS