مبادئ اصلاح الأعطال فى الدوائرالالكترونية والكهربية

اعداد : مهندس / السيد منصور

(هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة)

بكالوريوس هندسة القوى والآلات الكهربية- كلية الهندسة- جامعة الاسكندرية ١٩٩١.

البيانات الشخصية

Web Site : NREA.org.eg

E-mail : sayedmansour_1960@yahoo.com

Linkedin Account : linkedin.com/in/sayed-mansour-b6b02496

Tel. No. : 01009402423

مقدمـة

تعتمد عملية تشخيص الأعطال في الدوائر الإلكترونية على عدد من خطوات التفكير المنطقى تتطلب فهم لنظرية وطريقة عمل كل دائرة على حدة إلا أن هناك بعض الأسس الثابتة والتي يمكن الاستعانة بها عند تشخيص الأعطال في عدد كبير من الدوائر والشكل التالي يوضح تخطيط منطقى لبعض هذه الأسس وكما نرى فإن بعض أعطال الدوائر الإلكترونية تنشأ نتيجة لعدم توصيلها أو تشغيلها بالطريقة الصحيحة. في هذه الحالة يجب مراجعة بعض التوصيلات في الدائرة والتأكد من توصيل مصادر التغذية وبالقيمة والقطبية الصحيحة. أما إذا تبين لنا وجود عطلا حقيقيا بالدائرة فعلينا أن نلقى نظرة فاحصة وشاملة على عناصر الدائرة بهدف اكتشاف أي مظهر من مظاهر التلف الظاهرى حيث يساعد هذا كثيرا في سرعة تتبع الأعطال أما إذا لم نجد أي مظهر من مظاهر التلف الظاهرى في هذه الحالة نبدأ باستخدام أجهزة القياس المناسبة لتتبع العطل.

الفهرس

المحتويات	رقم الصفحة
التعاريف والمصطلحات الفنية.	٥
معلومات السلامة والصحة المهنية.	٦-٧
المعارف النظرية فى اصلاح الدوائر الاليكترونية.	٨
-- تشخيص الأعطال فى الدوائر الاليكترونية.	٩-١٠
-- مبادئ تشخيص الأعطال.	١١
- أسباب داخلية.	١١-١٣
- أسباب خارجية.	
- المقاومة الكربونية.	
- مكثفات الربط.	
- المكثف الكيمائي.	
- ثنائى شبه الموصل.	
- محول رفع أو خفض الجهد.	
- الترانزستور.	
- الدوائر المتكاملة.	
-- الرموز الاليكترونية	١٣-١٤
-- اهم عناصر الدوائر الاليكترونية والكهربية	١٥-١٦
- المقاومة الكهربية	
- لوحة الدائرة المطبوعة	
طرق اللحام واستخدام الأدوات لإصلاح الأعطال بالدائرة المطبوعة	١٧
-- طرق اللحام.	١٧
-- عناصر ومتطلبات اللحام.	١٨
-- أنواع اللحام.	١٨
-- تجهيز عناصر اللحام.	١٩
-- تجهيز أطراف المكونات والأسلاك.	١٩
-- تجهيز سطح الدائرة المطبوعة.	٢٠
-- إجراء عملية اللحام.	٢١
-- عيوب اللحام.	٢٢-٢٤
التطبيقات العملية.	٢٤-٣٣
اصلاح الاعطال بالدوائر الكهربية- اعطال المحول الكهربى	٣٣
-- التعاريف والمصطلحات الفنية.	٣٤
-- أعطال المحولات.	٣٥
-- نظرية عمل المحولات.	٣٦
-- تركيب المحول.	٣٧
- مكونات داخلية (القلب الحديدى- الملفات - الزيت).	٣٧-٣٨
- مكونات خارجية (الخزان- زعانف التبريد - مغير الجهد).	٣٩-٤٠
-- لوحة بيانات المحول.	٤١
-- الإحتياطات الواجب مراعاتها قبل وضع المحول في الخدمة.	٤٢-٤٣
-- قواعد الأمان للعمل على شبكات توزيع الكهرباء.	٤٤-٤٦
-- مواصفات زيت التبريد المعدني.	٤٧-٤٩
-- وقاية المحول.	٥٠-٥٢
-- كفاءة المحول.	٥٣-٥٤
التطبيقات العملية.	٥٥-٥٩

اصلاح الاعطال فى الدوائر الاليكترونية والكهربية

الهدف من هذه الدراسة:

القاء الضوء على كيفية اصلاح الاعطال فى الدوائر الالكترونية والكهربية باستعمال الأدوات والعدد المناسبة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة وفى الوقت المحدد.

التعاريف والمصطلحات الفنية :

- **مادة اللحام:** هي سبيكة من القصدير والرصاص تنصهر عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٣٥° ــ ٢٨٥° تقريباً.
- **عملية القصدرة:** هي عملية طلاء المادة بسبيكة القصدير.
- **سلك اللحام:** هو المادة التي تستخدم في لحام المكونات الالكترونية ويجب أن يكون قطره مناسبا للحام الذي سيتم به ويفضل أن يكون من النوع الذي يحتوي على مادة مساعدة بداخله.
- **دائرة المطبوعات :** هي لوحة تشبه لوحة الشرائح النحاسية إلا أن المسارات النحاسية بها لا تكون متوازية مثل لوحة الشرائح ويمكن مشاهدتها في جميع الأجهزة الإلكترونية
- **لوحة الشرائح:** هي رسم للمسارات النحاسية التي توصل بين الأجزاء الالكترونية مع بعضها البعض.ويوجد نوع يكون الوجه العلوي عبارة عن طبقة من الفيبر ومثقبة بثقوب مرتبة تبعد كل واحدة عن الثانية تقريبا حوالي ٢ مم وفى الوجه السفلى وحول تلك الثقوب يوجد حلقات نحاسية هي التي يتم لحام أطراف العناصر عليها.

معلومات السلامة والصحة المهنية:

لحماية القائمين بالصيانة والتركيبات الميكانيكية يجب:

- الالتزام بارتداء ملابس ومهمات السلامة والوقاية مثل الخوذة والنظارة الواقية والحذاء الواقي والأحذية العازلة للتيار الكهربائي والقفاز والملابس الواقية وحزام الأمان كما بالشكل رقم (١) وتستخدم أحزمة الأمان لوقاية العاملين من مخاطر السقوط من أماكن مرتفعة عند الصعود إلى أعلى التوربينة ويتم تزويد هذه الأحزمة بوسيلة تثبيت بجسم العامل ووسيلة تثبيت أخرى يتم توصيلها بجسم ثابت بمكان العمل.
- الحرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بعد انتهاء العمل.
- المداومة على المحافظة على نظافة الورشة وموقع العمل.
- المحافظة دائما على ملصقات الصحة والوقاية الملصقة بالورشة والمكاتب.

الشكل رقم (١) : مهمات السلامة والوقاية

ولحماية القائمين بالصيانة والتركيبات الكهربية يجب ارتداء الملابس الملائمة واستخدام المعدات اللازمة ومنها:

- لبس قطعة واحدة لتسهيل العمل والحركة كما بالشكل رقم (٢).
- الحذاء الخاص بالصيانة للتثبيت وعدم الانزلاق والحماية وعزل الجسم عن التوصيل الأرضي للتيار الكهربي.
- القفازات لحماية الأيدي عند تداول المعادن حادة الأطراف واللحام والمواد الكيماوية ومراجعة الدوائر الكهربية.

- غطاء الرأس الواقي من الصدمات.
- النظارات الواقية أثناء الثقب واللحام.
- لا تستخدم حواسك لقياس أي شييء ولكن استخدم أجهزة القياس.
- لا تعمل في جو خانق، ولكن تأكد من تهوية المكان والإضاءة الكافية قبل العمل.
- لا تستخدم عدة رطبة، ولكن استخدمها واحتفظ بها نظيفة وجافة ومرتبة.

الشكل رقم (٢) : ارتداء مهمات السلامة والوقاية

وعند القيام بعملية القصدرة يجب مراعاة الأتى :-

- نظافة الكاوية.
- نظافة النقطة المراد اللحام عليها.
- نظافة الطرف المراد لحامه.
- وضع الكاوية أولا علي المكان المطلوب لحامه.
- وضع القصدير علي المكان المطلوب لحامه.
- يجب أن تتم عملية اللحام بأسرع وقت ممكن وذلك لعدم زيادة الحرارة.
- يجب تحريك الطرف الذي تم لحامه للتأكد من جودة اللحام.
- يجب عدم استنشاق الأبخرة المتطايرة من الكاوية.
- يجب عدم العبث بالقصدير أو وضعه في الفم.
- يجب غسل اليدين بعد الانتهاء من اللحام.

اصلاح الاعطال فى الدوائر الاليكترونية

المعارف النظرية اللازمة :

أعطال الدوائر الاليكترونية

يلاحظ كثيراً عند تحليل الأعطال بالآلات والمعدات أن معظم هذه الأعطال تنتج عن تلف الكروت الالكترونية (الدوائر المطبوعة) الموجودة ضمن منظومة عمل الآلة ونظراً لأهمية هذا العطل الجسيم وجب التوجيه إلى أهمية تشخيص الأعطال من هذا النوع والعمل على إصلاحها.
وتمثل الأعطال بالكروت الاليكترونية معظم الأعطال التي تحدث بالمعدات حيث أن ظروف التشغيل القاسية من ارتفاع درجة الحرارة وطبيعة الاجواء المتربة تعتبر من الأسباب الرئيسية فى تعطل المعدات لفترات طويلة عن العمل نتيجة تلف تلك الدوائر المطبوعة.

الدوائر المطبوعة (الكروت الاليكترونية) هي عصب المنظومة الكهربية للآلات فهذه الدوائر تدخل فى كل منظومة عمل المعدات من قياس لدرجات الحرارة المختلفة ودوائر تنعيم الجهد ودوائر ربط المولدات على الشبكة الكهربية ودوائر قياسات معاملات الشبكة الكهربية من جهد وتيار وتردد وخلافه.

لذا وجب التركيز على هذا العطل وإلقاء الضوء على طبيعة التعامل مع هذه الكروت لما تحتاجه من مهارة خاصة ومقومات هذه المهارة لا تتوافر إلا فى الفني المميز فقط والذي يتمتع بذكاء فطرى وخلفية عملية مناسبة وإذا ما توفرت هذه المهارة فى فني الصيانة حينئذ سيصبح قادرا على تلافى معظم هذه الأعطال.

وسيتم إعطاء فكرة على تنفيذ مبادئ اللحام ليرتقى الفني بنفسه ويصبح قادرا على التعامل مع هذه الأعطال الجسيمة وإلا سيتم إهمال هذه الدوائر المطبوعة (الكروت) التي بها بعض المكونات التالفة واستبدالها بأخرى جديدة وهذا الأمر ليس باليسير لما له من تكلفة مادية باهظة.

← تشخيص الأعطال فى الدوائر الالكترونية:

تتعرض الدوائر الالكترونية فى الأجهزة المختلفة إلى العديد من العوامل التي قد تؤثر على أدائها أو تتسبب فى ظهور الأعطال بها ومن أمثلة هذه العوامل:

- **الحرارة:**

والتي تنشأ أثناء عمل الدوائر الالكترونية وذلك نتيجة لفقد الطاقة الكهربية فى بعض مكوناتها المختلفة ويتسبب ارتفاع درجة حرارة بعض العناصر الالكترونية مثل الثنائيات شبه الموصلة والترانزيستور وبعض الدوائر

المتكاملة فى تلف أجزائها الداخلية كذلك يسبب ارتفاع درجة الحرارة فى فك بعض اللحامات الخاصة بالدوائر المطبوعة مما يؤدى إلى حدوث قطع فى مسارات الإشارات أو فى عدم وصول جهود التغذية بالتيار المستمر إلى أطراف عناصر الدوائر الالكترونية وبالتالي تعطلها عن العمل ولهذا يجب توفير مصادر جيدة للتهوية يعمل على تشتيت الحرارة الناشئة أثناء تشغيل الدوائر الالكترونية وعدم تراكمها مع زمن التشغيل.

- **الارتفاع والانخفاض فى التيار الكهربى:**

حيث يؤدى بدوره إلى تغير مفاجئ فى التيار وجهد التغذية مما قد يؤدى إلى تلف بعض مكونات الدوائر الالكترونية ولهذا يجب الاستعانة بمنظمات التيار الكهربى بهدف حماية الأجهزة علاوة على الاستعانة بوحدة التغذية والتي تحتوى على منظمات الجهد والتيار بهدف ضمان استقرار وثبات نقط تشغيل الدوائر وعناصرها الالكترونية عند القيم التي صممت عليها.

- **المجالات الكهربية والمغناطيسية:**

تنشأ عند وجود الدوائر الالكترونية بجوار أجهزة أخرى تنبعث منها مجالات كهربائية أو مغناطيسية حيث تؤثر هذه المجالات على عمل مكونات الدوائر المختلفة ولذا يجب حماية الدوائر الالكترونية بوضعها داخل أوعية معدنية متصلة بالأرضي وبالتالي التخلص من تأثير هذه المجالات.

- **تآكل موصلات الدوائر المطبوعة:**

وكذلك تآكل أطراف أسلاك توصيل الدوائر وذلك بفعل المؤثرات الجوية والتفاعلات الكيمائية حيث تتآكل هذه الموصلات المعدنية أو تتكون طبقة من الأكسيد على أطرافها وبالتالي تصبح غير موصلة للإشارات فيحدث قطع فى مسارات الإشارة أو عدم وصول تيار التغذية إلى العناصر المختلفة ولهذا يجب طلاء موصلات الدوائر المطبوعة وكذلك أطراف التوصيل بمواد حافظة لحمايتها ضد المؤثرات الجوية.

هناك عدة طرق يمكن بها حماية أجزاء الدائرة من التلف إلا أن هذه الطرق تكون مكلفة الأمر الذي يؤدى إلى ارتفاع تكلفة الأجهزة الالكترونية وبالتالي عدم انتشار أو شيوع استخدامها على نطاق واسع.
من الناحية العملية تحاول الشركات الصناعية تحقيق قدر من الموائمة من إنتاج دوائر الكترونية بها سبل الحماية التلقائية لها وبين التكلفة النهائية لمنتجاتها فى الأسواق المنافسة وهذا فى حد ذاته يلقى الضوء على أسباب أعطال الدوائر الالكترونية يتمثل فى عدم وجود نظم حماية تلقائية لأجزائها المختلفة مثل:

- ✓ نظام الحماية ضد زيادة الحمل.

- ✓ نظام الحماية ضد الصدمات.
- ✓ نظام الحماية ضد سوء الاستخدام.

← مبادئ تشخيص الأعطال فى الدوائر الاليكترونية:

تعتمد عملية تشخيص الأعطال فى الدوائر الالكترونية على عدد من خطوات التفكير المنطقي تتطلب فهم لنظرية وطريقة عمل كل دائرة على حده إلا أن هناك بعض الأسس الثابتة والتي يمكن الاستعانة بها عند تشخيص الأعطال فى عدد كبير من الدوائر، إن بعض أعطال الدوائر الالكترونية تنشأ نتيجة توصيلها أو تشغيلها بطريقة غير صحيحة وفى هذه الحالة يجب مراجعة بعض التوصيلات فى الدائرة والتأكد من توصيل مصادر التغذية وبالقيمة والقطبية الصحيحة أما إذا تبين لنا وجود عطلا حقيقيا بالدائرة فعلينا أن نلقى نظرة فاحصة وشاملة على عناصر الدائرة بهدف اكتشاف أى مظهر من مظاهر التلف الظاهري وفى هذه الحالة نبدأ باستخدام أجهزة القياس لتشخيص أسباب احتراق أو تلف العناصر الالكترونية فى الدوائر.

عند اكتشاف بعض العناصر فى الدوائر الالكترونية يتعين علينا عدم الاكتفاء باستبدال هذه العناصر بأخرى جديدة بل يجب التعرف على الأسباب المحتملة التي أدت إلى تلفها وبصفة عامة يمكن تقسيم أسباب تلف العناصر الالكترونية كما يلي:

- **أسباب داخلية:**

تتعلق بجودة تصنيع العنصر ذاته وبالتالي قدرته على الاستمرار فى أداء وظيفته لفترة زمنية لا تقل عن عمره النظري أو الإفتراضى.

- **أسباب خارجية:**

تتمثل فى مجموعة الدوائر المساعدة والمحيطة بالعنصر والتي تقوم بتحديد قيم الجهد وشكل التيارات الواصلة إلى هذا العنصر وبالتالي تحديد نقطة تشغيله كما وردت فى التصميم النظري لهذه الدائرة.

وكما نرى فإن من أسس الصيانة والإصلاح بالنسبة للدوائر الالكترونية هو ضرورة تتبع ومعرفة الأسباب المحتملة لتلف العناصر الالكترونية.

- **المقاومة الكربونية:**

عند مرور تيار كبير فى المقاومة الكربونية بحيث يتعدى قيمة القدرة المقننة لعملها فان المقاومة تحترق ويظهر هذا عليها بوضوح فى هذه الحالة وقبل تغيير المقاومة بأخرى لها نفس القيمة ونفس قيمة القدرة يجب التأكد من عدم وجود قصر (تلامس) بين طرف دخول التيار إلى هذه المقاومة وبين الأرضي ويتم ذلك باستخدام جهاز الآفو بعد ضبطه على وضع الأوم.

- **مكثفات الربط:**

عادة يكون تلف مكثفات الربط نتيجة عملها لمدة طويلة وتأثرها بارتفاع درجة الحرارة وفى هذه الحالة يكتفي بتغيير المكثف التالف بآخر له نفس القيمة.

- **المكثف الكيمائي:**

تتأثر المكثفات الكيمائية بارتفاع درجة الحرارة وكذلك بارتفاع قيمة الجهد الواصل إليها وفى هذه الحالة يتم تغيير المكثف التالف بآخر له نفس القيمة ونفس قيمة جهد التشغيل والذي نجده مدون على جسم المكثف ثم يتم قياس قيمة الجهد الواصل إليه أثناء التشغيل وذلك باستخدام جهاز الآفو ميتر بعد ضبطه على قياس وضع الجهد المستمر واختيار مقاس الجهد المناسب.

- **ثنائي شبه الموصل لتوحيد التيار :**

يحدث تلف ثنائيات شبه الموصل عند مرور تيار كبير بها يتعدى القيمة المقننة لتشغيلها فى هذه الحالة يتم فك الثنائيات من الدائرة المطبوعة ثم التأكد من عدم وجود قصر بين أطراف خرجها (الموجودة على الدائرة المطبوعة) وبين الأرضي فإذا تأكدنا من عدم وجود قصر يتم تركيب ثنائيات جديدة لها نفس الأرقام أو أرقام بديلة ثم نقوم بقياس جهد خرج الثنائيات أثناء عملها والتأكد من تطابقه مع القيمة المدونة على الدائرة النظرية كما يحدث تلف لدايود زينر(نوع من الثنائيات شبه الموصلة) عند زيادة الجهد الواصل إليه عن القيمة المسموح بها فى هذه الحالة يتم تغيير الزينر بأخر له نفس الرقم ثم التأكد من أن الجهد الواصل إليه يقع فى حدود القيمة المسموح بها ويستخدم ثنائي زينر لتنظيم الجهد عندما يربط في الدائرة بانحياز عكسي وعلى التوازي مع الحمل حيث يبدأ بسريان التيار عندما يتعدى جهد الانحياز العكسي (جهد زينر) والذي يتم تحديده عند صناعته.

- **محول خفض أو رفع الجهد**

تتأثر المحولات الكهربية بارتفاع درجة حرارتها أثناء التشغيل مما يؤدى إلى تلف عازل الملفات بها وبالتالي حدوث قصر بين ملفاتها من ناحية أخرى عند حدوث ارتفاع مفاجىء فى جهد مصدر التيار الكهربى فإن هذا قد يؤدى إلى انصهار وبالتالي قطع فى إحدى ملفات الملف الإبتدائى الواصل إلى المنبع وفى هذه الحالة يتعين:

فصل دخل المحول عن التيار الكهربى.

- ✓ فصل خرج المحول عن دائرة التوحيد.
- ✓ قياس قيم مقاومات الملف الإبتدائى وكذلك الملفات الثانوية فإذا تبين وجود قصر أو قطع فى إحدى الملفات يتم تغيير المحول بأخر له نفس الجهد والتيار المقننة وذلك بعد إجراء الخطوات التالية:
  - ❖ قياس جهد المنبع والتأكد من أن قيمته تقع فى الحدود المسموحة.
  - ❖ التأكد من عدم تلف ثنائيات أو قنطرة التوحيد.

- التأكد من عدم تلف مكثف التنعيم الكيميائي.
- التأكد من عدم وجود قصر بين طرف خرج الجهد المستمر وبين الأرضي.

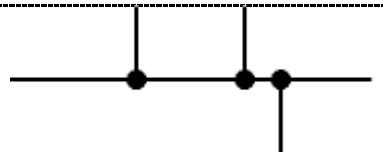
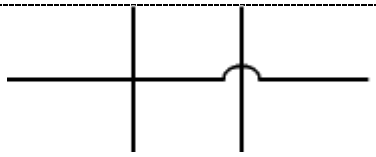
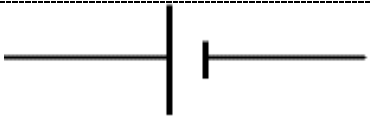
- **الترانزستور:**

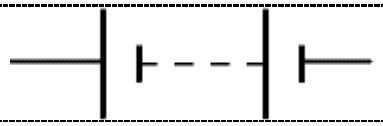
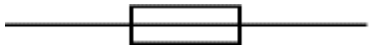
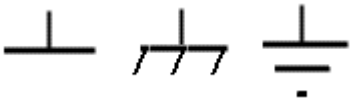
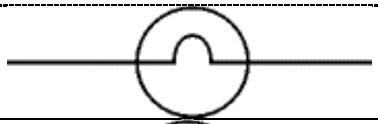
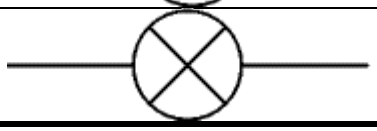
يحدث تلف الترانزستور إما بسبب العوامل الداخلية التي ذكرناها من قبل أو نتيجة لاختلال فى جهود الانحياز الواصلة إليه عن طريق المقاومات المتصلة به كذلك نجد أن حدوث قصر فى دائرة حمل الترانزستور تؤدى أيضا لتلفه فى هذه الحالة يجب فك أطراف الترانزستور وقياس المقاومة بين أطرافه باستخدام جهاز الأفوميتر حيث يجب أن تتطابق هذه القياسات مع قياسات الثنائيات فإذا تأكدنا من تلف الترانزستور فيجب التأكد أولا من سلامة عناصر دائرة الانحياز الخاصة بهذا الترانزستور المستبدل ويكون له نفس الرقم أو الرقم البديل.

- **الدوائر المتكاملة:**

عند ظهور أعراض ظاهرية للتلف على دائرة متكاملة فى هذه الحالة يجب فحص دائرة حملها وكذلك عناصر دائرة الانحياز لها والتأكد من عدم وجود قصر أو قطع فى هذه الدوائر فإذا تأكدنا من ذلك فإنه من الراجح أن يكون سبب تلفها هو سبب داخليا وعلينا باستبدالها بأخرى لها نفس الرقم.

← الرموز الاليكترونية لمكونات الدائرة:

العناصر	الوظيفة	الرمز الكهربي
سلك (Wire)	**لتمرير التيار الكهربائي من نقطة إلى أخرى.**	
نقاط لحام.	**تستخدم لربط مكونات الدوائر الكهربية ببعضها.**	
أسلاك أو نقاط غير متصلة.		
خلية. (Cell)	**عدة خلايا تشكل ما يعرف بالبطارية.**	

بطارية. (Battery)	البطارية الكهربائية هي العنصر المسئول عن إمداد الدوائر الالكترونية بالكهرباء.	
مصدر مستمر DC		
مصدر متردد AC		
فيوز - فاصمة Fuse	حماية الدوائر الكهربائية.	
محول كهربائي Transformer.	في الغالب يستخدم لرفع أو تقليل الجهد الكهربائي.	
محول ذو نقطة في المنتصف. Center tap transformer		
محول هوائي Air-Core Transformer.		
تأريض (Earth Ground).	التأريض مهم لحماية الأجهزة الكهربائية، في الدوائر الالكترونية يستخدم هذا الرمز ليدل على فولت أو الطرف السالب.	
مصباح Lamp.	مؤشر	
مصباح Lamp.		

← أهم عناصر الدوائر الاليكترونية والكهربية:

لوحة الدائرة المطبوعة - المقاومة- المكثف - الدايود – الترانزستور.

- **المقاومة الكهربية بالدائرة.**

تستخدم المقاومة بالدائرة الكهربية للتحكم في مقدار التيار الكهربائي المار بالدائرة مثل المقاومة المتغيرة بدائرة المذياع والتليفزيون التي تؤدي إلى خفض الصوت ورفع الصوت (تقليل قيمة المقاومة تزيد من قيمة التيار وترفع الصوت) ومثال آخر على ذلك المقاومات الثابتة القيمة بالدوائر الإليكترونية ولمعرفة

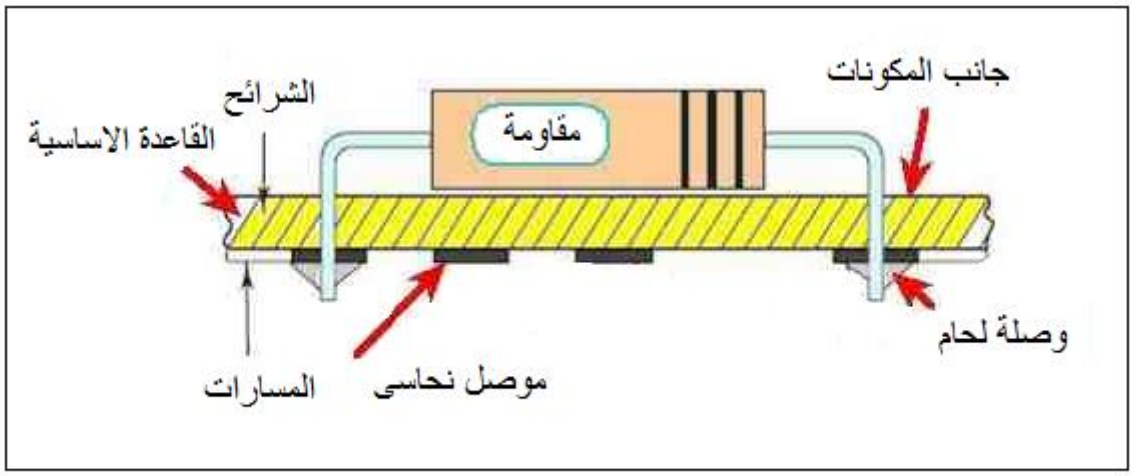
قيمة المقاومة يمكن قياس مقدارها عن طريق الأميتر ولتسهيل معرفة القيمة المقاومات الثابتة توضع ألوان على جسم المقاومة من الخارج على شكل حلقات لتدل على مقدارها وتعرف بترميز الحلقات اللوني للمقاومة.

- **لوحة الدائرة المطبوعة:**

هي لوح رقيق من المواد العازلة قد تكون جامدة (صلبة) أو مرنة، وهى تعمل كدعامة أو كحامل لجميع المكونات الالكترونية والمسارات وتكون عادة من النحاس وعلى درجة عالية من النقاوة وتكون على شكل شرائط رقيقة تسمى المسارات أو الموصلات وهذه الموصلات لا تقوم فقط بالتوصيل بين المكونات الالكترونية بل تعطى نقط اتصال ولحام قوية.

- **لوحات الدوائر المطبوعة ذو الجانب الواحد:**

لوحة من جانب واحد يعني أن الأسلاك (المسارات) متاحة فقط على جانب واحد من المواد العازلة وهذا النوع من اللوح غالبا ما يستخدم فى الدوائر البسيطة وعندما نريد تقليل تكلفة التصنيع إلى الحد الأدنى وبالرغم من ذلك فهي تمثل حجما كبيرا من اللوحات المطبوعة التي تنتج حاليا والشكل رقم (٣) لوحة مطبوعة من جانب واحد ولوحة الدائرة المطبوعة هي لوحة تشبه لوحة الشرائح النحاسية إلا أن المسارات النحاسية بها لا تكون متوازية مثل لوحة الشرائح ويمكن مشاهدتها في جميع الأجهزة الإلكترونية.



الشكل رقم (٣) :لوحة مطبوعة ذو وجه واحد

← طرق اللحام واستخدام الأدوات لإصلاح الأعطال بالدائرة المطبوعة:

- **القصدرة أو اللحام بالقصدير:**

اللحام بالقصدير من المهارات المهمة بل الأساسية للعاملين في مجال الإلكترونيات، لأنها وسيلة ربط المكونات الإلكترونية ببعضها مباشرة، أو عن طريق ربط كل مكون بلوحة الشرائح النحاسية أو لوحة الدائرة المطبوعة.

ويعتبر اللحام والفك من المهارات الأساسية التي يجب أن يتقنها جيدا من يقوم بالعمل في الأجهزة والدوائر الإلكترونية، لأنه غالبا بدون فك العنصر التالف في أي جهاز ولحام آخر صالح محله لا يمكن إصلاح الأجهزة العاطلة.

مهارة اللحام والفك ليست صعبه بل يمكن اكتسابها بسهولة عند التدريب عليها وإتباع قواعدها بدقة، ومعرفة عيوب اللحام وممارسة العمل به باستمرار ولإجراء عملية لحام جيدة لابد من معرفة عناصر وأدوات اللحام وكيفية اشتراكها مع بعضها لإنتاج نقطة لحام جيدة.

ويقصد بعملية القصدرة طلاء المعادن بسبيكة القصدير بغرض التوصيل لموصلين أو أكثر، تستخدم مادة اللحام لحماية أسطح المعادن من الأكسدة وكذلك جودة التوصيل وجودة اللحام.

وتصنع سبيكة القصدير بأشكال مختلفة (أسلاك – أنابيب) لها قلب راتنجي وهذه المادة الراتنجية تنظف سطح المعدن المراد لحامه مما يؤدي إلي متانة الطلاء وحماية الوصلة من التآكل.

ويوجد علي غلاف مادة اللحام بعض الأرقام مثل (٤٠ -٦٠ ، ٥٠ - ٦٠) وهذه الأرقام تبين نسبة القصدير إلي الرصاص فالرقم الأول يمثل نسبة القصدير والرقم الثاني يمثل نسبة الرصاص وتستعمل الكاوية بأنواعها المختلفة في عمليات اللحام والقصدرة حيث تستخدم لصهر مادة اللحام (سبيكة اللحام).

- **عناصر ومتطلبات اللحام:**

١- كاوية لحام جيدة ومناسبة: المقصود بتعبير مناسبة هو أن تكون الكاوية مناسبة من حيث الطاقة المستهلكة فيها ومن حيث مساحة مقطع سنها.

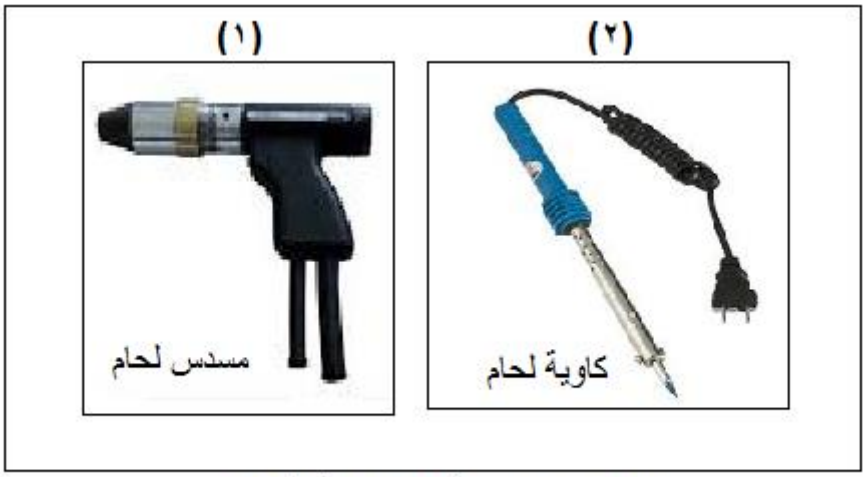
٢- سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح وأطراف المكونات المراد لحامها: يجب أن يكون سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح خاليا من أي مواد شمعية أو شحميه أو زيتية وأن يكون خاليا من الأكسيد والأتربة وكذلك أطراف المكونات الإلكترونية المراد لحامها.

٣- سلك اللحام: ويجب أن يكون قطره مناسبا للحام الذي سيتم به ويفضل أن يكون من النوع الذي يحتوي على مادة مساعدة بداخله والشكل رقم (٤) يوضح أدوات اللحام بالقصدير:

الشكل رقم (٤) : أدوات اللحام

- **أنواع كاويات اللحام:**

١ـ مسدس اللحام: يستخدم في لحام وصلات الأسلاك ولا يستخدم للحام المكونات الإلكترونية نظراً لكبر قدرته الكهربية مما يؤدي إلي تلفها والشكل رقم (٥) أنواع كاويات اللحام.



الشكل رقم (٥) : أنواع كاوية اللحام

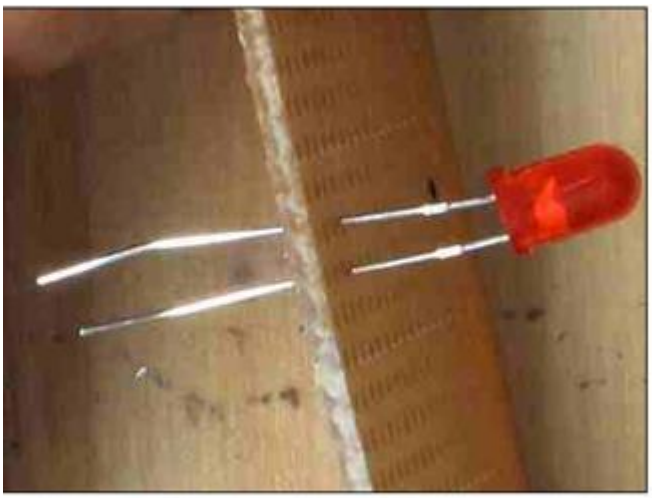
٢ـ كاوية قلم: تتراوح قدرتها من ٢٥ إلى ١٠٠ وات ونظراً لقدرتها المنخفضة فانه يمكن استخدامها في لحام المكونات الإلكترونية وكذلك لحام الأسلاك حتى قدرة ١٠٠ وات.

- **أنواع اللحام:**

- **تصنف عمليات اللحام إلى ثلاثة أنواع هي:**

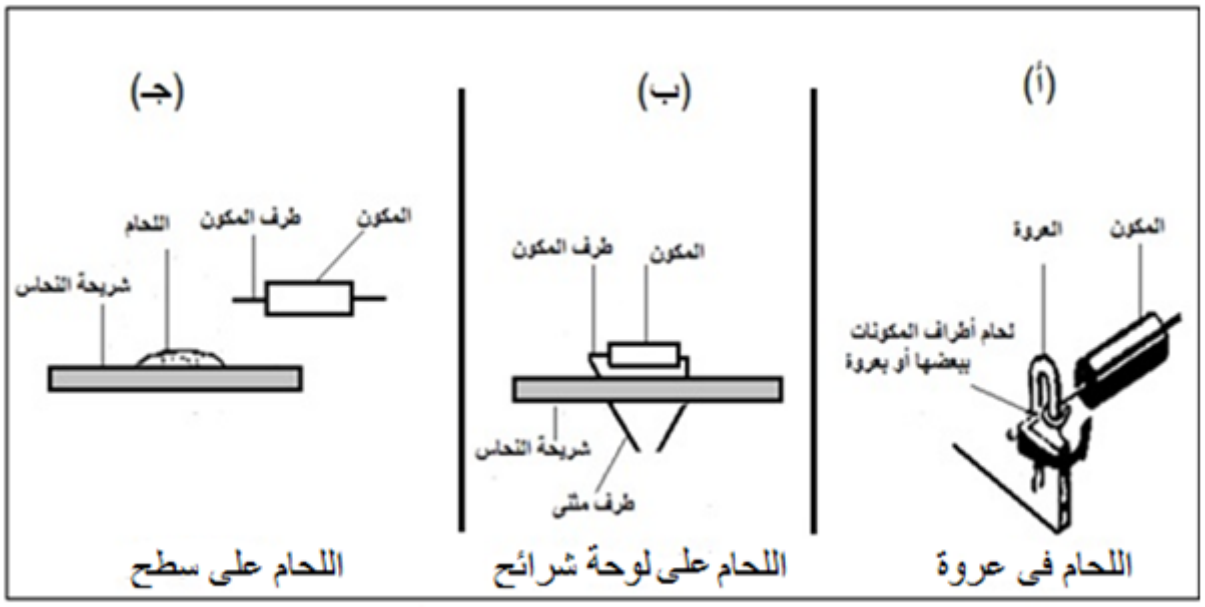
أ- لحام أطراف المكونات مع بعضها أو في عروت: في هذا النوع من اللحام تجهز أطراف المكونات على شكل خياط للحامها مع بعضها أو مع العروات.

ب- لحام أطراف العناصر في لوحة الشرائح أو لوحة الدوائر المطبوعة: في هذا النوع من اللحام تمرر أطراف المكونات في ثقوب بلوحة الشرائح أو الدائرة المطبوعة، وتكون المكونات في الجهة الخالية من الشرائح في اللوحة وتلحم أطراف المكونات في جهة الشرائح النحاسية كما بالشكل رقم (٦).



الشكل رقم (٦) : تثبيت المكون فى اللوحة

ج- لحام أطراف العناصر على سطح: في هذا النوع من اللحام يلحم طرف العنصر على سطح النحاس دون المرور في ثقوب باللوحة ويوضح الشكل رقم (٧) أنواع اللحام الثلاثة.



الشكل رقم (٧) : انواع اللحام

← تجهيز عناصر اللحام:

أ- تجهيز كاوية اللحام:

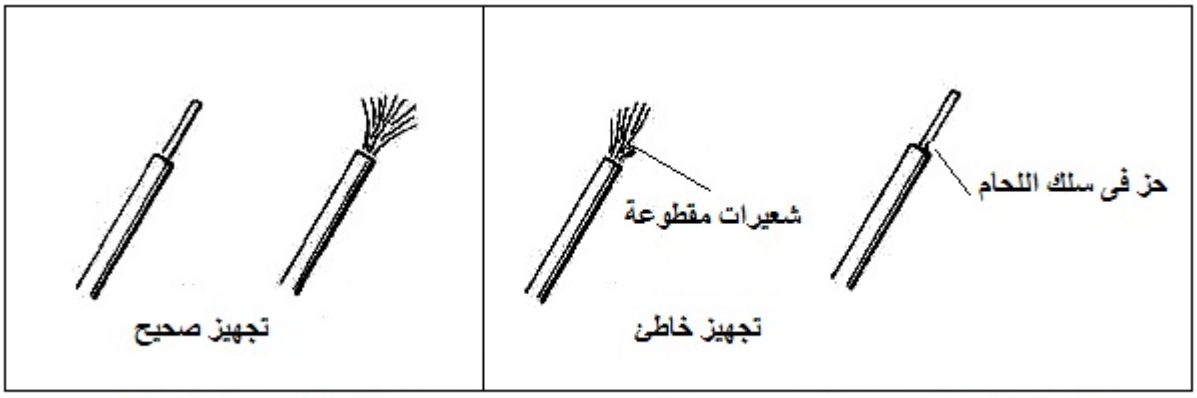
نظف سن الكاوية جيدا من أي شوائب عالقة أو أكسيد باستخدام مبرد أو ورقة صنفرة أو فرشاة من السلك أو نصل سكين حتى يصبح سطح السن لامعا وصل التيار الكهربي للكاوية حسب جهد التشغيل الخاص بها ثم أترك الكاوية حتى تسخن، قرب سلك اللحام من سن الكاوية حتى ينصهر عليه ويكون طبقة فضية لامعة على سن الكاوية ويكون كرة من القصدير المنصهر على مقدم السن هذه الكرة تساعد على تسريب الحرارة من السن وعلى جودة نقطة اللحام عند اللحام، قبل بدء اللحام مرر سن الكاوية على قطعة من الإسفنج الطبيعي موضوعة في وعاء مناسب ومبلله بالماء وذلك لإزالة أي أكاسيد وتصغير كرة القصدير المنصهرة على سن الكاوية كما بالشكل رقم (٨).

الشكل رقم (٨) : يوضح استخدام أدوات اللحام

ب- تجهيز أطراف المكونات والأسلاك:

يجب أن تكون أطراف المكونات خالية من أي أكاسيد أو أتربة أو مواد شحميه أو زيتية، وإذا كان الطرف المراد لحامه سلكا سواء كان سلكا مصمتا أو مكونا من عدة شعرات، فيجب أن تزال المادة العازلة عن طرفه بطول مناسب باستخدام أداة تقشير مناسبة لقطر السلك، وراعي الدقة عند إزالة الطبقة العازلة عند

تقشير الأسلاك لأن أي حز في السلك المصمت أو قطع لعدة شعرات يؤدي إلى ضعف السلك ميكانيكيا مما يؤدي لقطعه بعد اللحام نتيجة لحركة السلك، وهذا العيب من العيوب التي يصعب اكتشافها عند فحص اللحام ويوضح الشكل رقم (٩) التجهيز الصحيح للأسلاك والتجهيز الخاطئ لها.

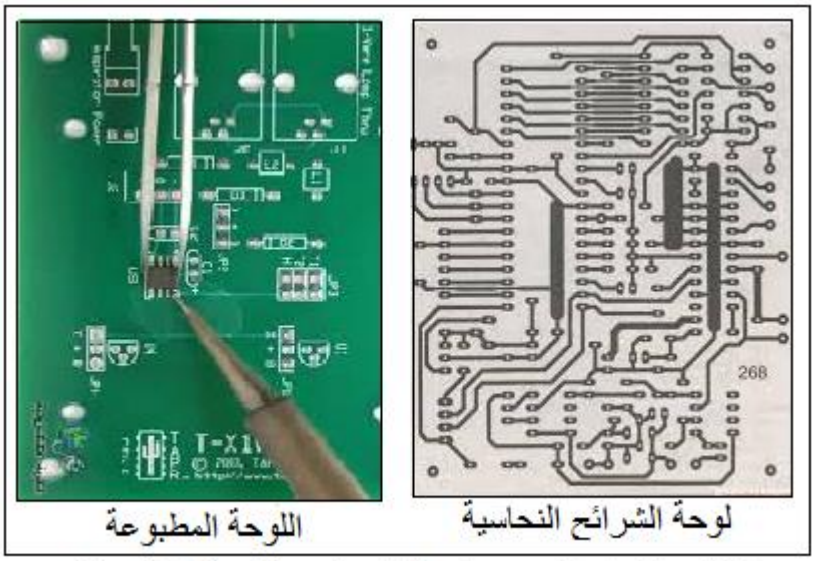


الشكل رقم (٩) : الفرق بين التجهيز الصحيح والخاطئ للاسلاك المصمتة والتى تحتوى على شعيرات

لاحظ أنه يجب قصدرة السلك المكون من شعيرات قبل اللحام ليسهل إدخاله في ثقوب الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح، ويتم ذلك بوضع الجزء المقشر من السلك بعد جدل شعراته على سن كاوية اللحام الساخن بين سلك اللحام وسن الكاوية إلى أن ينصهر سلك اللحام وينساب بين الشعرات للسلك المراد قصدرته، ثم يبعد كل من السلك وسلك اللحام عن سن الكاوية ويترك إلى أن تتجمد سبيكة اللحام المنصهرة على السلك ويجب ملاحظة عدم تسخين السلك المراد قصدرته لفترة طويلة لأن ذلك يؤدي إلى جفاف المادة العازلة حول السلك ونقص العزل الكهربي لها قرب طرف السلك.

ج- تجهيز سطح الدائرة المطبوعة أو لوحة الشرائح :

يجب التأكد من خلو السطح المراد اللحام فيه مثل لوحة الشرائح النحاسية والدائرة المطبوعة من الأكاسيد والأتربة والمواد الشمعية والشحمية والزيتية، ويتم ذلك بمسح السطح بقطعة قماش مبلله بمادة طيارة مثل الكحول كما بالشكل رقم (١٠) :



الشكل رقم (١٠) : يبين لوحة الشرائح واللوحة المطبوعة

← إجراء عملية اللحام:

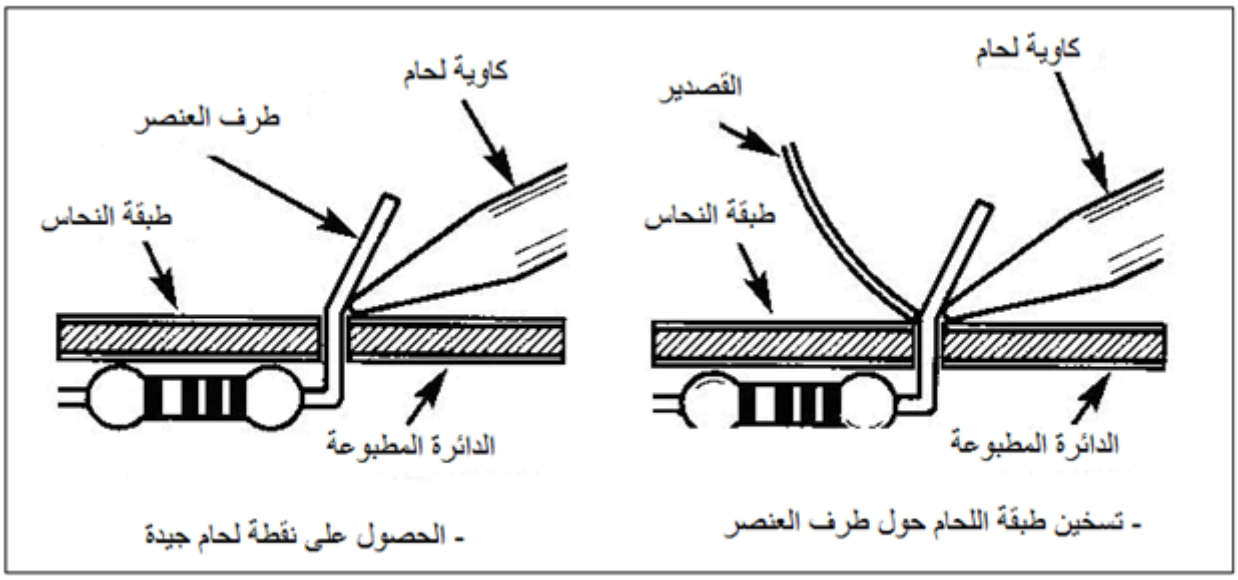
لإجراء عملية اللحام اتبع الخطوات التالية:

- ✓ صل الكاوية بمصدر الكهرباء وضعها على حامل بحيث لا تكون ملامسه لأي سطح حتى لا تؤدي إلى تلفيات نتيجة حرارتها المرتفعة.
- ✓ جهز العناصر واللوحات المراد لحامها كما ذكر سابقا وضعها بترتيب أولوية اللحام.
- ✓ أحضر سلك اللحام وضعه في متناول يدك على الطاولة.
- ✓ جهز قطعة من الإسفنج الطبيعي وبللها بالماء في وعاء مناسب لتنظيف سن الكاوية قبل وبعد كل نقطة لحام.
- ✓ ثبت العناصر المراد لحامها مع بعضها تثبيتا جيدا بحيث لا يتحرك أي عنصر من عناصر اللحام أثناء أو بعد اللحام ثم أجر عملية اللحام كما هو موضح بالخطوات التالية:
  - ❖ نظف سن الكاوية بقطعة الإسفنج المبلل بالماء.
  - ❖ ضع سن الكاوية بحيث يلامس طرف المكون المراد لحامه وسطح اللوحة ويصنع زاوية مقدارها ٤٥ درجة مع سطح اللوحة المراد اللحام فيها.
  - ❖ قرب سلك اللحام من نقطة اللحام بحيث يكون طرف المكون بينه وبين سن الكاوية.
  - ❖ انتظر حتى ينصهر سلك اللحام ويحيط بالعنصر المراد لحامه وتتبخر المادة المساعدة على اللحام.
  - ❖ بعد الحصول على نقطة لحام كما بالشكل الأخير ابعد سلك اللحام ثم أبعد الكاوية بحذر عن نقطة اللحام حتى لا تؤدي لسحب القصدير المنصهر مما قد يؤدي إلى إحداث قنطرة بين تلك النقطة ونقط أخرى بالدائرة.

- أترك نقطة اللحام تتجمد تلقائيا أي بدون دفع هواء بأي وسيلة عليها، لأن التبريد غير التلقائي يؤدي إلى تشقق سطح نقطة اللحام وإلى ضعفها ونقطة اللحام الجيدة تكون ملساء ولامعة.

طريقة الحصول على نقطة لحام جيدة.

اللحام بالقصدير يتم على المسارات النحاسية فقط ونقوم بوضع سن كاوية اللحام على طرف العصر المراد لحامه وطبقة النحاس للدائرة المطبوعة فى نفس الوقت وبزاوية ٤٥ درجة كما بالشكل رقم (١١).



الشكل رقم (١١): اجراء اللحام

← عيوب اللحام بالقصدير:

تصنف عيوب اللحام إلى عدة أصناف هي:

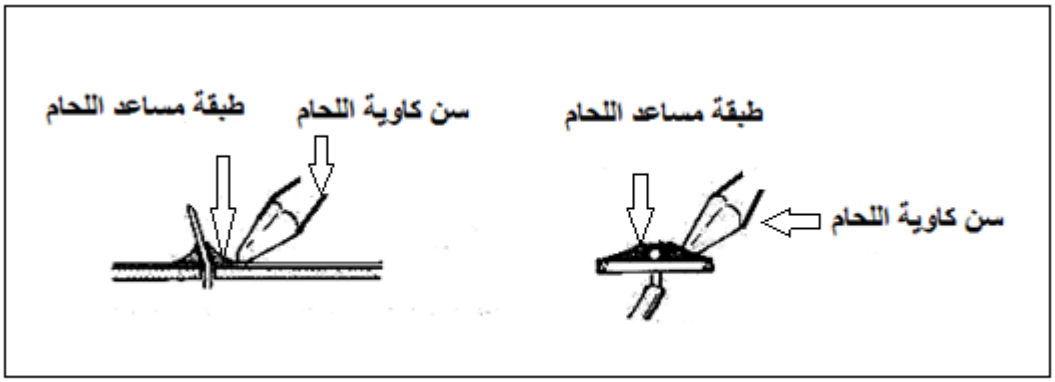
١- نقطة اللحام الباردة:

يكون مظهر نقطة اللحام غير لامع، وغير أملس وينتج ذلك عن عدم الانتظار حتى تصل درجة حرارة سطح الدائرة أو العروة إلى درجة حرارة انصهار سلك اللحام أو عن عدم وضع سلك اللحام في المكان المناسب من باقي عناصر اللحام ويوضح الشكل التالي نقطة لحام بها هذا العيب من عيوب اللحام.

ويمكن أن تنتج نقطة اللحام الباردة كذلك عن حركة أي عنصر من عناصر نقطة اللحام قبل تجمد سبيكة اللحام المنصهرة، أو عن تبريد نقطة اللحام بدفع هواء عليها بأي وسيلة وعدم تركها لتبرد تلقائيا. وقد تنتج أيضا من كون سن كاوية اللحام غير نظيف مما يؤدي إلى تسرب الشوائب العالقة به إلى نقطة اللحام ولإصلاح هذا العيب تزال نقطة اللحام تماما بواسطة الكاوية ومخلخل هواء مناسب، ثم تعاد عملية اللحام مرة ثانية بطريقة صحيحة.

٢- وجود طبقة سوداء (مساعدة اللحام) بين طرف المكون وسبيكة اللحام:

وينتج عن هذا العيب وجود مقاومة كبيرة بين طرف المكون ونقطة اللحام وذلك لأن مساعد اللحام يعتبر مادة عازلة وينتج هذا العيب عن خطأ في وضع سن كاوية اللحام أو عدم الانتظار بها على نقطة اللحام حتى يتم تتبخر المادة المساعدة للحام، ولإصلاح هذا العيب توضع كاوية اللحام على نقطة اللحام مرة أخرى إلى أن تتبخر مادة مساعد اللحام من نقطة اللحام ويوضح الشكل رقم (١٢) هذا العيب.

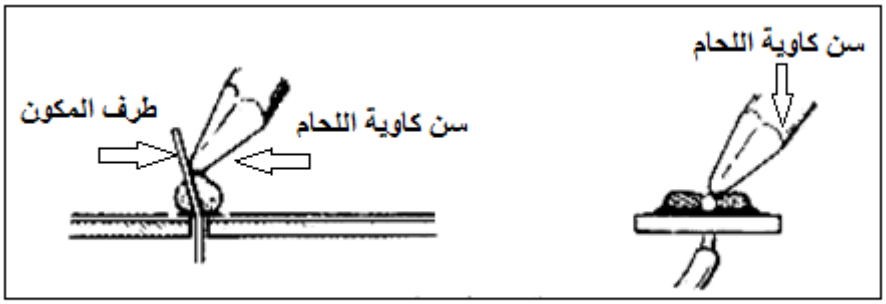


الشكل رقم (١٢) : يوضح تكون طبقة سوداء حول الطرف المطلوب لحامه

وينتج هذا العيب عن خطأ في وضع سن كاوية اللحام أو عدم الانتظار بها على نقطة اللحام حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام، ولإصلاح هذا العيب توضع كاوية اللحام على نقطة اللحام مرة أخرى إلى أن يتم تبخر مادة مساعد اللحام من نقطة اللحام.

٣- عدم احاطة سبيكة اللحام بطرف المكون المراد لحامه أو عدم التصاق نقطة اللحام بسطح اللوحة المراد اللحام بها:

ينتج هذا العيب عن نقص كمية سبيكة اللحام المنصهرة لنقطة اللحام بسبب إبعاد سلك اللحام عن نقطة اللحام قبل إتمامها أو عن عدم انصهار سبيكة اللحام جيدا أو عن الوضع الخطأ لكاوية اللحام وقد يؤدي كذلك إلى وجود طبقة من مساعد اللحام كعازل بين نقطة اللحام والسطح المراد اللحام به أو العروة ويوضح الشكل رقم (١٣)هذا العيب.



الشكل رقم (١٣) : يوضح عدم احاطة سبيكة اللحام بطرف المكون

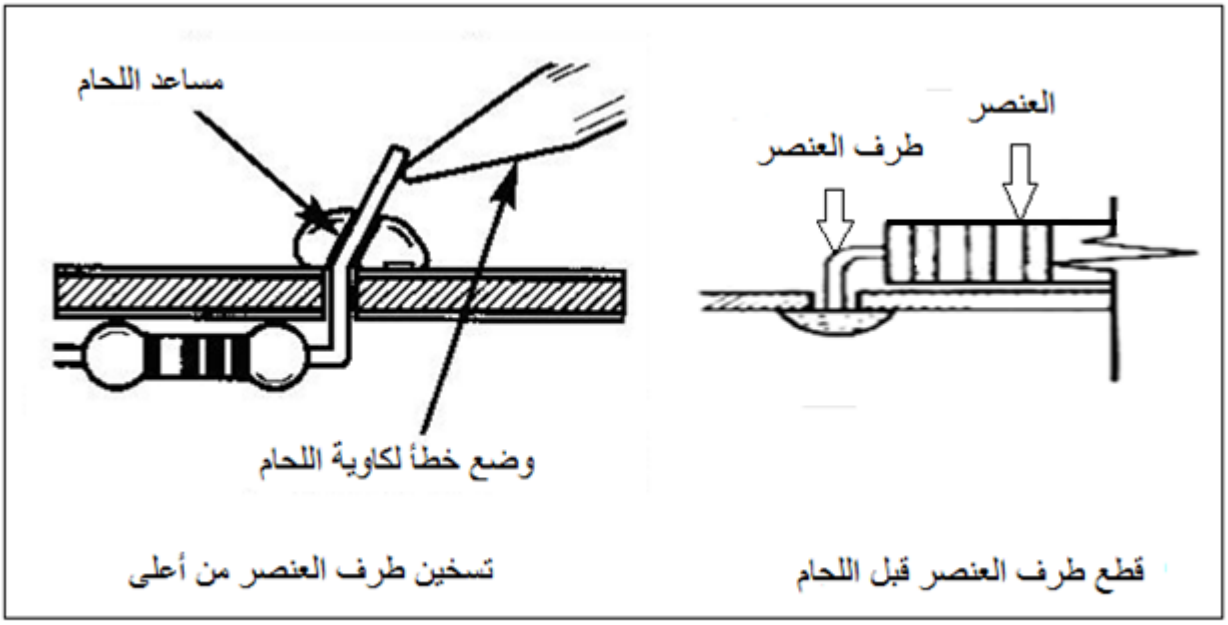
لإصلاح هذا العيب تسخن نقطة اللحام مرة أخرى ويتم زيادة كمية سبيكة اللحام المنصهرة وينتظر حتى يتم تبخر المادة المساعدة للحام.

٤- قنطرة اللحام:

يحدث هذا العيب نتيجة لعدم العناية عند إبعاد كاوية اللحام عن نقطة اللحام، ويؤدي ذلك إلى توصيل نقطة اللحام أو الشريحة التي أجري اللحام عليها بنقطة لحام أخرى وغالبا ما يؤدي هذا العيب إلى أضرار كبيرة بالدوائر إن لم يكتشف قبل التشغيل.

٥- قطع طرف المكون المراد لحامه قبل اللحام:

من الصعب اكتشاف هذا العيب لذلك يستحسن دائما قطع أطراف المكونات بعد إجراء عملية اللحام وليس قبلها وكذلك تسخين طرف العنصر من أعلى كما بالشكل رقم (١٤).



الشكل رقم (١٤) : أخطاء فى طريقة اللحام

التطبيقات العملية لاصلاح الاعطال بالدوائر الاليكترونية

أهداف التطبيق:

إكتساب المهارات العملية اللازمة لإصلاح العطل بالدوائر الالكترونية باستخدام العدد والمعدات والخامات اللازمة طبقا للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة وفى الوقت المحدد.

التدريب: تشخيص العطل بإحدى الدوائر المطبوعة (الكروت) لنظام التحكم:

أ) ظروف الأداء:

الخامات	العدد والمعدات	التسهيلات الأخرى
- سلك لحام قصدير. - فوطة صفراء. - شريط لحام.	- جهاز أفوميتر. - الكارتة الالكترونية المراد اختبارها. - تزجة لحام مجهزة. - قصافة- طقم مفكات. - مكواة لحام - شريط قصدير- مساعد لحام - عدسة مكبرة- ملقاط - شفاط.	- ملابس حماية ومهمات الأمان الصناعي. - موقع عمل مناسب. - كتيب إرشادات الكارتة الالكترونية.

ب) الأداء:

← صفات الهدف التدريبى:

توصيف الأجهزة والأدوات اللازمة لتنفيذ إصلاح الدوائر الالكترونية:

يحتاج الفني إلى الأدوات الآتية لإتمام عملية اللحام :

- **كاوية لحام جيدة ومناسبة:**

يعتبر اللحام من العمليات الأساسية فى الالكترونيات وعملية لحام العناصر الالكترونية حساسة جدا حيث أن العناصر الالكترونية يمكن أن تتعرض للتلف إذا تعرضت لحرارة زائدة كما أن التسخين غير الكافي قد ينتج عنه نقاط لحام سيئة والشكل رقم (١٥) : كاوية لحام.

الشكل رقم (١٥) : كاوية لحام

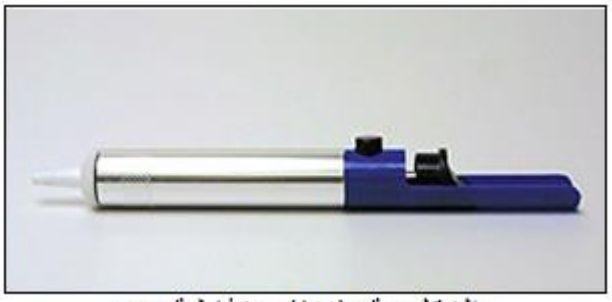
- **سلك اللحام:**

يتكون سلك أو ماد ة اللحام من مادة الرصاص والقصدير ويجب أن تكون مواصفات سلك اللحام فضي اللون وذو لمعاون وكلما كانت نسبة القصدير إلى الرصاص أعلى كلما كان سلك اللحام من النوع الجيد والشكل رقم (١٦) سلك لحام.

الشكل رقم (١٦) : سلك لحام

- **الشفاط:**

تستخدم هذه الأداة لسحب أو شفط مادة اللحام يعد تسخينها عند الرغبة بإزالة أو فك قطع الكترونية أو سلك تم لحامه كما بالشكل (١٧).



الشكل رقم (١٧) : شفاط قصدير

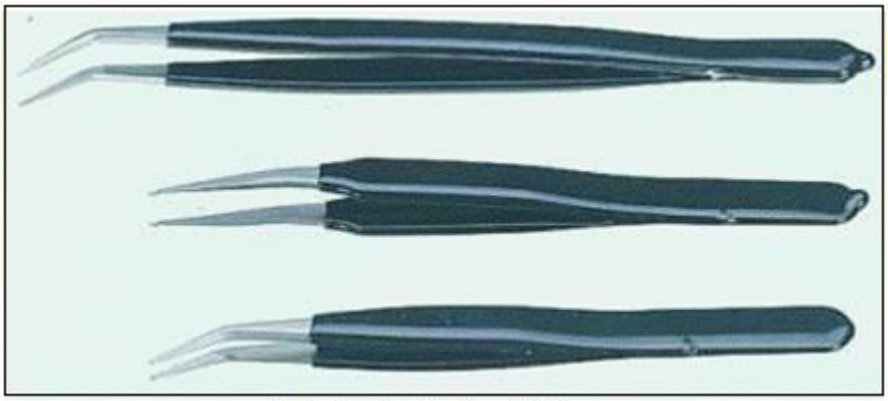
- **شريط ازالة اللحام:**

وهو مصنوع من شبكة نحاسية تقوم بامتصاص اللحام الذائب كما فى الشكل رقم (١٨) .

الشكل رقم (١٨) : شريط ازالة اللحام

- **الملقاط:**

وهو مفيد لحمل الأجزاء والقطع الصغيرة كما بالشكل رقم (١٩).



الشكل رقم (١٩) : الملقاط

- **العدسة المكبرة:**

وهى ضرورية للتأكد من سلامة وصلات اللحام وكذلك للتأكد من عدم تلامس الأجزاء المختلفة كما بالشكل رقم (٢٠).

الشكل: رقم (٢٠) العدسة

- **قصافة الأسلاك:**

وهى ضرورية لقص الأسلاك وكذلك لقطع أطراف القطع الالكترونية (قصافة).

- **مفكات متنوعة:**

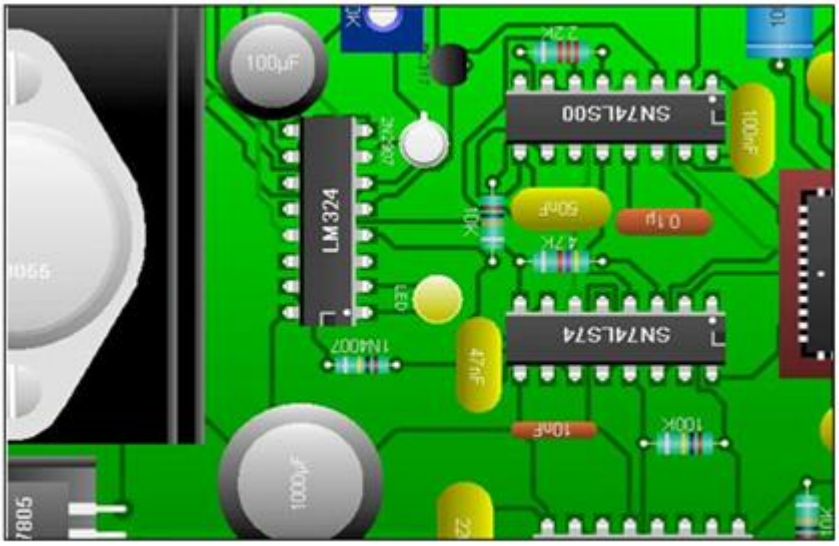
لا يمكن الاستغناء عنها وتوجد أنواع مختلفة من المفكات المتنوعة العديدة وذات الرأس المربع وبمقاسات مختلفة.

خطوات التدريب العملي:

- طبق قواعد السلامة المهنية أثناء العمل.
- قم بوضع كل مهمات العمل على منضدة اللحام والشكل رقم (٢١) منضدة اللحام.

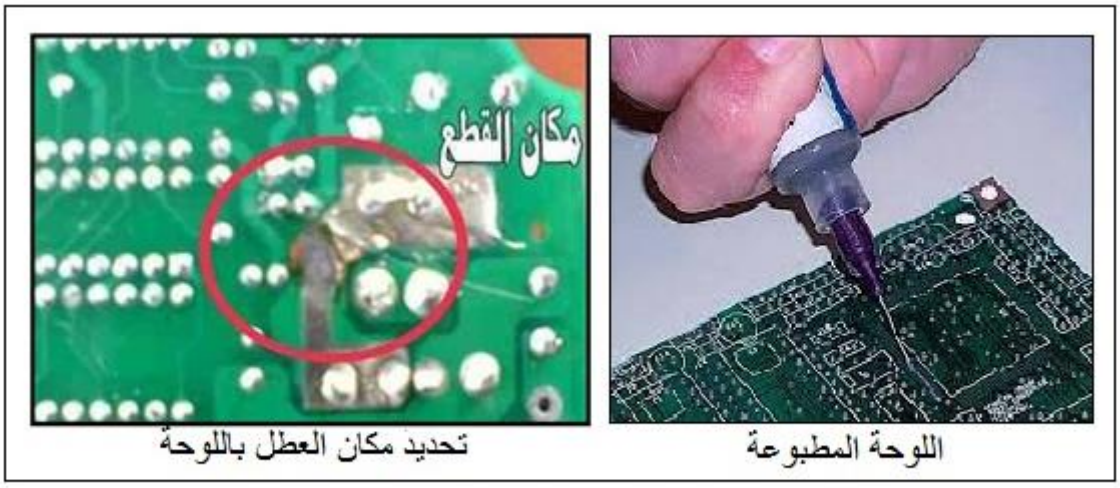
الشكل رقم (٢١) : منضدة اللحام

- قم بفحص الكارتة الاليكترونية بمجرد النظر لملاحظة ما إذا كان بها مكونات محترقة أم لا والشكل رقم (٢٢) الكارتة المطلوب اختبارها.



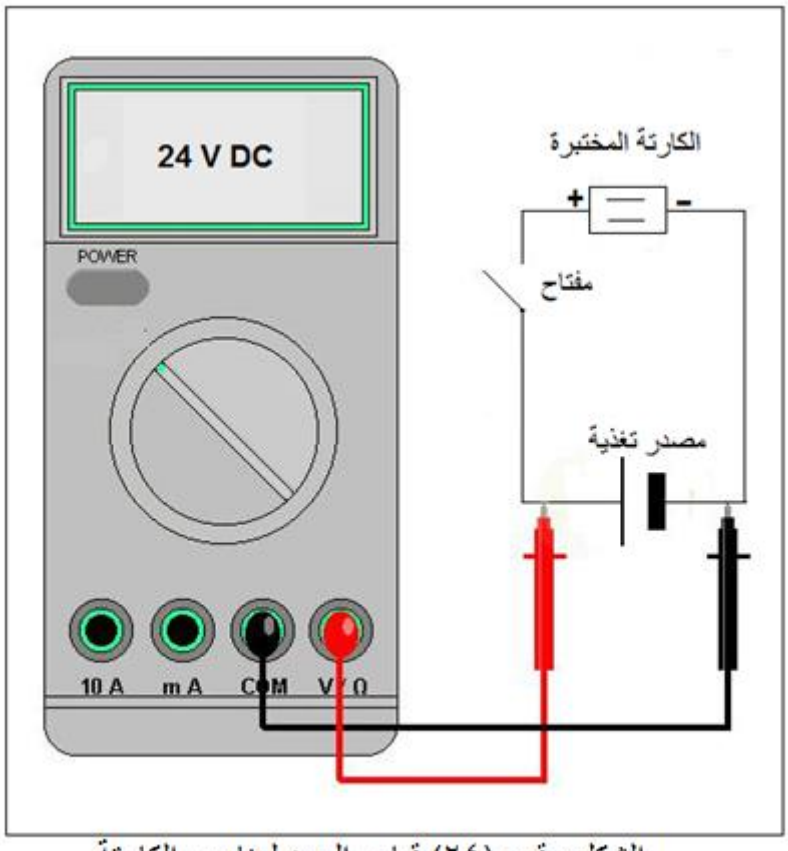
الشكل رقم (٢٢) : الكارتة المختبرة

- إذا لاحظنا وجود مكونات محترقة أو وجود قطع فى مسارات التوصيل نقوم بتحديدها تمهيدا لنزعها من مكانها بالطريقة التي تعلمناها كما بالشكل رقم (٢٣).



الشكل رقم : (٢٣) تحديد مكان العطل بالكارتة

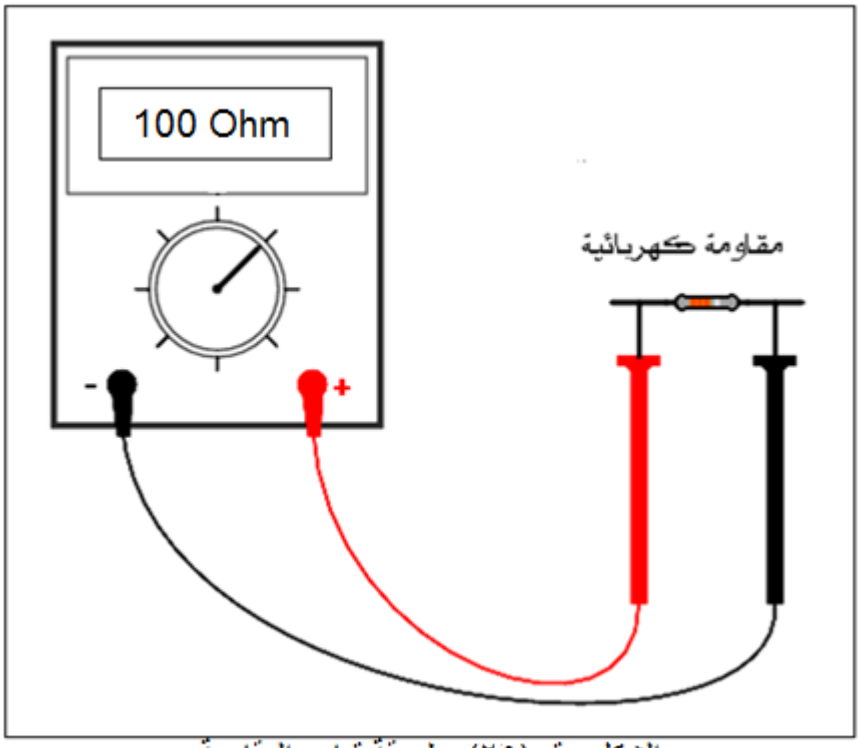
- إذا لاحظنا أن مكونات الكارتة ليس بها تلف ظاهري نقوم بتوصيل مصدر التغذية لها.
- نقوم بقياس الجهد بين مكونات الكارتة متتبعا لمسارات الدخول والخروج لها من واقع كتيب الإرشادات الخاص بالكارتة.
- إذا اكتشفنا من القياسات أن أحد عناصر الكارتة لا ينقل الجهد إلى العنصر الذي يليه والشكل رقم (٢٤) قياس الجهد لعناصر الكارتة.



الشكل رقم : (٢٤) قياس الجهد لعناصر الكارتة

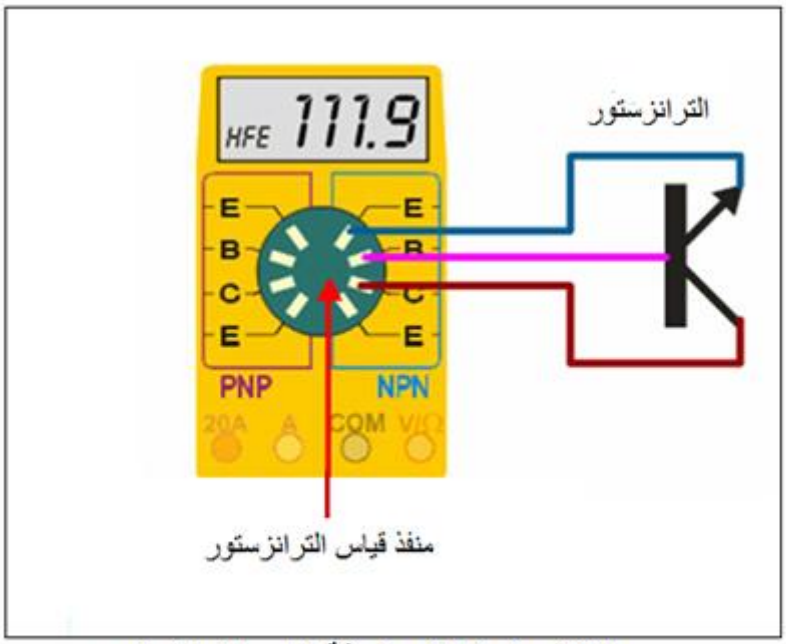
- قم بفك ذلك العنصر متبعا الخطوات التي تعلمتها.

- نقوم بقياس ذلك العنصر فإذا كان ذلك العنصر مقاومة كهربية مثلا باستخدام جهاز القياس المناسب جهاز الآفو ميتر مع ضبط التدريج على مقياس الأوم كما بالشكل رقم (٢٥).



الشكل رقم (٢٥): طريقة قياس المقاومة

- إذا كان العنصر ترانزستور نقوم بقياسه بعد ضبط مقياس جهاز الآفو ميتر كما بالشكل رقم (٢٦).



الشكل رقم (٢٦): طريقة قياس الترانزستور

- نقوم باستبدال الأجزاء التالفة بأخرى سليمة ونختبر الكارتة بعد توصيلها بمصدر التغذية.
- نقوم بإعادة نفس القياسات السابقة للتأكد من أن الكارتة تعمل بشكل صحيح.

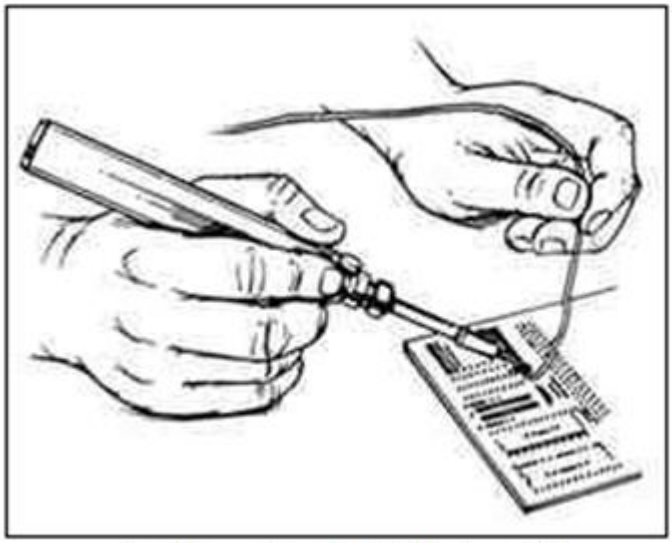
- بعد الانتهاء من إصلاح العطل باللوحة المطبوعة (اللوحة الالكترونية) يتم بعد ذلك إعادتها إلى مكانها بلوحة التحكم الرئيسية لاختبارها عملياً ثم يتم توصيل أطراف الدخول والخروج بها مع بقية مكونات اللوحة ويتم التأكد من أن اللوحة المطبوعة تم توصيلها بطريقة صحيحة.
- نبدأ باجرات تشغيل الآلة للتأكد من عمل اللوحة بشكل صحيح بعد الإصلاح كالآتي:-

✓ نقوم بارتداء مهمات السلامة والصحة (الحذاء الواقي- خوذة الرأس- القفاز- النظارة الواقية – الملابس الواقية).

✓ نقوم بفتح باب اللوحة الكهربية كما بالشكل رقم (٢٧).

الشكل رقم (٢٧) : لوحة التحكم الرئيسية

- نقوم بتشغيل المعدة وفقا لكتيب التشغيل واذا عملت بطريقة سليمة نكون قد نجحتا فى الاصلاح.
- إذا سجلت الآلة عطل وتوقفت عندئذ ندرك أن اللوحة بحاجة إلى إعادة فحص مرة أخرى لإصلاحه.
- يتم فحص اللوحة ومراجعة طريقة اللحام والاختبار مرة أخرى كما بالشكل رقم (٢٨).



الشكل رقم (٢٨) : اعدة فحص اللوحة

جـ) معايير الأداء:

البند	المعايير
تجهيز العدد	تجهيز مصادر التغذية المختلفة - تجهيز العدة والأدوات المناسبة - تجهيز أدوات القياس والمراجعة- تجهيز وسائل تجهيز الكارتة.
تجهيز الخامات	تجهيز الخامات المطلوبة من مهمات نظافة كالفوط الصفراء.
	تجهيز سلك لحام القصدير- المنظفات السائلة والطيارة..
التنفيذ	تطبيق قواعد السلامة أثناء العمل.
	التعامل مع أدوات القياس.
	التعامل مع وحدة الكارتة الالكترونية المختبرة.
	القيام بعمل القصدرة.
	التأكد من نظافة أدوات اللحام.
	القيام بتغطية الكاوية بمادة اللحام.
	القيام بلحام العناصر التالفة بالكارتة.
	طريقة تنفيذ خطوات اللحام والقياس.
معايير السلامة	ارتداء ملابس الوقاية الشخصية.
	تداول ومناولة الخامات والعدد بطريق آمنة.
	الاستخدام الأمثل والآمن للعدد والأجهزة.
	إتباع تعليمات الأمن والسلامة والصحة المهنية.
التنظيف والترتيب	نظافة مكان العمل.
	نظافة العدد وتخزينها.
	إعادة الخامات الزائدة وتخزينها بطريق صحيحة.

اصلاح الاعطال بالدوائر الكهربية - اعطال المحول الكهربى

الهدف من الدراسة :

إكتساب المهارات والخبرات اللازمة بغرض اصلاح الاعطال الكهربية باستعمال الأدوات والعدد المناسبة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة وفى الوقت المحدد.

التعاريف والمصطلحات الفنية :

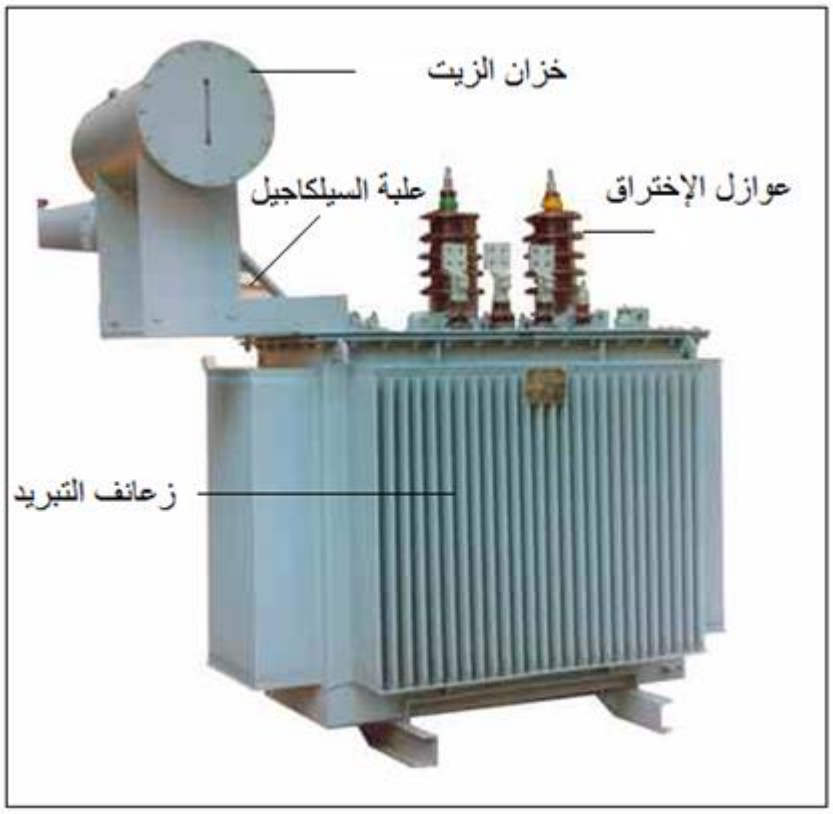
- **الشبكة الكهربية:** هي أداة النقل التي يتم عن طريقها نقل الطاقة الكهربية المنتجة من التوربينات إلى مراكز النقل والتوزيع وتوجد أنواع متعددة من الشبكات ويتوقف نوع الشبكة على نوع التوصيل بها.
- **لوحة بيانات المحول:** يجب أن يحتوي على محول على لوحة بيانات بحيث يسهل التعامل مع المحول بطريقة صحيحة.
- **التوافقيات:** هي عبارة عن موجات كهربية تركب على الموجة الأصلية سواء للجهد أو التيار بتردد مختلف وتتسبب هذه الموجة فى ارتفاع درجة حرارة الآلات والموصلات وتنشا هذه التوافقيات بالشبكة نتيجة بعض الأحمال غير الخطية مثل مغيرات السرعة الالكترونية والثايرستور ومصادر القدرة المستمرة (UPS) وكذلك أفران القوس الكهربي وماكينات اللحام وخلافه هذه الموجات غير مرغوب فيها لما لها من تأثير ضار على منظومة الشبكة الكهربية .
- **بريسبان:** نوع من الورق العازل ذو درجة عزل كهربى كبير ويستخدم فى عزل المكونات الحاملة للتيار الكهربى عن بعضها وبالذات داخل الآلات الكهربية.
- **الحمل الكهربى:** هو كل ما يستهلك طاقة كهربية سواء أكانت للإنارة أو لإدارة الآلات الكهربية.
- **القصر:** هو حدوث تلامس بين الأجزاء الحاملة للتيار الكهربى بأشكال مختلفة وتكمن الخطورة فى مدة دوام حدوث القصر وتقدر هذه المدة بكسور من الثانية وتقوم أجهزة الحماية بفصل التيار الكهربى عن المعدة والا احترقت.
- **توصيلة دلتا ونجمة:** هما نوعان من أنواع توصيل الملفات الكهربية سواء كانت المعدة مولد أو موتور أو محول ويرمز لهما بالرمز Δ والرمز Y على الترتيب.
- **معاوقة المحول:** هي مجموع مركبات المقاومة داخل القلب الحديدى للمحول وتنشأ من وجود مقاومة اومية أو حثية للملفات.
- **الفولت :** هو وحدة قياس الجهد الكهربى.
- **الأمبير:** هو وحدة قياس شدة التيار الكهربى.
- **الأوم:** هو وحدة قياس المقاومة الكهربية.

المعارف النظرية اللازمة :

أعطال المحولات الكهربية

المحول الكهربي عبارة عن آلة أو جهاز كهربي استاتيكى يستخدم لخفض أو رفع الجهد الكهربي لكمية من القدرة الكهربية في مقابل التضحية بأقل نسبة ممكنة من هذه القدرة التي يبددها المحول على هيئة مفقودات حرارية كما يحدث في كل الآلات وقد بدأت الحاجة الملحة إلى استخدام المحول عندما تركز توليد القدرة الكهربية بكميات هائلة في محطات كبيرة وأصبح الأمر يستدعى نقل هذه القدرة إلى مواطن استخدامها مع تكبد أقل كمية ممكنة من المفقودات وذلك عن طريق رفع الجهد الكهربي إلى قيم عالية لخفض قيمة التيار الكهربى وبالتالي خفض حجم الموصلات وخفض المفقودات الكهربية.

يحتوى المحول الكهربائي على دوائر كهربية ودوائر مغناطيسية وتسرى الطاقة الكهربية في الدوائر الكهربية بفعل تشابك الخطوط المغناطيسية بهذه الدوائر ولا توجد في المحول أجزاء دوارة ولذلك يعرف المحول الكهربي بأنه آلة كهربيه إستاتيكية يقوم عملها على أساس التأثير الكهرومغناطيسي ويتكون المحول الكهربي أساسا من ملفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربياً تاما بحيث يكون كل منهما دائرة كهربية مستقلة ويوصل أحدهما إلى المصدر الكهربي المراد تحويل جهده ويسمى لذلك بالملف الابتدائي بينما يوصل الأخر بالحمل ويسمى بالملف الثانوي والشكل رقم (١) محول القدرة.



الشكل رقم (١): محول القدرة

← تصنيف المحولات:

يتم تصنيف المحولات استنادا إلى الأسس الآتية:

- **طبقا لعدد الأوجه.**

١- محول أحادى الأوجه.

٢- محول ثلاثي الأوجه

٣- ستة أوجه أو مضاعفاتها.

- **طبقا لطريقة التبريد.**

١- محولات جافة.

٢- محولات مغمورة فى الزيت.

٣- محولات غازية.

- **طبقا لوضع المحول.**

١- محولات معلقة على الأعمدة.

٢- محولات مركبة داخل كشك.

٣- محولات ثابتة على قاعدة خرسانية.

٤- محولات ثابتة داخل غرف خاصة.

- **طبقا للغرض من تركيب المحول.**

١- محولات القدرة.

٢- محولات توزيع ومنها:

- محولات الربط.
- محولات تنظيم الجهد.
- محولات أجهزة القياس والوقاية:
- محولات التيار ومحولات الجهد ويتم تركيبها داخل لوحات التوزيع.

٤- محولات المقومات.

٥- محولات التأريض.

٦- المحولات الخاصة ومنها:

- محولات أفران الصهر - محولات اللحام بالقوس الكهربى.

٧- المحولات ذات قدرات صغيرة ومنها:

- محولات الأجهزة الكهربية - محولات لعب الأطفال.

← نظرية عمل المحول:

- **في حالة اللاحمل:**

١- عند تسليط جهد المصدر على الملف الابتدائي يتولد فيض مغناطيسي بسبب ظاهرة الحث الذاتي من الملف الابتدائي.

٢- الفيض المغناطيسي يمر في أسهل مسار له وهو القلب الحديدي.

٣- عند مرور الفيض المغناطيسي في القلب الحديدي يقطع ملفات الملف الثانوي فيتولد فى الملف الثانوي قوة دافعه كهربية تتناسب مع الجهد الابتدائي والنسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوي.

٤- عند تولد قوة دافعة كهربية في الملف الثانوي تتولد في الملف الثانوي بسبب الحث الذاتي فيض مغناطيسي أخر يمر في القلب عكس اتجاه الفيض الناتج عن الملف الابتدائي.

٥- الفيض المغناطيسي الناتج عن الملف الثانوي يقطع ملفات الملف الابتدائي فيتولد في الملف الابتدائي قوة دافعة كهربية عكس اتجاه جهد المصدر ومتساوية معه فى القيمة.

٦- نظرا لأن جهد المصدر يساوى قيمة القوة الدافعة العكسية لذلك تكون محصلة الجهد المؤثر على الملف الابتدائي تساوى صفر ولا يمر تيار كهربى في المحول.

- **في حالة التحميل:**

❖ نتيجة وجود معاوقة داخلية لملفات المحول عند توصيل أحمال على الأطراف الثانوية للمحول ينخفض الجهد الثانوي للمحول تبعا لقيمة الحمل وكلما زاد الحمل زاد الانخفاض في الجهد حتى يصل التيار إلى قيمة التيار المقنن فيصل الجهد الثانوي إلي اقل قيمة له.

❖ نظرا لانخفاض الجهد الثانوي مع التحميل فان القوة الدافعة العكسية المتولدة على الملف الابتدائي تنخفض معه.

❖ نظراً لوجود فرق جهد على الملف الابتدائي بين جهد المصدر والقوة الدافعة الكهربية العكسية فيمر التيار الكهربي من المصدر إلى الملف الابتدائي.

← تركيب المحول الكهربي:

تتركب المحولات المغمورة في الزيت من:

- **مكونات داخلية:**

✓ القلب الحديدي.
✓ الملفات.
✓ الزيت.

- **مكونات خارجية:**

✓ الخزان الرئيسي – عوازل الاختراق.
✓ زعانف التبريد – الترمومتر.
✓ مغير الجهد – أطراف التوصيل.
✓ جهاز بوخلز – خزان التمدد.
✓ جهاز التنفس – السيليكاجيل.
✓ مبين مستوى الزيت.
✓ محبس سفلي – طبة علوية.
✓ الفجوة الشرارية.
✓ لوحة البيانات.

- **مكونات المحول من الداخل:**

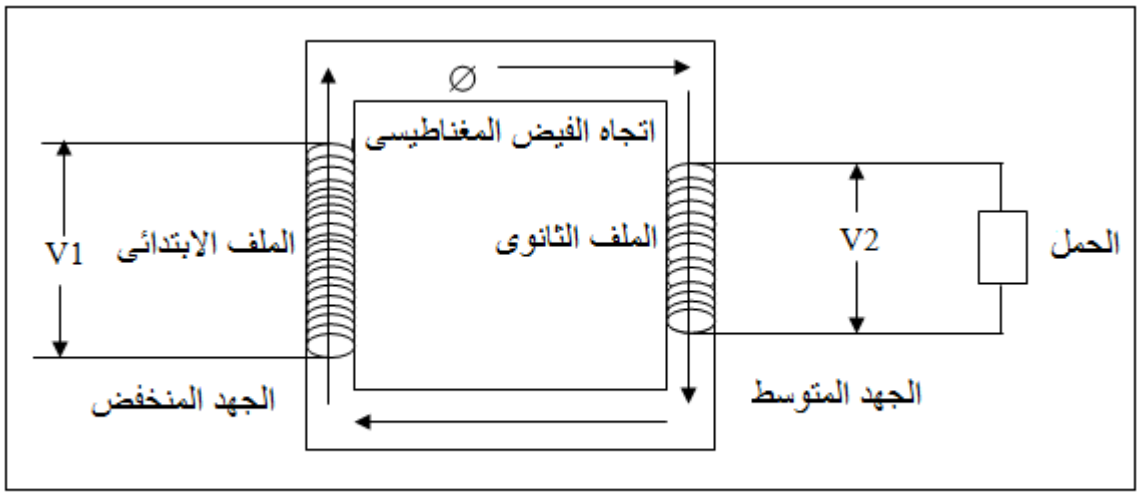
- **القلب الحديدي (الدائرة المغناطيسية): ووظيفته:**

- ✓ حمل و تكثيف الفيض المغناطيسي.
- ✓ حمل الملفات الابتدائية والثانوية والأطراف العازلة.

ويصنع القلب الحديدي من رقائق ذات سمك ٠.٣ مم من مادة الصلب السيليكونى موجه الحبيبات والمدرفل على البارد و يتميز هذا النوع بالآتي:

- ✓ **الصلب:** له كفاءة عالية لتحويل الطاقة نظراً لارتفاع النفاذية النسبية له ويعطي أقل قدر ممكن من مفقودات التيار الإعصارية و الدوامية مما يساعد على رفع كفاءة المحول.
- ✓ **السيليكونى:** حيث يتم عزل الشرائح بعضها البعض بمادة السيليكون السائل لتقليل أثر التيارات الإعصارية والدوامية.
- ✓ **المدرفل على البارد:** يتم درفلة شرائح الصلب من السمك الذي تم تصنيعها عليه (حوالي ٥ مم) إلى السمك الذي سوف يستخدم في المحول (حوالى٠.٣ مم) على عدة مراحل في درجة حرارة منخفضة و ذلك حتى يسهل التعامل معها وتقطيعها بشكل منتظم لتكوين القلب الحديدي.
- ✓ **موجه الحبيبات:** حيث يتم ترتيب بلورات الصلب في اتجاه الدرفلة على البارد حتى لا تسبب مقاومة لمرور الفيض المغناطيسي.

- ✓ **كثافة الفيض:** تتراوح كثافة الفيض داخل الدائرة المغناطيسية بين ١.٦ إلى ١.٨ تسلا (وبر/ م٢ - الوبر = 10^8 خط فيض مغناطيسي) ويراعى عدم زيادة هذه القيمة إلى الحد الذي يسبب تشبع القلب الحديدي ويتسبب تشبع القلب الحديدي في خفض كفاءة التشغيل وظهور توافقيات غير مرغوب فيها والشكل رقم (٢) يمثل الدائرة الكهربية المكافئة للمحول.



الشكل رقم (٢) : الدائرة المكافئة للمحول الكهربى

أنواع القلب الحديدي:

- ✓ **محول قلبي :**

في هذا النوع يكون الصلب محاط بالملفات وفيه يكون الساق رأسياً وذو مقطع شبة دائري ويحمل ملفات أسطوانية والجزء العلوي (الفك) لا يحتوي على ملفات ولكنه يساعد على استكمال الدائرة المغناطيسية بالقلب.

✓ **النوع الهيكلي:**

في هذا النوع تكون الملفات محاطة بالصلب.

- **الملفات (الدائرة الكهربية):**

هي الدوائر التي تحمل التيار الكهربي في المحول.

أنواع الملفات:

✓ **من حيث الشكل:**

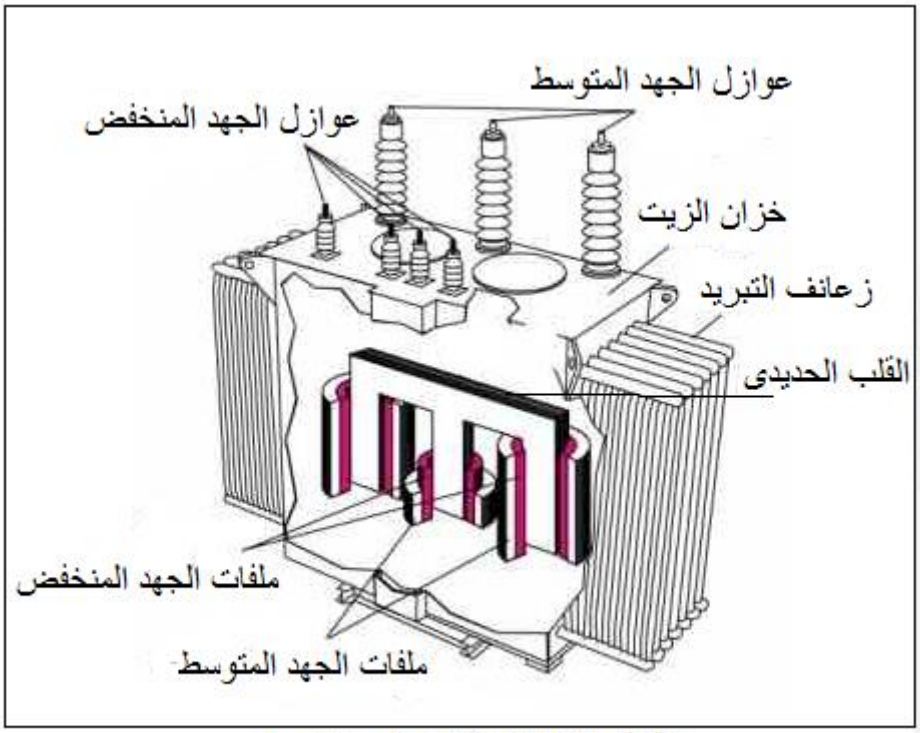
- ملف لولبي.
- ملف حلزوني.
- ملف قرص مستمر (أسطواني)
- ملف قرص متراكب (مفرق)

✓ **من حيث الاتصال بالمصدر والحمل:**

- ملف ابتدائي وهو المتصل بالمصدر.
- ملف ثانوي وهو المتصل بالحمل.

✓ **من حيث الجهد:**

- ملف الجهد العالي: وهو الملف الموجود بالجهة ذات الجهد الأعلى.
- ملف الجهد المنخفض: وهو الملف المتصل بالجهة ذات الجهد الأقل والشكل رقم (٣) يبن ملفات الجهد للمحول.



الشكل رقم(٣) : ملفات الجهد للمحول

مقارنة بين ملفات الجهد المنخفض والمتوسط في محولات التوزيع:

وجه المقارنة	ملف الجهد المنخفض	ملف الجهد المتوسط
عدد اللفات	أقل	أعلى
مساحة المقطع	أكبر	أصغر
مكان التركيب	للداخل	للخارج
نوع الملف	لولبي – حلزوني	أسطواني - قرص مفرق
نوع السلك	مبطط شرائح	سلك دائري
نوع العزل	ورق كهربي عازل (بريسبان)	ورنيش
التوصيل	نجمة مؤرضة	دلتا

- **زيت المحولات:**

وهو زيت تبريد بترولي ناتج من تكرير البترول ويستخدم لغرضين:

- ✓ تبريد المحول عن طريق نقل الحرارة من الملفات إلى زعانف التبريد.
- ✓ عزل الأجزاء الحاملة للتيار الكهربي عن جسم الخزان وعن بعضها والنوع الشائع الاستخدام في المحولات هو ديالا بي وديالا سي .

- **المكونات الخارجية للمحولات المغمورة في الزيت:**

١- جسم الخزان الرئيسي :

يصنع من حديد غير مغناطيسي حيث يشكل سطحه بحيث يكون كافياً لفقد الحرارة الناتجة من المفقودات الكهربية والتي تنتقل إليه بواسطة الزيت.

فائدة الخزان الرئيسي:

- ✓ حماية القلب الحديدي والملفات باحتوائه لها.
- ✓ حمل أطراف ومخارج التوصيل.
- ✓ وضع وحفظ الزيت المستخدم في تبريد وعزل المحول.
- ✓ حمل مواسير (أو زعانف) تبريد المحول.

و من أنواعه:

- ✓ **خزان مسطح مستوى عادي:** ويستخدم للقدرات الصغيرة التي أقل من ٥٠ كيلو فولت أمبير ويكون السطح المستوي كافياً للتخلص من الحرارة المتولدة بالملفات.
- ✓ **خزان ذو أنابيب (مواسير) جانبية:** يستخدم هذا النوع في محولات التوزيع صغيرة القدرة حيث يتم إضافة سطح تبريد على شكل أنابيب خارجية يتم لحامها على جسم الخزان وتكون مساراً متوازياً لدوران الزيت داخلياً.
- ✓ **خزان ذو زعانف خارجية:** تكون عبارة عن جزء من جسم الخزان حيث تشكل زعانف التبريد الأجناب الأربعة للمحولات ويتم لحامهم معاً لتكوين خزان المحولات.

٢- زعانف التبريد:

وظيفتها: زيادة سرعة التبريد عن طريق زيادة مساحة السطح المعرض للهواء الجوي .

٣- أطراف التوصيل:

تستخدم لتوصيل أطراف الملفات من داخل المحول إلى خارج المحول ويختلف شكلها على حسب التيار.

٤- عوازل الاختراق:

وظيفتها:

- ✓ **عزل أطراف التوصيل عن جسم المحول:** تثبيت أطراف التوصيل حتى يسهل ربطها بأطراف الدخول و الخروج (كابلات أو أسلاك هوائية) و يتوقف شكلها على عدة عوامل مثل:
  - ❖ **الجهد المستخدم:** تختلف عوازل الاختراق باختلاف الجهد المستخدم ففي الجهد المنخفض والمتوسط تكون من الصيني والجهد العالي تكون من الصيني المملوء بالزيت أما في الضغط الفائق فتكون على هيئة مكثفات .

❖ **مكان المحول :** (داخل المبنى – خارج المبنى) حيث تكون أطراف التوصيل ومخروطية داخل المبنى وذات مظلات حماية من الأمطار والأتربة خارج المبنى .

٥- الفجوة الشرارية:

لحماية عوازل الاختراق من الجهود الزائدة حيث إنه عند زيادة الجهد ينهار عزل الهواء في هذه الفجوة.

- **مبين درجة الحرارة (الترمومتر):**

ويثبت على السطح العلوي للمحول ويستخدم لبيان درجة حرارة المحول ويجب متابعة درجة حرارة المحولات جيداً حتى لا ترتفع عن الحدود المسموح بها للمحولات المغمورة والجدول التالي (رقم ٢) يوضح الحدود القصوى لدرجات الحرارة الخاصة بمكونات المحول.

الجزء	أقصى ارتفاع لدرجة الحرارة المسموح بها °C
الملفات: (رتبة العزل A)	٦٥° : عندما يكون دورة الزيت طبيعية أو جبرية وغير موجهة . ٧٠° : دورة الزيت جبرية موجهة .
الزيت:	٦٠° : إذا كان المحول مجهز بخزان تمدد . ٥٥° : إذا كان المحول غير مجهز بخزان تمدد .
القلب الحديدي والأجزاء المعدنية:	درجة الحرارة لن تصل (بأي حال من الأحوال) إلى الحد الذي يؤثر على القلب الحديدي.

٦- الخزان الاحتياطي (خزان التمدد):

تركيبه: يكون على شكل أسطواني و حجمه يمثل حوالي ١٠% من حجم الخزان الرئيسي ويتم تركيب مبين مستوى الزيت وجهاز التنفس عليه ويتصل بخزان التمدد بواسطة ماسورة تتصل بخزان التمدد أعلى بعض الشيء من قاع خزان التمدد.

وظيفته: يعمل على توازن الضغط داخل الخزان (ضغط الزيت) وخارجه (الضغط الجوي) وعند تشغيل المحولات على الحمل الكامل فانه تبعاً لخصائص الزيت الطبيعية يتمدد ويزيد حجمه وقد وجد عملياً انه يمكن أن يزيد الحجم بنسبة ٨ % عند التحميل الكامل مع أقصى درجة حرارة محيطة وعلى ذلك لا يمكن ملئ الخزان بالكامل بالزيت ولكن يكون ارتفاع الزيت حوالي٣٠% من ارتفاع خزان التمدد للسماح بتمدد الزيت .

٧- مبين مستوى الزيت:

وظيفته: بيان مستوى الزيت في الخزان الاحتياطي، التأكد من أن مستوى الزيت في الارتفاع بين العلامة السفلية والعلامة العلوية الموجودة على خزان التمدد مما يتيح ضبط مستوى الزيت بين هاتين العلامتين.

يوجد منه نوعان:

- ✓ أنبوبة زجاجية.
- ✓ مؤشر ذو عوامة.

وهو عبارة عن مؤشر يتصل بعوامة داخل الزيت وتكون ثابتة على السطح العلوي للزيت وبالتالي يمكن معرفة مستوي الزيت من تدريج المؤشر الموجود على المبين.

- ❖ فإذا كان المؤشر علي المنطقة الحمراء العليا دل ذلك علي أن مستوى الزيت أعلى من اللازم.
- ❖ وإذا كان على المنطقة الحمراء السفلي دل ذلك علي أن مستوى الزيت أقل من اللازم.
- ❖ وإذا كان على المنطقة الخضراء الوسطي دل ذلك علي أن مستوى الزيت مناسب.

٨- جهاز التنفس:

عبارة عن إناء زجاجي به مادة السيليكاجيل وكمية صغيرة من الزيت في أسفل الإناء ويسمح بخروج الهواء من المحول أثناء تمدد الزيت وكذلك دخول الهواء للمحول أثناء انكماش الزيت حيث تكون كمية الزيت الموجودة بأسفل الإناء بتنقية الهواء الداخل للمحول من الشوائب والأتربة.

٩- السيليكاجيل:

هي عبارة عن ملح بلوري يمتص الرطوبة وظيفته أن يقوم بامتصاص الرطوبة الموجودة بالهواء أثناء دخوله للمحول وبالتالي يمنع الرطوبة من الوصول لزيت المحول.

ألوان مادة السيليكاجيـل:

اللون الأزرق: هو لون المادة الفعالة.

اللون الوردي: هو لون مادة السيليكاجل المشبعة بالرطوبة و يجب تغيرها أو التجفيف في فرن مفتوح درجة حرارته من ١٥٠° إلى ٢٠٠ ° م حتى تستعيد اللون الأزرق مرة أخرى.

اللون الأبيض: هو لون مادة السيليكاجيل المشبعة بالرطوبة و تم تجفيفها عدة مرات وبالتالي لم تعد صالحة لإعادة التجفيف ويتم تغييرها.

اللون الأسود: هو لون مادة السيليكاجيل المشبعة بالزيت حيث يقوم الزيت بسد مسام السيليكاجيل ولا تصلح لإعادة التجفيف ويتم تغيرها

١٠- محبس سفلي:

يستخدم لسحب الزيت من المحول لتغيره أو سحب عينة من الزيت للاختبار.

١١- طبة عليا:

تكون موجودة في أعلى خزان التمدد ويتم تزويد الزيت للمحول من خلالها.

١٢- جهاز بوخلز:

يعمل على حماية المحول من المشاكل التي تحدث داخل المحول وسوف نتعرض لها بالتفصيل لاحقاً.

١٣- مغير الجهد:

وظيفته: يعمل مغير الجهد على ثبات قيمة الجهد المنخفض عند القيمة المقننة في حالة تغير جهد المصدر في حدود ± ٥% عن طريق تغيير نسبة التحويل وذلك بتغيير عدد لفات ملف الجهد المتوسط.

أنواع مغير الجهـــد:

- ✓ **مغير الجهد على الحمل:**

يستخدم هذا النوع في محولات القدرة حيث يتعذر فصل المحول عن الشبكة و تغمر نقط التلامس لمغير الجهد في اسطوانة بها زيت غير قابل للاشتعال ويستخدم هذا النوع في محولات القدرة فقط (محطات المحولات).

- ✓ **مغير الجهد على الدائرة المفصولة:**

و يستخدم هذا النوع في محولات التوزيع ويجب فصل مصدر الجهد المتوسط و كذلك مفاتيح الخروج لعزل المحول تماما عن الشبكة نظراً لخطورة تغير وضع مغير الجهد في وجود جهد على المحول حيث يؤدي ذلك إلى اشتعال زيت المحول.

- ✓ **مغير الجهد على الدائرة المفصولة:**

ولتغيير وضع مغير الجهد و يجب إتباع الآتي:

- ❖ قياس الجهد المنخفض بدقة في حالة اللاحمل.
- ❖ حساب قيمة الجهد المتوسط.

الجهد المتوسط = الجهد المنخفض × نسبة التحويل الخاصة بالنقطة التي يعمل عليها مغير الجهد.

- بعد حساب قيمة الجهد المتوسط يتم اختيار نقطة مغير الجهد التي سوف يتم التغيير عليها بحيث يكون الجهد الاسمي لنقطة مغير الجهد مقارب للجهد المتوسط الفعلي للشبكة.
- يتم فصل جميع المصادر التي يمكن أن تغذي المحول (سكاكين الجهد المتوسط – مفاتيح الجهد المنخفض) يتم استخدام مبين الجهد للتأكد من عدم وجود جهد على المحول.
- يتم تغيير مغير الجهد إلى الوضع المناسب لجهد التشغيل.
- يتم التأكد من تثبيت بكرة مغير الجهد ووصولها إلى وضع التعشيق.
- توصيل الجهد مرة أخري للمحول.

← لوحة بيانات المحول:

يجب أن يحتوي أى محول على لوحة بيانات بحيث يسهل التعامل مع المحول بطريقة صحيحة والبيانات المجودة على لوحة البيانات كالتالي:

- ✓ اسم الشركة المنتجة.
- ✓ نوع المحول.
- ✓ رقم مسلسل.
- ✓ سنة الصنع.
- ✓ التردد.
- ✓ القدرة
- ✓ مجموعة التوصيل الاتجاهية.
- ✓ جهد المعاوقة (المقاومة).
- ✓ زمن القصر .
- ✓ الوزن الكلى.
- ✓ وزن الزيت.
- ✓ طريقة التبريد.
- ✓ التيار المقنن .
- ✓ الجهد المقنن (عند كل نقطة من نقاط مغير الجهد) .

← الإحتياطات الواجب مراعاتها قبل وضع المحول في الخدمة:

يتم مراجعة لوحة البيانات والتأكد مما يلي :

- ✓ تطابق الجهود على لوحة بيانات المحول وجهد الشبكة.
- ✓ التأكد من وضع مغير الجهد على الوضع الملائم لجهد الشبكة.
- ✓ يجب أن تكون قدرة المحول اكبر من قدرة الحمل بحيث تكون قدرة الحمل ≤٨٥% من قدرة المحول.

- **الفحص الظاهري للمحول والتأكد مما يلي :**

✓ عدم وجود أي تسريب في الزيت من جوانات الخزان الرئيسي أو جوانات عوازل الاختراق.

✓ التأكد من نظافة عوازل المحول(البوشينج) وعدم وجود أي كسر أو شروخ بها.

✓ التأكد من ارتفاع مستوى الزيت في زجاجة البيان وألا يكون اقل من العلامة السفلية في خزان التمدد.

✓ التأكد من صلاحية مادة السيليكاجل بحيث يكون لونها أزرق وإذا تغير إلى الأبيض أو الوردي فيمكن تجفيفها في فرن ١٠٠ °م حتى تستعيد لونها الأزرق أو تغييرها.

✓ التأكد من صلاحية الأجهزة الخاصة بالمحول مثل البوخلز والترمومتر.

✓ اختبار المحول والتأكد من سلامة مقاومة العزل ونسبة التحويل واستمرارية التوصيل وعزل الزيت.

✓ في حالة تركيب المحول داخل غرفة يراعى أن تكون غرفة المحول مناسبة مع حجمه ويجب وجود فتحتين للتهوية في اتجاهين متضادين أحداهما قريبة من الأرض لدخول الهواء البارد والأخرى في الاتجاه المضاد أعلى المحول لخروج الهواء الساخن ويجب تغطية هذه الفتحات بسلك شبك معدني.

- **كشك المحول:**

عبارة عن غرفة من الصاج يتم تركيب المحول بداخلها للحفاظ على المحول وملحقاته ومزود بملحقات للتحكم في تشغيل المحول من حيث الفصل والتوصيل وتجزئ قدرة الخرج.

- **مكونات كشك المحول :**

- **جانب الجهد المتوسط:**

✓ **عدد ٢ سكينة (دخول- خروج) للربط الحلقي**: وفى بعض الحالات توجد ٣ سكينة في حالة وجود تفاريع.

✓ **سكينة دخول المحول (وش المحول)**: ويتم تركيب فيوزات المحولات عليها.

✓ **غرفة المحول:** ويتم تركيب المحول داخلها وبها فتحات لتهوية المحول.

ملحوظة:

يتم توصيل أطراف سكينة وش المحول بأطراف الجهد المتوسط بواسطة ٣ فازات منفصلة عن كابل جهد متوسط ويجب تقشير طبقة شبه الموصل بحيث تبعد بدايتها عن نقاط الربط بالسكينة بمسافة ٣٠ سم.

- **جانب الجهد المنخفض:**

✓ مفتاح عمومي.

✓ مفاتيح فرعية (أو فيوزات).

✓ بارات نحاس.

✓ عدد ٣ محول تيار.

✓ عدد ٣ أميتر.

- ✓ عدد ١ فولتميتر.
- ✓ مفتاح قلاب.
- ✓ عداد لقياس الطاقة الفعالة المسحوبة من المحول.
- ✓ مصدر جهد.
- ✓ مصدر إضاءة (لمبة) .
- ✓ فيوزات لحماية أجهزة القياس.
- ✓ أجهزة حماية (مبين تسرب أرضى).
- ✓ تجهيزات خاصة بإنارة الشوارع (خلية ضوئية – كونتاكتور – مفتاح فرعى – تايمر - عداد طاقة فعالة).

← قواعد الأمان للعمل على شبكات توزيع الكهرباء:

- **إجراءات الأمن الصناعي عند العمل في كشك أو محول:**
  - **الفصل الكلى وأسبابه.**
- ✓ عند إجراء الصيانة الجسيمة.
- ✓ عند إجراء صيانة طارئة لسكاكين الدخول والخروج.
  - **الفصل الجزئي وأسبابه.**
- ✓ عند تغيير زيت المحول نفسه.
- ✓ عند تغيير مصهرات الجهد المتوسط للمحول.

- **أهم إجراءات الآمن الصناعي قبل البدء في العمل:**

عند الفصل الكلى:

١- فصل جميع مغذيات الجهد المنخفض بالكشك المراد العمل به.

٢- فصل جميع المغذيات التي يمكن أن تغذى منها الكشك بالتيار من جميع الجهات (محطة - محولات - لوحة توزيع- أكشاك أخري) مع فصل ووضع أرضى على الخط والتفريعة في حالة المحولات المعلقة مع وضع لوحات تحذير (ممنوع التوصيل- عمال قائمون بالعمل).

٣- التأكد من عدم وجود جهد باستخدام مبين الجهد على جميع أطراف السكاكين الموصلة والمفتوحة (الربط).

٤- وضع أرضى على أطراف كابلات الجهد المتوسط التي من الممكن أن توصل التيار الكهربي إلى الكشك.

عند الفصل الجزئي:

أ- عند تغيير زيت المحول أو صيانة المحول نفسه يتم الآتي:

١- فصل جميع مغذيات الجهد المنخفض بالكشك المراد العمل به.

٢- فصل سكينة الجهد المتوسط للمحول من اليد المعزولة أو استخدام الخطاف المعزول مع لبس قفاز عازل.

٣- عمل سور حول الأجزاء الحاملة للتيار ووضع لوحات تحذير عليها (خطر) إذا لم يكن هناك حاجز موجود.

٤- التأكد من عدم وجود جهد على أطراف المحول (دخول – خروج) باستخدام مبين الجهد.

٥- وضع أرضى محلى.

ب- عند تغيير مصهرات الجهد المتوسط للمحول.

١- عند تشعير الفيوزات من الخارج.

٢- وضع التشعيرة المقننة للفيوزات من الداخل.

٣- التأكد من عدم وجود مادة السيليكا داخل الفيوز لإطفاء الشرارة وذلك عند تغيير التشعيرة.

٤- عدم تركيب تشعيرة عارية كفيوز داخل كابينة أو حجرة المحولات أو بالسكاكين المركبة على المحولات المعلقة.

٥- إعداد فيوزات وتشعيرات احتياطي مقننة حسب قدرة كل محول.

التأكد من عدم وجود الجهد:

التأكد من عدم وجود الجهد بالطرق الآتية:

أ- استعمال مبين جهد معتمد ومناسب لجهد المعدة ويجب عند استعمال مبين الجهد إتباع الآتي:

١- الإطلاع على شهادة صلاحيته والتأكد من استمرار سريانها.

٢- أن يكون جافاً ونظيفاً وأن يكون دهان الورنيش إن وجد سليما وليس به أي خدش.

٣- يجب أن يراعى عند مسك المبين باليد عدم تعدى العلامة المحددة لذلك.

٤- اختبار لمبته وصوته بالطريقة المقننة للمبين.

٥- التأكد من عدم وجود الجهد بمكان العمل.

٦- إعادة اختبار لمباته وصوته بالطريقة المقننة للمبين وفى حالة سقوطه أو تخبيطه أثناء العمل فيجب إعادة اختبار لمباته وصوته.

٧- يحظر اختبار مبين الجهد بتقريبه من موصل حي ويجب اختبار مبين الجهد بالطريقة المقننة باستخدام جهاز مبين الجهد طبقاً لتعليمات جهة الصنع.

ب- تتبع الدوائر الرئيسية الناقلة للتيار بالنظر من عزل المعدة وأن جميع السكاكين المتصلة بمصادر التغذية مفصولة.

ج- بالإضافة إلى الطريقتين السابقتين يجب ملاحظة الآتي:

١- عدم صدور صوت للشرارة عند أطراف السكاكين وعلى العوازل والموصلات.

٢- عدم ظهور صوت أو ضوء تأين الهواء (كورونا) حول الموصلات.

٣- عدم وجود صوت بالمحولات.

وضع الأرضي:

١- بعد التأكد من عدم وجود الجهد يتم وضع الأرضي الرئيسي على الثلاثة أوجه للأجزاء الناقلة للتيار التي تم فصلها ومن جميع الجهات التي يمكن عن طريقها وصول الجهد إليها وذلك بتعليمات من مهندس التحكم المتخصص أو المشرف على العمل ويجب تأريض الثلاثة أوجه حتى لو كان العمل على وجه واحد.

٢- يتم عمل أرضى إضافي قبل وبعد مكن العمل ويجب أن تتوافر الشروط الآتية في الأرضي الإضافي بحيث:-

- ✓ ألا يقل مقطع موصلات الأرضي عن ٣٥مم٢ نحاس من السلك الشعر.
- ✓ أن يتم تثبيت كلامبات وصلات الأرضي بواسطة مواسير وألا يقل مقطع التلامس عن مقطع السلك المستخدم.
- ✓ يجب أن يتم فحص موصلات الأرضي الإضافي والكلامبات الخاصة به قبل كل استعمال ودورياً كل ثلاث شهور.
- ✓ يجب ترقيم مجموعات الأرضي الإضافية الموجودة في كل موقع مع ترقيم أماكنها.
- ✓ يجب قياس مقاومة شبكة الأرضي العمومية للمعدة (كشك/ لوحة توزيع) كل عام في الأماكن المحددة لذلك والتأكد من وجود اتصال بين جميع الأجزاء المؤرضة بهذه الشبكة العمومية.

طريقة وضع ورفع الأرضي:

يجب إتباع الخطوات الآتية في وضع ورفع الأرضي:

أ- يجب تفريغ الشحنة الكهربية المحتمل أن تكون بالمعدة قبل وضع الأرضي وان يتم وضع الأرضي بمعرفة شخصين أحدهما من الفئة الرابعة والآخر من الفئة الثالثة في الأمن الصناعي على الأقل وفي توصيل الأرضي الرئيسي يجب أن يكون مسئول التشغيل أو منفذ العمل أحد الأشخاص القائمين بوضع الأرضي.

ب- في حالة وضع الأرضي الإضافي يجب إتباع الخطوات الآتية:

١- تنظيف مكان تثبيت قضيب الأرضي بشبكة الأرضي.

٢- فحص موصلات الأرضي.

٣- تثبيت موصلات قضيب الأرضي بشبكة الأرضي تثبيتا جيداً بواسطة مسامير.

٤- يتم التأكد من عدم وجود الجهد بواسطة مبين الجهد ويتم عمل أرضي مؤقت باستخدام عصا عازلة ويشترط أن يكون السلك المتصل بالعصا معزولا بمادة شفافة للتأكد من سلامته وأن يستخدم القفاز العازل عند مسك العصا.

٥- يتم ربط الأطراف الأخرى لمجموعة الأرضي الإضافي واحد بعد الأخر جهة الموصلات على ألا يتم ربط أي منهما إلا بعد وضع العصا.

٦- عمل سور حول مكان العمل وتعليق لافتات التنبيه والتحذير.

٧- فى كل الأحوال لا يجب العمل قبل تحرير أمر شغل (عمل) بالأعمال المطلوبة.

ج- يتم رفع الأرضي الإضافي بالطريقة الآتية :

١- يتم رفع كلمبات الأرضي الإضافي الموصلة بالموصلات باستخدام العصا العازلة .

٢- يتم فك ورفع كلمبات موصلات الأرضي الإضافي الموصلة بشبكة الأرضي .

← مواصفات زيت التبريد المعدني:

يستخرج الزيت المعدني المستخدم في تبريد المحول من البترول ثم يضاف إلية مادة مانعة للأكسدة ويعتمد أداء المحول إلى درجة كبيرة على خواص الزيت الفيزيائية و الكيميائية والكهربية لذلك يجب أن يخضع زيت المحول لعدة اختبارات تحددها المواصفات العالمية بحيث يحقق مستويات الأداء المطلوبة.

- **أهم خصائص الزيت ما يلي :**

✓ **المظهر:** يدل المظهر الخارجي للزيت على حالته الطبيعية بحيث يجب أن يكون لائقاً وخالياً من المواد العالقة أو الرواسب.

✓ **الكثافة:** يجب ألا تزيد كثافة الزيت عن ٨٩٥ كجم / م٣ وذلك يضمن عدم تجمد الزيت في درجات الحرارة المنخفضة و التي تقل عن –٢٠°م و هذا الشرط غير حيوي في البلدان الحارة.

✓ **اللزوجة:** تؤثر لزوجة الزيت بدرجة كبيرة على عملية التبريد إذ أن حركة الزيت داخل المحول تزداد كلما قلت لزوجته ويجب ألا تزيد لزوجة الزيت عن حد معين حتى لا يكون غليظ القوام مما يعوق حركته داخل مجاري وفراغات المحول.

✓ **نقطة الوميض :**

هي درجة حرارة الزيت التي تكون عندها بخار الزيت المتواجد في الهواء الملامس لهذا الزيت قابلة للاشتعال إذا تعرض لأي لهب أو شرار كهربي ويجب أن تكون أعلى من درجة حرارة الزيت أثناء التشغيل مع اتخاذ هامش أمان كبير نقطة الوميض للزيت من ١٣٠°م إلى ١٤٠°م.

✓ **نقطة الانصباب:**

وهي اقل درجة حرارة للزيت تجعله يتدفق عندها تحت قيمة معينة لفرق الضغط دون حدوث أي معوقات وتعطي مؤشراً لأقل درجة حرارة للوسط الموجود فيه الزيت حيث يمكن لهذا الزيت أن يؤدي وظيفته بأمان و بطريقة سليمة تتراوح بين -٣٠°م ، -٤٥°م .

✓ **محتوى الماء :**

تتأثر خواص الزيت بدرجة كبيرة بوجود الماء فيه حيث أن نسبة ٠.٠٦% من الماء تقلل شدة العزل الكهربي بنسبة ٥٠% وتنص المواصفات القياسية على ألا تزيد نسبة الماء في الزيت الجديد عن ٣٥ مللي جرام / كجم (٣٥ جزء في المليون)يمكن إزالة الرطوبة برفع حرارة الزيت أعلى قليلاً من درجة غليان الماء لفترة طويلة .

✓ **الشدة الكهربية :**

تحدد قدرة الزيت على تحمل المجال الكهربي وتحدد كذلك كفاءة الزيت كمادة عازلة .

✓ **عامل تبريد العزل الكهربي:**

وهو يعطي مقياس للفقد الكهربي داخل العزل وتنص المواصفات على الآتي :

" يكون الحد الأعلى لظل زاوية الفقد ٠.٠٠٥ مقاسه عند درجة حرارة ٩٠°م على أن يكون القياس على عينة جافة مرشحة (مفلترة) وعند إجهاد بين ٥٠٠ فولت / مم و١٠٠ فولت / مم وتردد بين ٤٠ هرتز و٦٢ هرتز " .

← تبريد المحولات:

فى المحولات المغمورة في الزيت يقوم زيت التبريد بوظيفتين أساسيتين هما:

✓ العزل بين الملفات و بعضها و كذلك العزل بين الملفات و القلب الحديدي للمحول.

✓ المساعدة في عملية تبريد قلب المحول و ملفاته و يتم ذلك عن طريق انتقال الحرارة المتولدة في القلب و الملفات إلى الزيت المحيط بها من خلال العوازل الصلبة و يقوم الزيت بنقل تلك الطاقة الحرارية أما إلى

خزان المحول و ملحقات التبريد الخاصة به أو إلى أسطح منفصلة أكثر برودة (على حسب طريقة تبريد المحول) ويتم بعد ذلك تخليص المحول من تلك الحرارة.

▪ وقـايـة المحـول:

▪ الفيوزات:

تعتبر الفيوزات هي خط الدفاع الأول فى حماية المحول ومن الإجراءات الواجب مراعاتها عند تغيير الفيوزات للمحول:

١- التأكد من فصل الجهد باستخدام مبين الجهد.

٢- استخدام قفاز عازل.

٣- عدم تشعير الفيوزات واستخدام تشعيرات مقننة و ذلك لعدم القدرة (عملياً على تحديد مقنن تيار انصهار التشعيرة العشوائية) .

٤- عند وضع التشعيرة المقننة داخل الفيوز يجب إعادة ملئ جسم الفيوز بمادة السيليكا الناعمة والتي تساعد على إطفاء الشرارة التي تحدث لحظة انصهار الفيوز مما يقلل من خطرها.

▪ تزود المحولات بأجهزة تعمل على وقايتها من حدوث الأخطار.

ويمكن تقسيم هذه الأجهزة إلى مجموعتين:

- ✓ أجهزة وقاية من الأخطاء التي يتعرض لها المحول من الداخل ومنها جهاز بوخلز.
- ✓ أجهزة وقاية من الأخطاء التي يتعرض لها المحول من الخارج ومنها:
  - ❖ متمم الوقاية التفاضلية.
  - ❖ متمم انعكاس القدرة.
  - ❖ متمم التسرب الأرضي.

▪ من أجهزة الوقاية الخاصة بالمحول جهاز بوخلز:

فائدته:

هذا الجهاز يوفر الحماية للمحول من حيث:

- ✓ **حماية كهربية:** حيث يتمم دائرة القاطع ويفصل المحول عن الشبكة ويتمم دائرة الإنذار.
- ✓ **حماية ميكانيكية:** حيث أنه مزود بصمامات لخروج الزيت عند زيادة ضغطه عن حد معين وبذلك يمنع خزان الزيت من الانفجار.

تركيبه:

- **الوعاء الخارجي:**

يتركب من إناء ذو غطاء بين خزان الزيت الرئيسي وخزان التمدد ومزود بصمام لخروج الزيت الزائد ويوجد عليه أطراف التوصيل وكذلك صمام خروج بخار الزيت كما يزود بفتحة زجاجية أعلي الإناء ومنها يمكن معرفة نوع العطل بمعرفة لون البخار الناتج فإذا كان:

- ✓ لونه أصفر: يدل علي احتراق الورق العازل بين الملفات.
- ✓ لونه أصفر: يدل علي احتراق الخشب والفيبر العازل.
- ✓ لونه أسود: يدل علي تحلل الزيت واحتراقه وهو أشد الأعطال.

- **العوامتان:**

تثبت كلا منهما علي محور منفصل عن الأخرى واحداهما علوية والأخرى سفلية مثبت عليهما نقاط تلامس زئبقية لتكملة دائرة كهربية للإنذار أو لقفل الدائرة الخاصة بالقاطع الرئيسي.

- **نظرية تشغيل الجهاز:**

- ✓ عند حدوث أحمال زائدة جدا ترتفع درجة حرارة الزيت حتى يغلى ويزداد معدل البخر له فيتجمع البخار أعلى إناء الجهاز مما يتسبب فى الضغط علي العوامة العلوية فتتحرك إلى أسفل مسببة توصيل دائرة الإنذار.
- ✓ عند حدوث قصر فان ضغط الزيت داخل الخزان الرئيسي يزداد ويندفع الزيت بسرعة إلي خزان التمدد وعند مروره علي جهاز بوخلز يضغط علي العوامة السفلية مسببا قفل دائرة القاطع الرئيسي للمحول وفى نفس الوقت يكون زيادة البخار داخل المتمم قد سبب حركة العوامة العلوية وبالتالي الإنذار.

← كفاءة المحول:

كفاءة المحول هي خارج قسمة قدرة خرج المحول مطروحاً منه المفقودات داخل المحول على قدرة الدخل.

- **مفقودات المحول:** تنقسم إلى:

أ- **مفقودات اللاحمل:** وهي المفقودات التي يتم فقدها في المحول عندما يسلط على أحد ملفاته الجهد المقنن وبالتردد المقنن بينما يكون الملف الأخر مفتوحاً ومنها:

- **فقد التخلف في شرائح القلب الحديدي:** يتسبب مرور التيار المتردد في ملفات المحول في إيجاد منحنيات التمغنط في القلب الحديدي ونتيجة لمروره فى الاتجاه المعاكس يكون للمنحنيات اتجاهات متضادان فكلما تغير اتجاه المغنطة تتغير أقطاب الجزيئات المغناطيسية وهذا يؤدى إلى فقد في قدرة المحول:

- **فقد التيارات الإعصارية في شرائح القلب:** تعرف التيارات الإعصارية في القلب الحديدي بأنها التيارات الناتجة في القلب نتيجة تغير الفيض المغناطيسي باعتبار أن القلب مادة موصلة للكهرباء وهذه التيارات الإعصارية غير مرغوب فيها .
- **فقد التيارات الإعصارية الشاردة في رباطات ومسامير القلب** ولتقليل هذا الفقد يتم الاعتناء بربطات وتجميع القلب الحديدي.
- **فقد نتيجة تيار اللاحمل:** تيار اللاحمل هو التيار الذي يمر في الملف الأول عندما يسلط عليه الجهد المقنن وبالتردد المقنن عندما يكون الملف الآخر مفتوح ويكون غالباً في حدود من ١-٢% من تيار الحمل الكامل.

ب- مفقودات الحمل:

عبارة عن الفقد نتيجة تيارات الحمل ويكون عبارة عن القدرة المسحوبة بواسطة المحول عند عمل قصر (تلامس)على أحد ملفاته بينما يتم تسلط جهد المعاوقة على الملف الآخر حيث لا تظهر مفقودات اللاحمل في حالة القصر نظراً لانخفاض قيمة الجهد الذي لا يتعدى

التطبيقات العملية لاصلاح الأعطال فى الدوائر الكهربية – المحول الكهربى

أهداف التطبيق:

إكتساب المهارات العملية اللازمة فى اصلاح اعطال الدوائر الكهربية حتى نتمكن من أداء المهام الموكلة بدقة وسرعة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة.

تمرين: اختبار نسبة التحويل للمحول:

أ) ظروف الأداء :

الخامات	العدد والمعدات	التسهيلات الأخرى
- عدد من الكوس مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات. - عدد من الترامل مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات - فوطة صفراء. - شريط لحام.	- المحول المراد قياس نسبة التحويل له. - عصا اختبار الجهد. - جهاز أفو ميتر. - أسلاك توصيل. - تأكد من توفر الطرف الأرضي بالورشة. - تأكد من وجود مصدر ٣٨٠ فولت بالورشة.	- ملابس حماية ومهمات الأمان الصناعي. - موقع عمل مناسب. - رسم تنفيذي.

ب) الأداء:

← صفات الهدف التدريبى:

- **الغرض من الاختبار**: قياس نسبة التحويل للمحول والتأكد من سلامتها عند جميع نقاط مغير الجهد.

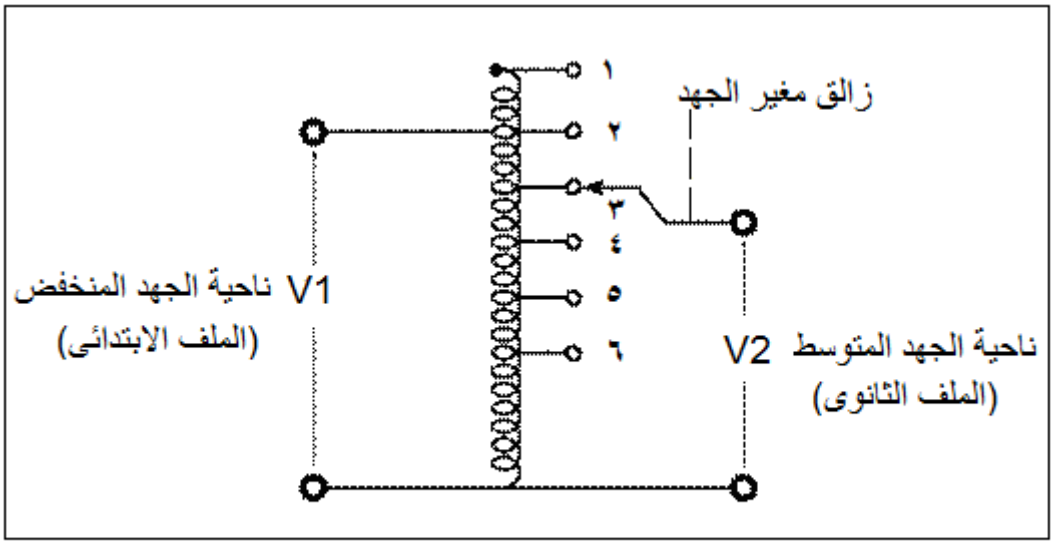
نقاط مغير الجهد =	V1	=	N1	نسبة التحويل T . R =
	V2		N2	

حيث N1 هي عدد لفات الملف الابتدائي، N2 هي عدد لفات الملف الثانوي وكذلك V1 هو الجهد المسلط على الملف الابتدائي وكذلك V2 هو الجهد المولد على أطراف الملف الثانوي و T . R هي نسبة التحويل للمحول.

- **الإحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل الاختبار:**
  - فصل المحول من جانب الجهد المتوسط وجانب الجهد المنخفض.
  - نظافة أطراف التوصيل.
  - فصل مصدر الجهد قبل تغيير وضع مغير الجهد .
  - مراعاة قواعد الأمان عند الفصل الجزئي للمحول .

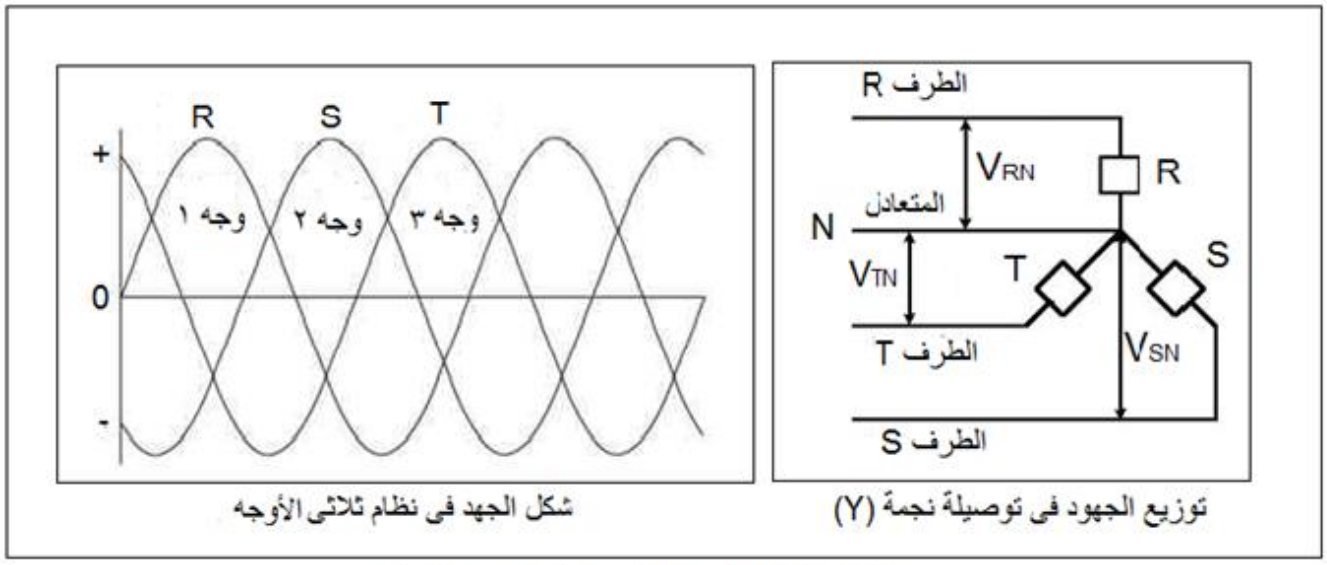
← خطوات التدريب العملي:

- ضبط مغير الجهد على الوضع رقم (١) والشكل رقم (٤) يبين أوضاع مغير الجهد.



الشكل رقم (٤) : مغير الجهد وشكل الجهد ناحية الجهد المنخفض والمتوسط

- نسلط جهد ثلاثي الأوجه ٣٨٠ فولت على جانب الجهد المتوسط والشكل رقم (٥) توزيع الجهود فى نظام ثلاثى الأوجه.



الشكل رقم (٥) : شكل الجهود فى توصيلة نجمة

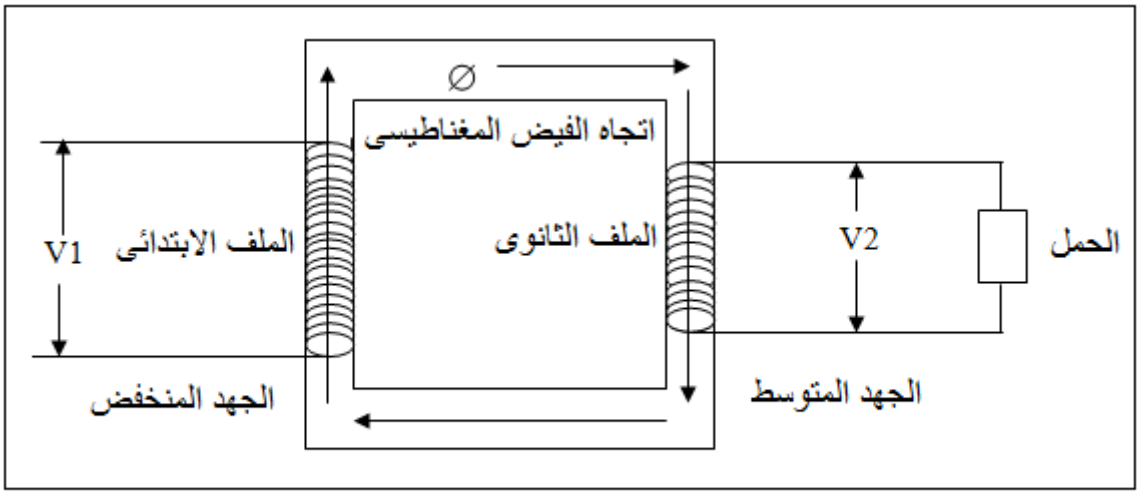
- نقيس جهد الخط على جانب الجهد المنخفض وكذلك جهد الوجه.

ملاحظة:

جهد الوجه: المقصود به هو الجهد بين الملف رقم R والطرف المتعادل (V_{RN}) وهكذا بالنسبة للوجهين الآخرين رقم S ورقم T.

جهد الخط: المقصود به الجهد بين الملف رقم R والملف رقم S مثلاً (V_{RS}) وهكذا بالنسبة للخطين الآخرين رقم S ورقم T (V_{ST} وV_{RT}) كما بالشكل رقم (٥) .

- نقسم جهد الخط (V2) في الجانب المتوسط على جهد الخط (V1) في الجانب المنخفض ونقارن الناتج بنسبة التحويل الخاصة بالنقطة رقم (1) لمغير الجهد في لوحة البيانات الخاصة بالمحول (البيانات بكتيب المصنع المرفق مع المحول) كما فى الشكل رقم (٦).



الشكل رقم (٦) : الجهد المنخفض والمتوسط فى المحول

- نقوم بفصل مصدر الجهد عن المحول.
- نقوم بتغيير مغير الجهد على الوضع رقم (٢) ونكرر الخطوات السابقة.
- نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع (٣) ونكرر الخطوات السابقة.
- نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع (٤) ونكرر الخطوات السابقة.
- نفصل المحول ونغير وضع مغير الجهد إلى الوضع (٥) ونكرر الخطوات السابقة.

الاستنتاج:

كما فى الشكل رقم (٦) عند القياس:

١- يجب تساوي جهد الوجه على الخطوط الثلاثة $V_{RN} = V_{SN} = V_{TN}$.

٢- يجب تساوي جهد الخط على الخطوط الثلاثة $V_{RS} = V_{ST} = V_{RT}$.

٣- يجب أن تتساوى نسبة التحويل المقاسة مع نسبة التحويل الاسمية الموجودة على لوحة بيانات المحول.

٤- يجب ألا تتعدى السماحية ٠.٥% من نسبة التحويل الاسمية.

← نسبة التحويل الاسمية لمحول ١١٠٠٠/٤٠٠ فولت أمبير.

وضع مغير الجهد	الجهد الابتدائي " فولت "	الجهد الثانوي " فولت "	نسبة التحويل
١	١١٥٥٠	٤٠٠ / ٢٣١	٢٨.٨٧
٢	١١٢٧٥		٢٨.١٨
٣	١١٠٠٠		٢٧.٥
٤	١٠٧٢٥		٢٦.٨١
٥	١٠٤٥٠		٢٦.١٢

جـ) معايير الأداء:

البند	المعايير
تجهيز العدد	تجهيز العدد اليدوية - تجهيز الورشة- تجهيز أدوات القياس والمراجعة- تجهيز وسائل مصادر التغذية- تجهيز المحول.
تجهيز الخامات	تجهيز أدوات النظافة (فوط صفراء- كهن- منظفات سائلة وطيارة).
	تجهيز الفوط الصفراء والمنظفات الطيارة.
التنفيذ	تطبيق قواعد السلامة أثناء العمل.
	القيام بالقياسات اللازمة قبل تنفيذ الاختبار(قياس جهد المصدر بالورشة- تجربة عصا الاختبار قبل بدء العمل فيه.
	فك أطراف المحول قبل الاختبار- إعادة التربيط على الإطراف بعد انتهاء الاختبار.
	استخدام أجهزة القياس المختلفة وطريقة التعامل معها.
معايير السلامة	ارتداء ملابس الوقاية الشخصية.
	تداول ومناولة الخامات والعدد بطريق آمنة.
	الاستخدام الأمثل والآمن للعدد والأجهزة.
	إتباع تعليمات الأمن والسلامة والصحة المهنية.
التنظيف والترتيب	نظافة مكان العمل.
	نظافة العدد وتخزينها بعد الانتهاء من العمل.
	إعادة الخامات الزائدة وتخزينها بطريق صحيحة.
	إزالة المخلفات بطريقة صحيحة وآمنة.