2019

انهيار العزل الكهربى

تحديد العطل وطرق الاصلاح

اعداد مهندس/ السيد منصور- كبير مهندسين بهيئة الطاقة الجديدة
(مركز تكنولوجيا طاقة الرياح بالغردقة)

وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة - هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
1/1/2019

بسم الله الرحمن الرحيم

((وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّى إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَاهُ لِبَلَدٍ مَيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ كَذَلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَى لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ)) صدق الله العظيم .

سورة الأعراف- الأية 57.

البيانات الشخصية

Web Site : NREA.org.eg

E-mail : sayedmansour_1960@yahoo.com

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

Tel. No. : 01009402423

اللهم إنى أحتسب هذا العمل صدقة جارية على روح زوجتى الغالية ... اللهم اغفر لها وارحمها واجعل الفردوس الأعلى من الجنة منزلها.

مقدمـة :

استغلّ الإنسان منذ القدم طاقة الرياح في العديد من المجالات، فمن أشهر الاستخدامات القديمة لطاقة الرياح هي دفع السفن الشراعية وطحن الحبوب عن طريق طواحين الهواء والتي كان يتمّ تحويلها إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ لتدوير الطواحين، ومضخّات الرياح التي كانت تستعمل لضخ المياه أيضاً.

أمّـا بعـد اكتشـاف الاسـتخدامات المتعـدة للوقـود الأحفـوري واكتشـاف المضـارّ المترتبـة عليـه، وخوفـاً مـن نضـوبه أيضـاً، فـإنّ العـالم أصـبح مهتمّـاً بطاقـة الريـاح بشـكلٍ أكبـر مـن قبـل وذلـك لتوليـد الطاقـة الكهربائيـة باسـتخدام طاقـة الريـاح، فيـتمّ توليـد الكهربـاء مـن الريـاح باسـتخدام التوربينـات، فكانـت أولّ مـرةٍ يـتمّ فيهـا تحويـل طاقـة الريـاح إلـى طاقـةٍ كهربائيـةٍ فـي اسـكتلندا فـي عـام 1887 م إلّا أنّ هـذا الاختـراع لـم ينـجح حينهـا لتكلفتـه العاليـة، ولكـن قـام العلمـاء بعـدها بـالتطوير بشـكلٍ مسـتمر علـى الوسـائل المختلفـة لاسـتغلال طاقـة الريـاح حتـى أضـحت الريـاح المولـدة مـن التوربينـات والتـي توجـد بأشـكال وأحجـام مختلفـة بنـاءً علـى الغـرض منهـا تكفـي لتوليـد الكهربـاء لمـدنٍ بأكملهـا، ويـتمّ تركيـب توربينـات الريـاح فـي المنـاطق التـي تتمتـع بسـرعات ريـاح عاليـة كمـا هـو الحـال فـى المنـاطق الريفيـة والمنـاطق السـاحلية كمـا فـى منطقـة خلـيج السـويس بمصـر، ويوجد عددٌ كبيـر مـن مـزارع الريـاح فـي مختلـف انحـاء العـالم والتـي تولـد آلافـاً مـن الميجـا واط كمـا فـي الصـين والولايات المتّحدة الأمريكية والمانيا والدنمارك واسبانيا.

واصـبحت طاقـة الريـاح تمثـل نسـبة كبيـرة قـد تصـل الـى ربـع انتـاج المحطـات التقليديـة مجتمعـة كمـا هـو الحـال فـــــى الولايـــــات المتحـــــدة وألمانيـــــا والصـــــين والـــــدنمارك واســـــبانيا.

الفهرس

المحتويات	رقم الصفحة
مقدمة	4
المحتويات (الفهرس)	5
التعاريف والمصطلحات الفنية.	6-7
معلومات السلامة والصحة المهنية.	8-11
المعارف النظرية :	12
المفاهيم الأساسية لإصلاح العطل .	12
-- المفاهيم الأساسية للتشغيل الصحيح والآمن.	12
--إصلاح الأعطال نتيجة انهيار العزل الكهربي.	12
-- الهدف من دراسة عطل انهيار العزل الكهربي.	13
-- التعرف على جهاز القياس.	13
-- تركيب جهاز الميجر.	14
-- أطراف الميجر.	15-17
-- مكونات التيار المقاس.	18
-- توصيل جهاز الميجر في الدائرة.	18-19
-- احتياطات توصيل الجهاز	20
-- تقييم حدود قراءة الجهاز.	21
-- الأجهزة والأدوات المستخدمة في القياس	22
-- الخطوات المتبعة فى القياس.	22
-- قياس استمرارية التوصيل فى الدائرة الكهربية باستخدام جهاز الميجر.	23-25
-- قياس شدة التيار في الدائرة الكهربية بجهاز الكلامبميتر.	26-29
إصلاح العطل نتيجة انهيار العزل الكهربى للكابلات.	30
المفاهيم الأساسية لعمل علب الاتصال.	31-33
-- أنواع الأعطال في الكابلات.	34
-- عوامل انهيار عزل الكابلات المعزولة بالبولي اثيلين.	35
-- مكونات الكابل.	36-39
-- تجهيز الكابل لعمل نهاية .	40
-- احتياطات مرحلة الكبس.	41
-- طريقة عمل الوصلة.	42
-- الأخطاء الشائعة عند عمل الوصلة.	42-43
التطبيقات العملية	44-51

التعاريف والمصطلحات الفنية :

- **مزارع الرياح:** هي مجموعة من توربينات الرياح المتواجدة في مكان واحد يتم توصيلها سويا لتوليد الطاقة الكهربية التي تنقل عبر خطوط النقل والتوزيع للمستهلكين.
- **الكابل :** هو موصل معزول يستخدم في نقل القدرة الكهربية من أماكن التوليد حتى أماكن الاستهلاك .
- **الكابلات الأرضية:** الكابلات الأرضية هي وسيلة من وسائل نقل القدرة وتوزيعها من مناطق التوليد إلى مناطق الاستهلاك وتكون هذه الكابلات مدفونة تحت الأرض .
- **الخطوط الهوائية:** وسيلة أخرى من وسائل نقل القدرة الكهربية بين منطقة التوليد والاستهلاك وتكون محمولة على أبراج وغالباً ما يتم نقل القدرة الكهربية عبر مسافات طويلة واجتياز وعبور أى موانع طبيعية (طرق- ترع وأنهار- سكك حديدية).
- **القصر:** هو حدوث تلامس بين موصلين أو أكثر يحملان تيار كهربى (قافلة) كبير ويجب فى أجهزة الحماية أن تقوم بفصل الدائرة بسرعة حتى لا تحدث خسائر.
- **التأريض:** هو توصيل جسم المعدة بالأرض عن طريق موصل جيد يصنع من النحاس تكون مقاومته الكهربية صغيرة حتى يسهل تسريب الشحنة إلى الأرض بسهولة فى حالة حدوث قصر.
- **الفولت :**هو وحدة قياس الجهد الكهربى.
- **الأمبير:** هو وحدة قياس شدة التيار الكهربى.
- **الأوم:** هو وحدة قياس المقاومة الكهربية.
- **الموصلات المصمتة والمجدولة:**الموصل المصمت هو الذي يتكون من شعرة واحده أما المجدول فهو يتكون من عدد من الشعيرات.
- **كابل ثلاثي الأوجه:** كابل يتكون من ثلاثة موصلات معزولة عن بعضها (3 phase).
- **الشفرات:** تعرف الشفرات بأنها الريش الخاصة بالتوربينة والتي تستخلص الطاقة الميكانيكية من الرياح لتحويلها إلى صورة أخرى من صور الطاقة, كالطاقة الكهربية والطاقة الميكانيكية وتصنع الشفرات عادة من مادة خفيفة الوزن كمادة الفيبرجلاس والخشب ومادة الكربون.
- **سرعة الرياح:** هي المسافة التي تقطعها الرياح في زمن معين وتقاس بالمتر/ ثانية.
- **اتجاه الرياح:** هو الإتجاه الجغرافي الذي تهب منه الرياح واتجاه الرياح السائد في منطقة ما هو الإتجاه الأكثر شيوعا في هذه المنطقة.

- **زاوية الخطوة:** هي الزاوية التي بمقتضاها يتم تثبيت الريشة بالصرة.
- **الجيجا وات:** هو وحدة قياس القدرة الكهربية وهى تساوى 10^9 واط .
- **التيرا وات:** وحدة من وحدات قياس القدرة الكهربية وهى تساوى 10^{12} واط .

معلومات السلامة والصحة المهنية:

- تعرف السلامة والصحة المهنية بأنها العلم الذي يهتم بالحفاظ على سلامة وصحة الإنسان ، وذلك بتوفير بيئات عمل آمنة خالية من مسببات الحوادث أو الإصابات أو الأمراض المهنية ، أو بعبارة أخرى هي مجموعة من الإجراءات والقواعد والنظم في إطار تشريعي تهدف إلى الحفاظ على الإنسان من خطر الإصابة والحفاظ على الممتلكات من خطر التلف والضياع.

- تطبق لوائح وأنظمة السلامة بالموقع بكل دقة لإلزام العاملين على استخدام مهمات الوقاية الشخصية وتنظيم برامج التوعية لهم لتوضيح فوائدها لتجنب وقوع الإصابات لهم بجانب عمليات الفحص والصيانة والنظافة المستمرة لهذه المهمات.

أثناء تواجدك في موقع العمل يجب عليك اتباع مايلي:

- الالتزام بارتداء ملابس ومهمات السلامة والوقاية مثل الخوذة والنظارة الواقية والحذاء الواقي والأحذية العازلة للتيار الكهربائي والقفاز وملابس الحماية وحزام الأمان كما بالشكل رقم (1).

الشكل رقم (١) :مهمات السلامة والوقاية

- نستخدم أحزمة الأمان لوقايتك من مخاطر السقوط من أماكن مرتفعة عند الصعود إلى أعلى التوربينة حيث يتم تزويد هذه الأحزمة بوسيلة تثبيت بجسم العامل ووسيلة تثبيت أخرى يتم توصيلها بجسم ثابت بمكان العمل كما هو موضح بالشكل رقم (2).

الشكل رقم (٢) : حزام الأمان

- نحرص على تنظيم وترتيب العدد والأدوات بعد انتهاء العمل.
- نداوم على المحافظة على نظافة الورشة وموقع العمل ونشر الملصقات الخاصة بالسلامة والصحة المهنية في أماكن واضحة بالورشة ومكاتب العاملين كما بالشكل رقم (3).

الشكل (٣): ملصقات السلامة والوقاية

عند العمل بأجهزة القياس الكهربية ومهمات الكابلات يجب مراعاة احتياطات السلامة والتعليمات الآتية :

- التأكد من فصل التيار قبل البدء فى العمل وخاصة فى الكابلات المحملة سابقا وعمل قصر (قافلة) على أطراف الكابلات للتأكد من خلوها من الشحنات والتيار.
- العمل الفني يجب أن يتم بواسطة الفنيين أنفسهم ولا داعي لإشراك العمال في الأماكن الهامة والحساسة للكابلات مثل (نزع التسليح أو قطع الحشو أو قطع الشريط النحاسي أو نزع شبه الموصل).
- متابعة العمال في تنفيذ المهمات لهم كالحفر أو النظافة أو فك أجزاء من الصناديق أو اللوحات أو المساعدة في الأعمال الأخرى .
- القراءة بعناية للتحذيرات الموجودة على أجزاء مهمات العمل في كتيب التشغيل وإتباعها بدقة وفي حالة عدم الاستطاعة يطلب من المهندس أن يشرحها ويتم تدوين المعلومة.
- الاهتمام بأن يكون مكان العمل دائماً مرتباً ونظيفاً .

- يجب إرجاع أمر الشغل وإرجاع الوضع كما كان سابقًا والانتظار حتى يتم التوصيل والاطمئنان على سلامة العمل والعاملين .
- اختبار جهد الاجهزة الكهربية قبل العمل بها.
- فحص الكابلات بدقة والتأكد من عدم وجود تشققات بها من الخارج .
- يحذر استعمال أى الات حادة غير مخصصة لهذا الغرض فى التعامل مع الكابلات عند تنفيذ علب الاتصال والنهاية بالكابل.

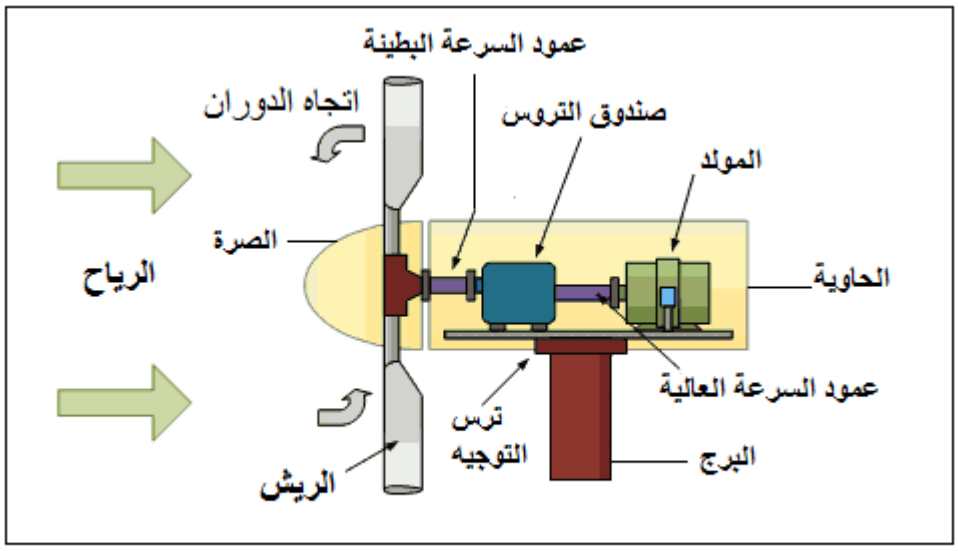
قياس العزل الكهربي للآلات الكهربية وتنفيذ علب الاتصال ونهايات الكابلات.

المعارف النظرية اللازمة:

المفاهيم الأساسية للتشغيل الصحيح والآمن

تتعرض التوربينات في مزارع الرياح لكثير من الأعطال منها الأعطال الخفيفة مثل عطل ضبط الفرامل الميكانيكية أو إعادة إدخال البيانات لوحدة التحكم (الكمبيوتر) أو عطل عدم توجه التوربينة ذاتياً ناحية اتجاه هبوب الرياح ومنهاالأعطالالجسيمة مثل انهيار العزل الكهربي للمولد أو الكابلات الكهربية أو المحول الكهربي أو تلف وحدة صندوق التروس أو حدوث تشققات في سطح الريش أو ملاحظة وجود تشققات بقرص الفرامل الميكانيكية وهذه الأعطال الجسيمة تحتاج إلى أموال باهظة لإعادة الإصلاح لذا وجب اتخاذ الإجراءات الاحترازية (إجراء الصيانة الروتينية والفحص الدوري في الفترات المحددة لها) لمنع حدوث هذه الأعطال الجسيمة أو التنبأ بها قبل وقوعها والشكل رقم (4) يبين أجزاء التوربينة المختلفة الأكثر تعرضا للتلف.

أمافي حالة حدوث تلك الأعطال نتيجة لأي سبب من الأسباب كانهيار العزل الكهربي نتيجة لعامل تقادم المعدة أو حدوث قصر في إحدى دوائر التوربينة نتج عنه تلف المولد أو المحول أو تلف في كابلات القدرة التي تربط بين التوربينة والمحول المربوطة عليه فإن ذلك يتطلب تدريب المهندسين والفنيين على كيفية التعامل مع هذه الأعطال الجسيمة والعمل على إصلاحها.



الشكل رقم (٤) : مكونات التوربينة

إصلاح الأعطال نتيجة انهيار العزل الكهربي للآلات الكهربية

← انهيار العزل الكهربي:

سنتعرض لكيفية قياس مقاومة العزل الكهربي لبعض أجزاء توربينة الرياح مثل المولد وموتور التوجيه والمحول الكهربي واستمرارية التوصيل في الدائرة باستخدام جهاز الميجر وكذلك استخدام جهاز الكلامبميتر لقياس شدة التيار في الدائرة بدون الحاجة لفصل الدائرة تمهيدا لإصلاح العطل لضمان التشغيل الآمن للتوربينات.

- **الهدف من دراسة عطل انهيار العزل الكهربي:**

- التعرف على جهاز مقاومة العزل الكهربي (الميجر).
- كيفية قياس مقاومة العزل للمحركات والمولدات الكهربية بأنواعها.
- كيفية قياس مقاومة العزل للكابلات الكهربية بأنواعها.
- كيفية قياس استمرارية التوصيل في الدوائر الكهربية بأنواعها.
- التعرف على جهاز الكلامبميتر.

- **التعرف على جهازالميجر (MEGER) :**

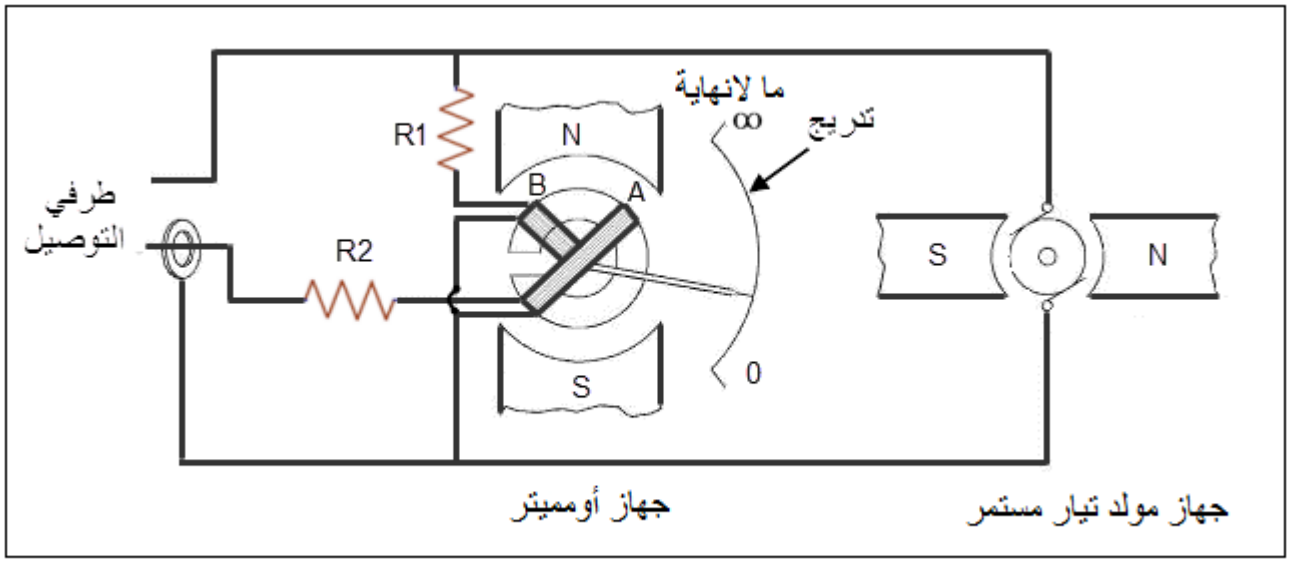
- **جهاز الميجر:** كلمة ميجر (mega ohm tester) هو جهاز قياس الميجا أوم وهو جهاز أوممیتر محمول ذو مدى استخدام واسع من القراءات يحتوى على مولد تيار مستمر ويعطى قراءة مباشرة لمقاومة العزل بالأوم أو بالكيلوأوم أو الميجا أوم أو التيرا أوم حسب المدى ويستخدم الميجر في قياس مقاومة العزل في الأجهزة الكهربية مثل المولدات والمحركات والمحولات والكابلات الكهربية بين الأوجه وبعضها البعض أو بين الوجه الواحد والأرضى كما يستخدم لقياس استمرارية التوصيل في الدوائر الكهربية المختلفة وقياس مقاومة الأرضي.

ويوجد من جهاز الميجر العديد من الأشكال والأنواع والموديلات تختلف عن بعضها البعض بحسب الغرض المصممة من أجله والمدى الذي تقيسه وطريقة عرض النتائج وكذلك الجهد المستمر الذي تولده وطريقة توليده (يدوياً أو ببطارية داخلية أو من مصدر التيار المتردد).

- **تركيبه:**

يتركب جهاز الميجر من مولد كهربي للتيار المستمر لتوليد جهد عالي وجهاز أوموميتر لقياس قيمة المقاومة للعزل مباشرة كما بالشكل رقم (5).

ويتكون الجزء المتحرك من الأوموميتر للجهاز من ملفين (A&B) وعند تشغيل الجهاز يمر تيار في الملف B خلال المقاومة R1 مما يجعله يتعامد مع المجال الناشئ من المغناطيس الدائم فينحرف المؤشر أقصى انحراف عكس عقارب الساعة مشيرا إلى ما لا نهاية (∞) على التدريج وهى قيمة المقاومة المقاسة وعندما يحدث قصر بالأطراف (حدوث تلامس بينها) يمر تيار في الملف A خلال المقاومة R2 فينحرف في اتجاه عقارب الساعة عكس الانحراف الأول ومع اتزان العزم الناشئ من الملفين يتوقف المؤشر في مكان ما مشيراً إلى قيمة المقاومة المقاسة على التدريج .



الشكل رقم (٥) : التركيب الداخلى لجهاز الميجر

والشكل رقم (6) يبين شاشة لجهاز الميجر مبيناً جميع العلامات والإشارات التي تظهر على الشاشة.

الشكل رقم (٦) : يبين شاشة أحد أجهزة الميجر

منها ما يظهر مع القراءة مبيناً تحذيراً أو إظهار زمن أو مؤقت كما في التعريفات التالية مع ملاحظة أن كل جهاز ميجر له شاشته وتصميمه الخاص به والتي يمكن أن تظهر فيها بعض العلامات الخاصة بهذا الجهاز دون غيره من الأجهزة وتتكون الشاشة من الأجزاء التالية :

1- عرض الجهد الموجود على الأطراف.

2- لبيان مستوى شحن البطارية.

3- مبين انهيار العزل.

4- إشارة وجود الجهد العالي أثناء العمل.

5- لعرض القراءة رقمياً.

6- نسبة امتصاص العزل(DAR).

7- مبين الاستقطاب.

8- الثابت الزمني.. الخطوة من (6-8) لعرض نسبة المقاومة المقاسة فى الزمن المبين.

9- عرض سعة العازل.

10- لعرض القراءة تناظريا.

11- المؤقت الزمني.

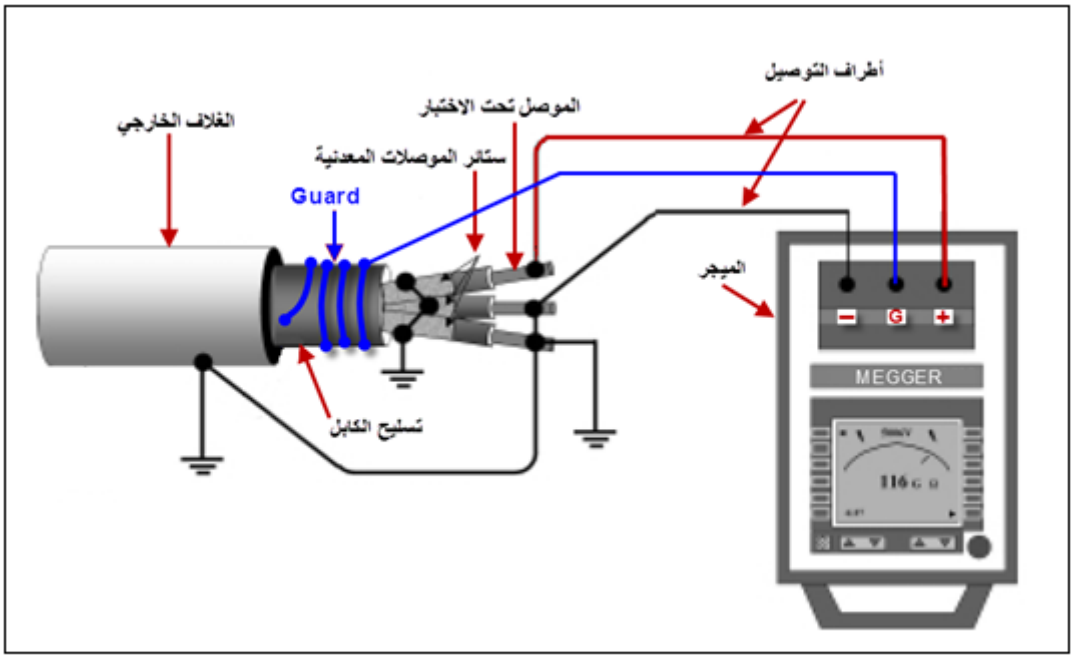
12- مبين تسجيل البيانات المقاسة في الذاكرة.

13- جرس الإنذار.

14- مبين نظام التشغيل الفعال.

15- مبين نظام التشغيل الفعال.

- **أطراف الميجر:** يوجد في بعض أنواع جهاز الميجر طرفان(+ و-) وهما طرفى التوصيل لقياس مقاومة العزل الكهربي وفى كثير من الأحيان يكتفي بهما ولكن في بعض الأنواع الأكثر دقة يوجد طرف ثالث وهو (Guard) أو الحارس وفائدته هو التخلص من أو تقليل تيارات التسرب والتي قد تتسبب في قراءات خطأ عندما يكون العازل متراكما عليه بعض التراب أو الرطوبة ويتم توصيل هذا الطرف بالعزل ما بين الموصل والأرضي كما في الشكل رقم (7).



الشكل رقم (٧) : توصيل طرف ثالث (Guard) عند قياس المقاومة

- **كيفية قياس مقاومة العزل:**

لقياس مقاومات صغيرة في حدود الأوم أوبالكيلو اوم يكفى استخدام جهود صغيرة تكون كافية لإمرار تيار يمكن قياسه (كما في جهاز الأوموميتر) أما في قياس مقاومات العزل العالية (ميجا اوم أو حتى التيرا أوم) للمحولات أو المولدات والكابلات ذات الجهد العالي فيلزم تسليط الجهد العالي حتى يمر تيار يمكن قياسه وهذا يستلزم وجود مصدرًا للجهد العالي (كما في جهاز الميجر) ويتم تسليط الجهد المستمر العالي على العزل والذي يتسبب في مرور تيار صغير من خلال العزل أو من على سطح العزل تحت الاختبار ويتم قياس هذا التيار الصغير بالأوميتر الموجود في جهاز الميجر والذي يشير إلى قيمة المقاومة مباشرة على التدريج أو عن طريق قراءة رقمية أو بكلا الطريقتين وهذه القراءة هي نتيجة خارج قسمة الجهد المستمر المسلط على التيار المار(قانون أوم).

- **مكونات التيار المقاس:**

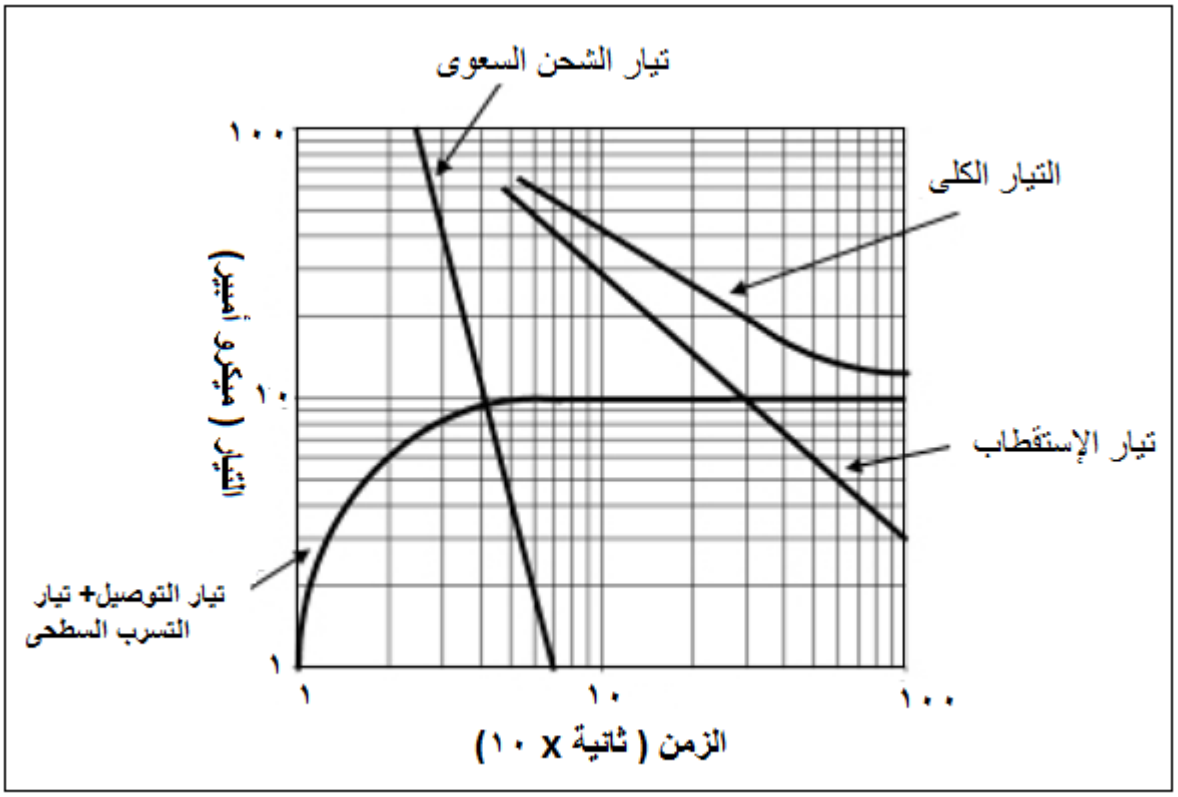
يتكون التيار الكلى من عدة مركبات تتغير بأشكال مختلفة مما يصعب من عملية القياس وهذه المركبات هي:

1- تيار الشحن السعوى: ويكون كبير في البداية ثم يقل بسرعة ليصل إلى ما يقرب إلى الصفر.

2- تيار الاستقطاب: ويتكون من ثلاث مركبات والتي يقل مجموعها بطريقة تناقصية لتصل إلى ما يقرب من الصفر وذلك في بضع دقائق تعتمد على نوع مادة العزل وكذلك على رطوبة العزل نفسه.

3- تيار التوصيل: هذا التيار يرتفع من الصفر سريعا وتظل قيمته ثابتة على مدى فترات القياس ويمكن تمثيله بمقاومة عالية جدا بالتوازي مع المكثف السعوى للعازل ويضاف إليه تيار التسرب السطحي وقيمته ثابتة تقريباً وصغيرة وهذه المركبة نتيجة الرطوبة والأملاح والأتربة الموجودة على سطح العزل ويمكن تقليل تيار التسرب السطحي أو التخلص منه تماما بواسطة توصيل الطرف الثالث (Guard Terminal).

ويتكون التيار الكلى من مجموع المركبات الثلاثة كما بالشكل رقم (8) ولقياس القيمة الصحيحة لمقاومة العزل يجب تسليط الجهد والانتظار لفترة من الزمن حتى يصل التيار الكلى للاستقرار حتى تصل المقاومة للثبات ثم تسجيل النتائج.

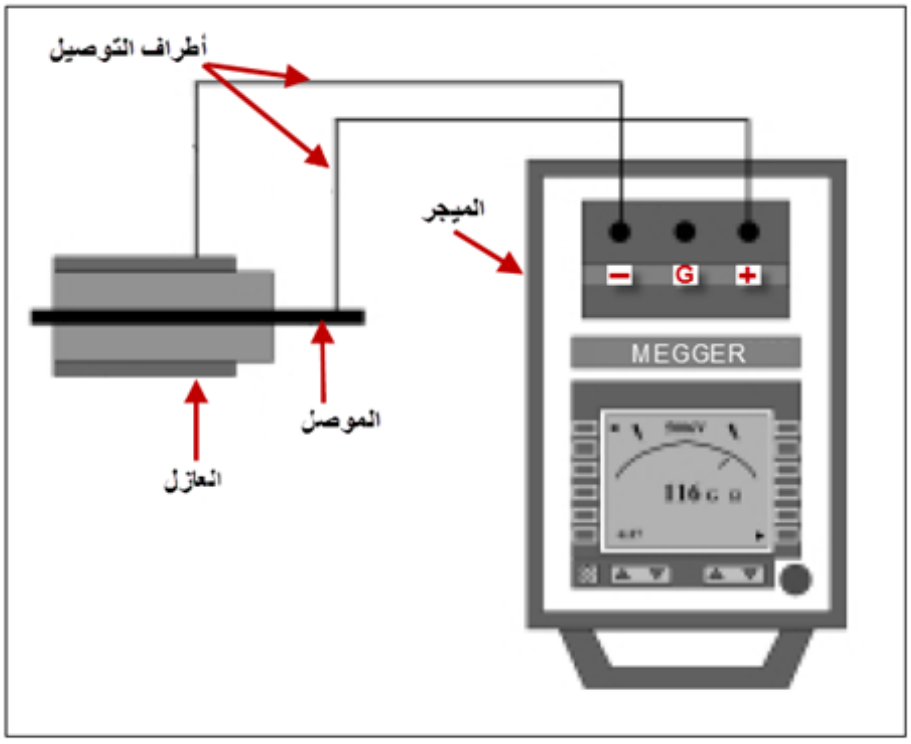


الشكل رقم (٨) : مكونات التيار المار فى العزل أثناء قياس المقاومة

- **توصيل جهاز الميجر في الدائرة:**

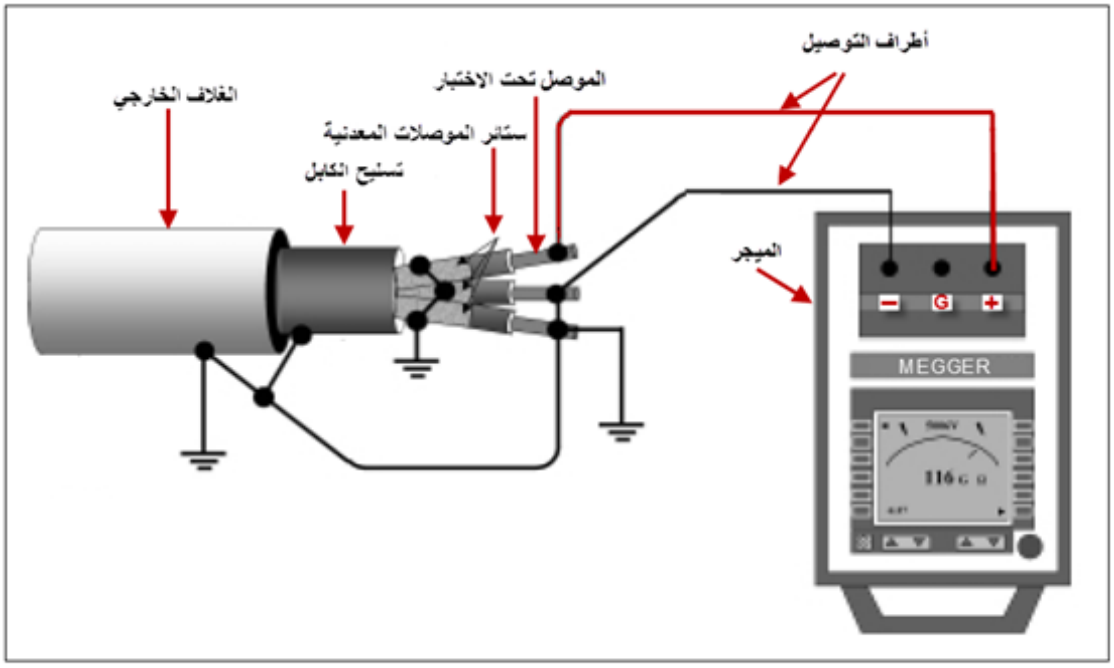
يتم توصيل أطراف الميجر بالآلة المراد قياس المقاومة العزل لها حسب نوع الآلة نفسها كما بالأشكال التالية:

1- قياس عزل كابل ذو موصل واحد.



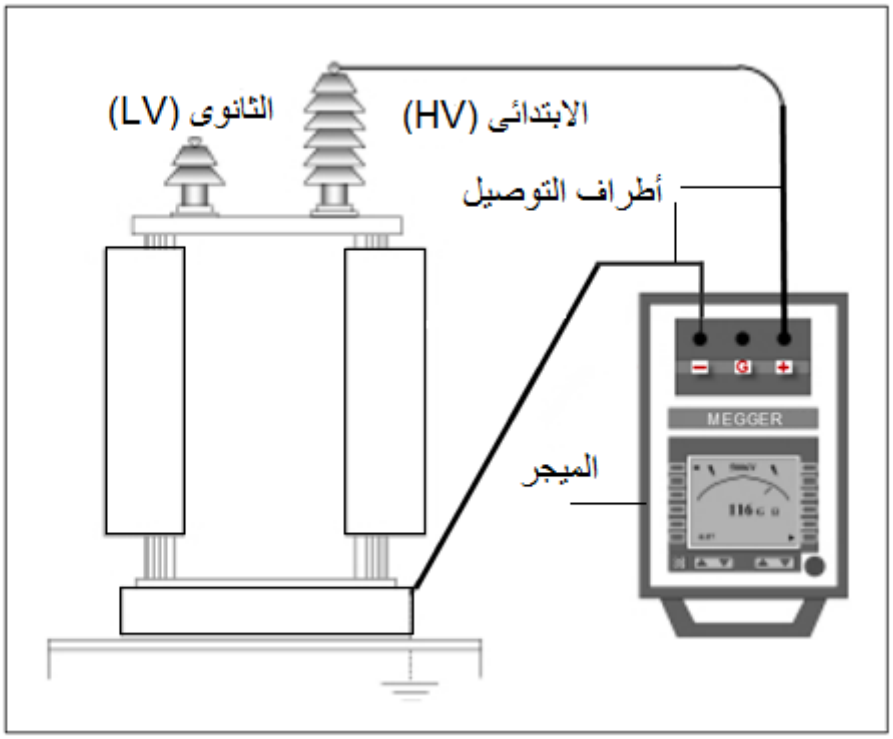
الشكل رقم (٩): قياس عزل كابل ذى موصل واحد

2- قياس مقاومة العزل بين أحد الأوجه والأرضي لكابل ذو ثلاث موصلات.



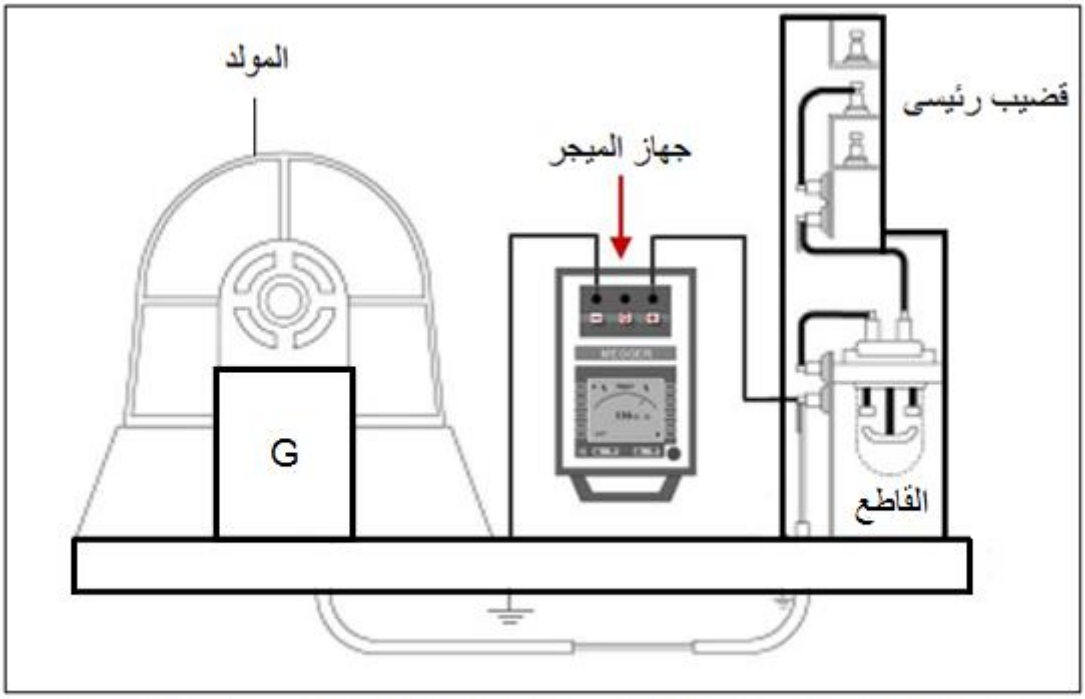
الشكل رقم (١٠) : قياس مقاومة العزل بين أحد الأوجه والأرضى لكابل ذى ثلاث موصلات

3- قياس مقاومة العزل بين ملفات الجهد العالي والأرضي لمحول كهربي كما بالشكل رقم (11).



الشكل رقم (١١): قياس مقاومة العزل بين ملفات الجهد العالى والارضى لمحول كهربى

4- قياس مقاومة العزل بين ملفات أحد الأوجه والأرضي لمولد التوربينة والشكل رقم (12) يوضح طريقة قياس مقاومة العزل.



الشكل رقم (١٢) : قياس مقاومة العزل بين ملفات أحد الأوجه والأرضى لمولد التوربينة

- **احتياطات عند استخدام جهاز الميجر في القياس:**

1- الجهاز يولد جهداً عالياً ولهذا يجب أخذ الحذر عند التعامل معه ويجب أن يكون الشخص المتعامل معه مدربًا وذو دراية بمخاطر الجهد العالي.

2- يجب قراءة كتيب التعليمات المرفق مع الجهاز جيداً ومعرفة أطراف التوصيل والجهد اللازم قبل بداية الاختبار بوقت كاف.

3- الجهاز والأجهزة القريبة منه وكذلك الآلة تحت الاختبار يجب أن توصل بالأرض لتفريغ أي شحنة متبقية أو مكتسبة قبل بدء لمس هذه الأجهزة أو التعامل معها.

4- يجب أخذ الحذر من المعدات ذات السعة العالية مثل الكابلات لأنها حتى مع الجهد المنخفض قد تكتسب شحنة كبيرة تستمر لفترة طويلة تؤدى إلى مخاطر عند لمسها.

5- على الأشخاص الذين يستعملون منظمًا لضربات القلب توخى الحذر فى التعامل مع هذه الأجهزة لما لها من تأثير ضار عليهم.

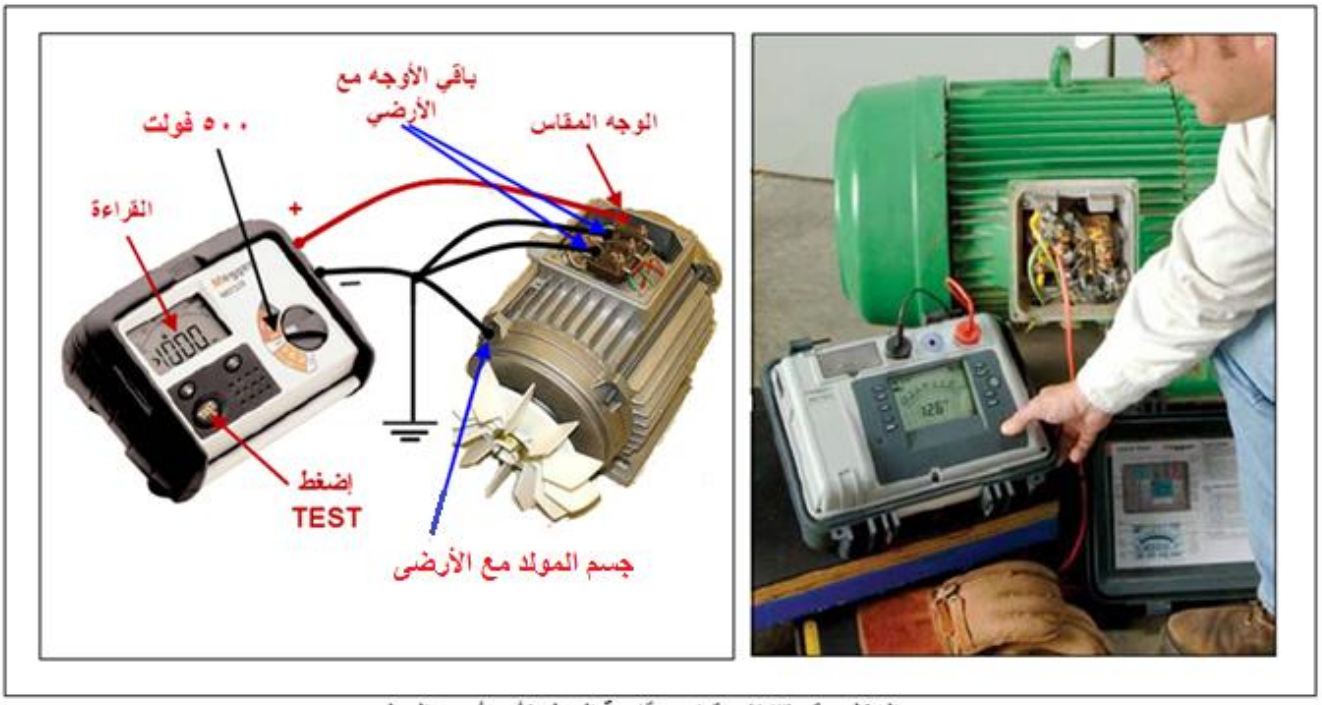
6- لا نقوم بتشغيل الجهاز في جو مشبع بأبخرة قابلة للاشتعال.

7- تيار الشحن يضمحل سريعًا عندما يتم شحن الآلة تحت الاختبار وهذا التيار يتسبب في تخزين جزء من الطاقة في المادة العازلة ولعوامل الأمان يجب تفريغ هذه الطاقة مباشرة بعد تسجيل نتائج القياس في بعض أنواع الميجر بعد انتهاء الفحص وعند تحرير مفتاح الاختبار يتم تفريغ هذه الشحنة بشكل تلقائي عن طريق مقاومة موجودة داخل الميجر.

8- الجهد المسلط على العزل يكون كبيرا لذا يجب فصل الآلة تحت الاختبار عن أي أجهزة ملحقة بها لحمايتها وحتى لا تؤثر أيضا على قراءة المقاومة وهذه الأجهزة والملحقات مثل مشغلات محركات التيار المتردد أو الموحدات أو حتى مكثفات التشغيل وتحسين معامل القدرة كما في محركات الوجه الواحد الحثية.

- **قياس مقاومة العزل لمولد كهربي:**

الهدف من القياس هو كيفية استخدام جهاز الميجر لقياس مقاومة العزل في آلة كهربية مثل مولد التوربينة للتأكد من جودة العزل وعدم وجود نقاط ضعف تُحدث قصر (تلامس) عند توصيل منبع القدرة والشكل رقم (13) يوضح مخطط لمولد التوربينة واستخدام جهاز الميجر لتوليد جهد عالي للتغلب على مقاومة العزل العالية ومن ثم قياس التيار الصغير المار في الدائرة ثم قياس المقاومة بناءً على ذلك.



الشكل رقم (١٣) : قياس مقاومة العزل لأحد أوجه المولد

وقد حددت المواصفات القياسية وأوصت بقيم للجهود المستمرة والتي يجب تسليطها على ملفات الآلة الكهربية الدوارة (مولد أو محرك) سواء كانت ملفات المنتج أو ملفات المجال للآلة أحادية الوجه أو ثلاثية الأوجه أو حتى آلة التيار المستمر بالقيم المدرجة في الجدول التالي, فحسب الجهد المقنن للآلة يكون مدى الجهد المستمر والذي يجب ألا يتعداه حتى لا نؤثر سلبيًا على عزل المولد والمقصود بالجهد المقنن هو جهد الخط للآلة ثلاثية الأوجه أو الآلة أحادية الوجه أو الجهد المستمر المقنن لآلة التيار المستمر والجدول التالي يبين جهود الفحص الموصى بها للآلات الكهربية الدوارة.

الجهد المقنن للمولد	الجهد المستمر لاختبار مقاومة العزل
1000 فولت >	500 فولت
1000 فولت-2500 فولت	1000-500 فولت
5000-2501 فولت	2500-1000 فولت
12000-5001 فولت	5000-2500 فولت
12000 فولت >	10000-5000 فولت

- **تقييم حدود قراءة الجهاز:**

تختلف أقل قيمة لمقاومة العزل المقاسة حسب المواصفات القياسية تبعًا لعوامل معينة مثل الجهد المقنن للآلة بالكيلو فولت وسنة الصنع وباختلاف المادة العازلة المستخدمة وكذلك نوع اللف إذا ما كان يدويا أو لف

مصنع فمثلا المولد الثلاثي الأوجه المصنوع منذ فترة طويلة وجهد الخط له 380 فولت فيجب اختباره عند جهد 300 فولت أو 500 فولت إن وجد وتكون مقاومة العزل جيدة إذا كانت القيمة أكبر من أو يساوى 5 ميجا أوم.

- **الأجهزة والأدوات المستخدمة في القياس:**

1- المولد المراد قياس العزل له.

2- جهاز الميجر وملحقاته.

3- أسلاك توصيل.

4- التأكد من توفر الطرف الأرضي (Earth) بالورشة.

- **الخطوات المتبعة في القياس:**

✓ نحدد من الجدول مدى الجهد المستمر المطلوب توليده وهل جهاز الميجر الموجود لديك به هذا المدى أم لا ؟ فإذا كان مناسباً قم بضبط مفتاح الميجر على مقياس الأوم للأمان وعندما يكتمل التوصيل اضبط الجهاز على الجهد المطلوب.

✓ نصل جسم المولد بالأرضي لتفريخ أى شحنة كهروستاتيكية وكذلك أطراف التوصيل ثم نفصل المحرك عن أي توصيلات خارجية واذا كان به مكثف أو أي ملحقات اخرى نقوم بفصلها.

✓ نقوم بفتح روزتة أطراف توصيل المحرك ونفصل كل ملف على حده (من الجهتين) ونصل الوجه الأول (Phase R) بالطرف الموجب للجهاز ونقوم بتوصيل باقي الأوجه غير المتصلة بجسم المحرك والطرف الأرضي مع الطرف السالب لجهاز الميجر.

✓ ننقل مفتاح الجهاز على الجهد المقرر ونقوم بالضغط على مفتاح الاختبار(Test) ونترك الجهد ثابتا لمدة دقيقة ونلاحظ قراءة الأوموميتر.

✓ نقوم بتسجيل القراءة للوجه الأول.

✓ نفصل الجهاز ونقوم بتكرار الخطوات من 2 حتى 4 للوجهين (S &T).

✓ نقارن بين القيم للأوجه الثلاثة, هل هذه القيم متساوية ؟ هل القيم في الحدود المسموح بها ؟.

- **قياس استمرارية التوصيل فى الدائرة الكهربية باستخدام جهاز الميجر:**

  - **الهدف من القياس:**

يمكن استخدام جهاز المجير لقياس استمرارية التوصيل في أي آلة كهربية مثل الأفوميتر العادي وذلك بضبط مفتاح الاختبار على وضع الأوم (Ω) وبدون الضغط على مفتاح الاختبار(Test) ويتم قراءة النتيجة مباشرة على شاشة الجهاز فعند قراءة ما لا نهاية (∞)فإن هذا يعنى وجود قطع في الدائرة الكهربية وعند قراءة صفر أوم (0 Ω) أو قيمة قريبة من الصفر فإن هذا يعنى قصراً في الدائرة (وجود تلامس)

وعند قراءة رقم معين فان ذلك يعنى وجود مقاومة معينة في الدائرة وهى قراءة مقاومة الملفات أو أسلاك التوصيل المستخدمة .

وفى حالة المولد السليم يجب أن يعطى الجهاز قراءة مقاومة الملف لاستمرارية التوصيل في الملف الواحد بينما يعطى قراءة كبيرة جدا بالميجا أوم أو أكثر في حالة استمرارية التوصيل بين أى ملف وأي ملف آخرأو بين أي ملف والأرضي.

- **الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراءالتجربة:**

1- المولد المراد قياس استمرارية روزتة التوصيل في ملفاته.
2- جهاز ميجر وملحقاته من أسلاك ووصلات وخلافه.
3- أسلاك توصيل اضافية.
4- نتأكد من توفر طرف الأرضي بالورشة.

- **الدائرة المستخدمة في عملية القياس:**

الشكل رقم (14) يبن أجزاء الدائرة المستخدمة في القياس والتي تتكون من جهاز الميجر والمولد المطلوب اختباره ووصلات من الأسلاك.

الشكل رقم (١٤): قياس استمرارية التوصيل فى مولد التوربينة بإستخدام الميجر

- **الخطوات المتبعة في القياس:**

✓ نقوم بضبط مفتاح الميجر على مقياس المقاومة (Ω) لقياس استمرارية التوصيل.
✓ نصل جسم المولد بالأرضي لتفريغ أي شحنة كهروستاتيكية وكذلك أطراف التوصيل تم نفصل المولد عن أي توصيلات خارجية وان كان به مكثف أوأي ملحقات اخرى نقوم بفصلها.

- ✓ نقوم بفتح روزتة أطراف المولد ونفصل كل ملف على حده (من الجهتين) ونصل الطرف الأول للوجه الأول (R1) بالطرف الموجب للجهاز والطرف الثاني للوجه الأول (R 2) بالطرف السالب لجهاز الميجر.
- ✓ بدون ضغط مفتاح الاختبار (TEST) ستظهرالنتائج مباشرة على شاشة الجهاز وعند استقرار المؤشر أو القراءة الرقمية نسجل قراءة الأوموميتر في الجدول التالي.
- ✓ نكرر الخطوات من 3 إلى 4 لكلا الوجهين الآخرين ونسجل قراءة الأوموميتر في الجدول التالى.
- ✓ نصل الطرف الأول للوجه الأول (R1) بالطرف الموجب للجهاز والطرف الأول للوجه الثاني (S1) بالطرف السالب لجهاز الميجر ونسجل قراءة الأوموميتر في الجدول.
- ✓ نكرر الخطوة 6 ما بين S1 و T1 ونسجل قراءة الأوموميترفي الجدول.
- ✓ نكرر الخطوة 6 ما بين T1وR1 ونسجل قراءة الأوموميتر في الجدول.
- ✓ نقيس استمرارية التوصيل ما بين كل وجه وجسم المولد ونسجل قراءة الأوموميتر في الجد ول.
- ✓ نقوم بتقييم القراءة ونضع علامة (✓) أو علامة (✗) أمام القراءة حسب رأيك في الجدول التالي لكي يكون المولد سليما ثم نقوم بكتابة راينا في المولد هل المولد سليم؟ هل به قطع باحد الملفات ؟ هل توجد استمرارية توصيل ما بين وجهين ؟ أم توجد استمرارية ما بين أحد الأوجه والأرضي.

الاختبار	المقاومة (Ω)	التقييم
- استمرارية توصيل الوجه R.		
- استمرارية توصيل الوجه S .		
- استمرارية توصيل الوجهT.		
- استمرارية التوصيل بين الوجهين R و S.		
- استمرارية التوصيل بين الوجهين S و T.		
- استمرارية التوصيل بين الوجهين Tو R.		
- استمرارية التوصيل بين الوجه R وجسم المولد.		
- استمرارية التوصيل بين الوجه S وجسم المولد.		
- استمرارية التوصيل بين الوجه T وجسم المولد.		

- **قياس شدة التيار في الدائرة الكهربية بجهاز الكلامبميتر:**

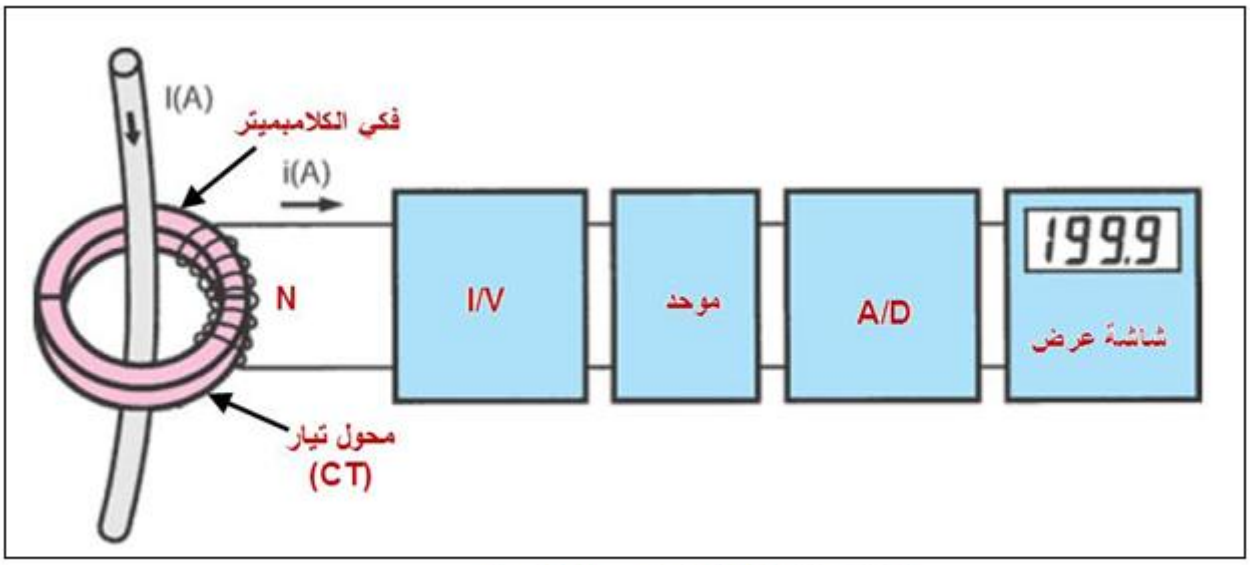
يعتبر جهاز الكلامبميتر من الأجهزة الهامة في مجال التقنية الكهربية سواء في المعامل والورش أو في مجال الصيانة وفى محطات القوى الكهربية حيث لا حاجة لفصل أو قطع الدائرة الكهربية لتركيب أميتر لقياس التيار فيمكنُنا الجهاز من قياس التيار الكهربي وتشخيص الأعطال بطريقة آمنة وسريعة وغير مكلفة بدون الحاجة لفصل أو قطع الدائرة.

- **تركيب الجهاز:**

يعتمد جهاز الكلامبميتر على فكرة محول التيار (CT) لتحويل التيار العالي إلى إشارة تيار (تيار صغير) يمكن تحويله إلى جهد مناسب يمكن عرضه على الشاشة ويعتبر السلك الماربه التيار هو الملف الابتدائي (لفة واحدة) والملف الثانوي عبارة عن عدة لفات ملفوفة على القلب (N) فيكون التيار الثانوي (I) عبارة عن التيار الرئيسي المراد قياسه مقسوما على نسبة التحويل (N).

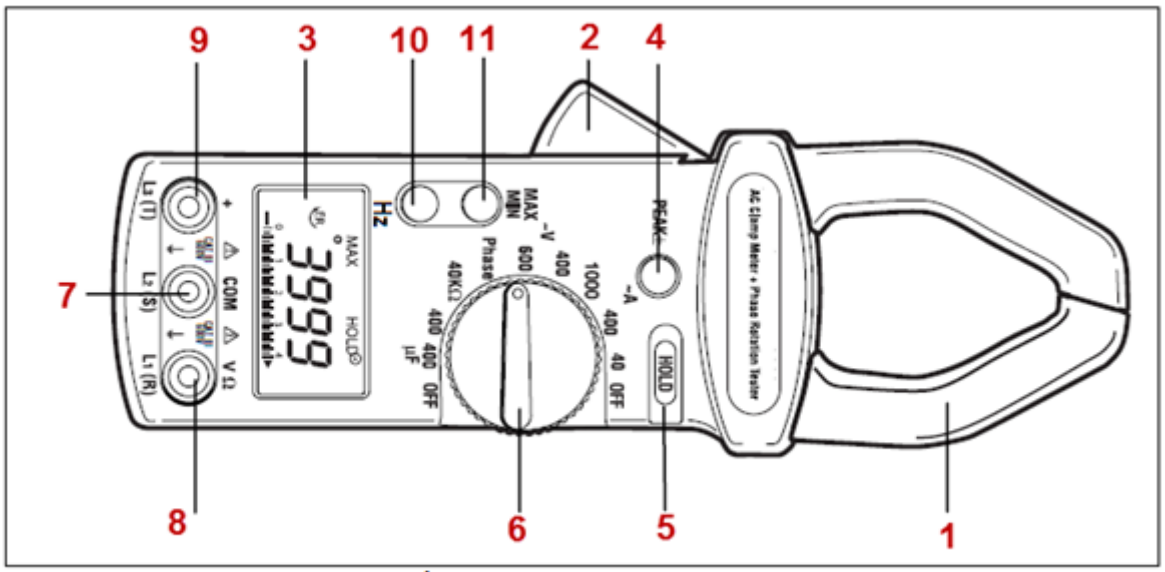
الشكل رقم (١٥) : أنماط مختلفة من جهاز الكلامبميتر

يتم تحويل التيار الثانوي إلى جهد باستخدام دائرة كهربية لتحويل التيار إلى جهد فإذا كان هذا التيار مترددا يتم تقويمه باستخدام دائرة توحيد ثم يتم تحويل هذا الجهد الناتج من تناظري إلى رقمي ليتم عرضه على شاشة عرض (LCD). وكلما كان عدد لفات الملف الثانوي كبيراً كلما كان الجهاز قادرا على قياس تيار أكبر والشكل رقم (16)يبين الدائرة المكافئة للجهاز.



الشكل رقم (١٦) : تركيب الكلامبميتر

- **التعرف على جهاز الكلامبميتر:** الشكل رقم (17) يوضح احد أجهزة الكلامبميتر لقياس التيار وموضح معه مسميات أجزاؤه وفوائدها ولا تقتصر فائدة الكلامبميترعلى قياس التيار المتردد فحسب ولكن تتعداها إلى قياس الجهد المستمر والمتردد وقياس المقاومة وسعة المكثف وفى بعض أنواع الكلامبميتر توجد دوائر إضافية لتمكّنه من قياس التيار المستمر أيضا فيصبح بذلك كأنه جهاز أفوميتر له إمكانياته غير أن الكلامبميتر يتميز عن الأفوميتر بانه يستطيع قياس التيار بدون الحاجة إلى فصل أو قطع الدائرة وذلك بفتح فكي الجهاز واحتواء الموصل المراد قياس التيار به.



الشكل رقم (١٧) : أحد أنواع الكلامبميتر موضحاً به أجزاؤه المختلفة

- **مكونات الكلامبميتر:**

1- فكا الجهاز.

-2 ضاغط لفتح الفكين.

-3 شاشة العرض LCD.

-4 ضاغط لحفظ القيمة العظمى.

-5 ضاغط لحفظ المعلومات على الشاشة.

-6 مفتاح اختيار دوار.

-7 بنانة لتوصيل الطرف COM.

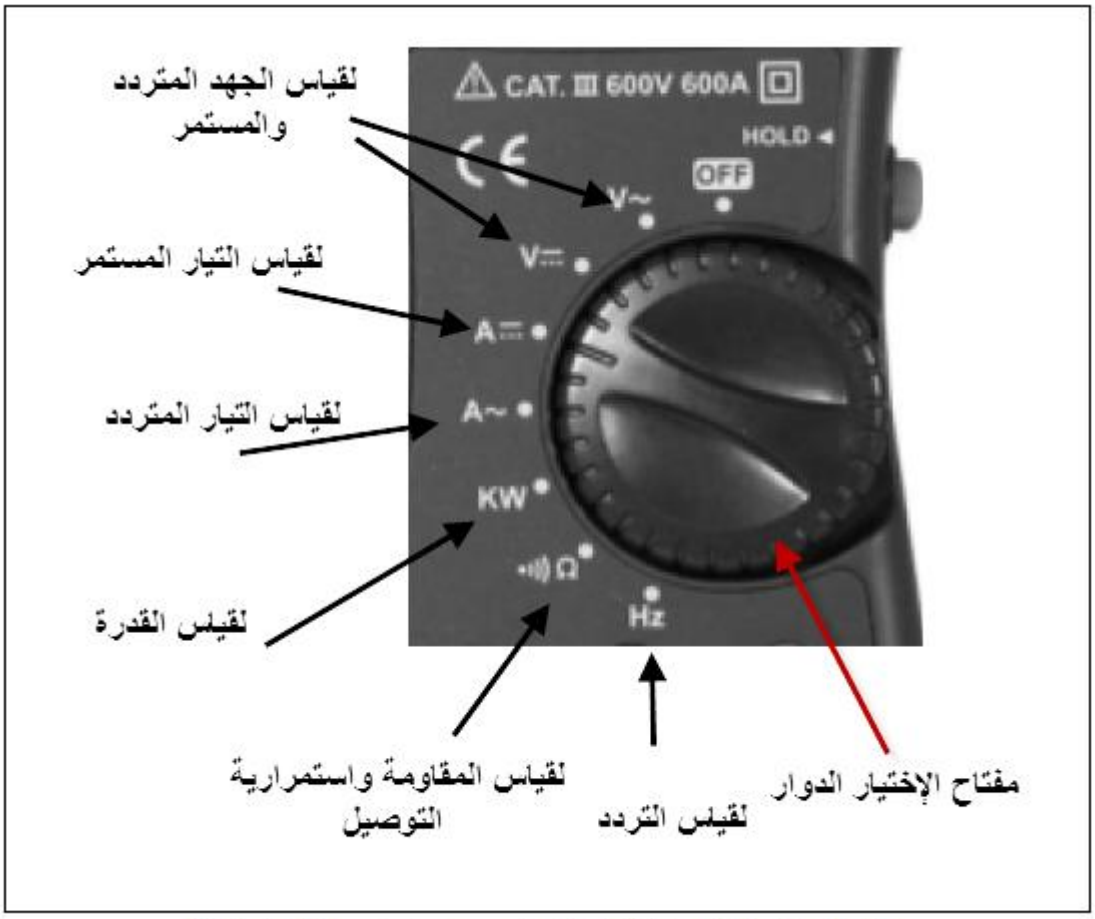
-8 بنانة لتوصيل طرف قياس الجهد.

-9 بنانة لتوصيل طرف القياس L3.

-10 ضاغط لقياس التردد.

-11 ضاغط لإظهار اقل وأقصى قيمة للقراءة.

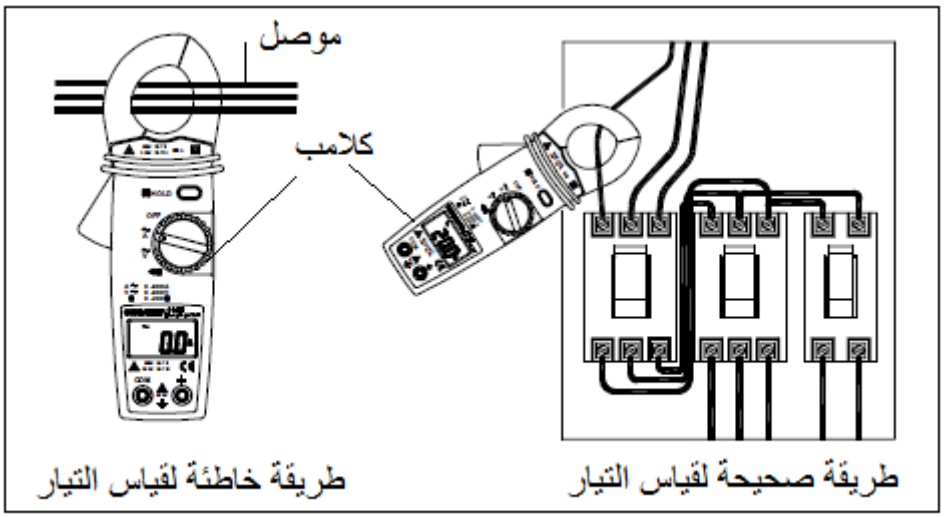
والشكل رقم (18) يوضح مفتاح الاختيار الدوار لجهاز كلامبميتر موضحا مقدرته على قياس كلاً من التيار المتردد والمستمر بالإضافة إلى الجهد المستمر والمتردد واستمرارية التوصيل والقدرة.



الشكل رقم (١٨) : المفتاح الدوار موضحا به بياناته المختلفة

ملاحظة:

لقياس التيار في كابل كهربي أحادى أو ثلاثي الأوجه يجب احاطة فكي الكلامبميتر للموصل المقاس به التيار فقط وليس جميع الموصلات كما في الشكل رقم (19).



الشكل رقم (١٩):الطريقة الصحيحة لقياس التيار فى الموصل

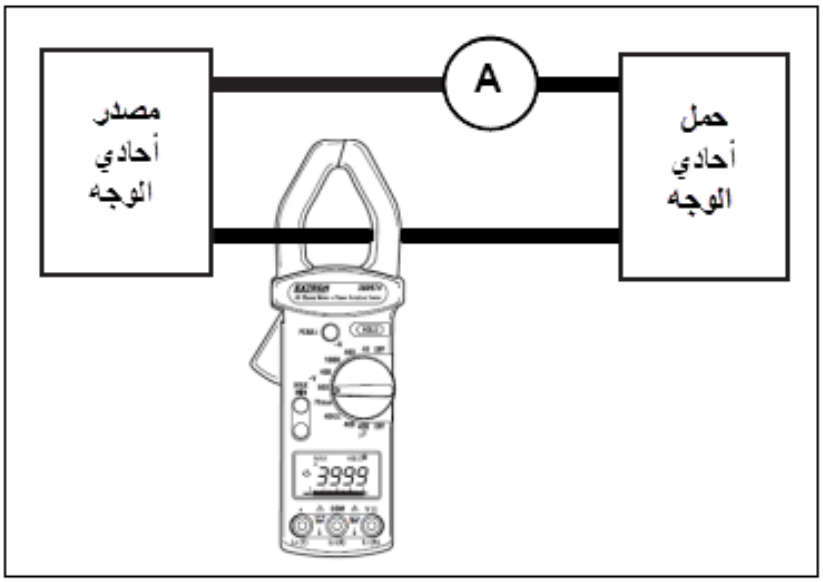
- **قياس شدة التيار في الدائرة الكهربية باستخدام جهاز الكلامبميتر.**

- **الهدف من القياس :** هو كيفية قياس شدة التيار في الدوائر الكهربية باستخدام جهاز الكلامبميتر بدون الحاجة إلى قطع دائرة.
- **الأجهزة والأدوات اللازمة لإجراء التجربة:**

1- مصدر للتيار المتردد أحادى الوجه.
2- حمل كهربي أحادى الوجه.
3- أسلاك توصيل.
4- جهاز أميتر رقمي.
5- جهاز كلامبميتر لقياس التيار.

- **الدائرة المستخدمة في القياس:**

الشكل رقم (20) يوضح قياس شدة التيار في الدوائر الكهربية باستخدام جهاز الكلامبميتر.



الشكل رقم (٢٠) : قياس التيار باستخدام الكلامبميتر

- **خطوات القياس:**

1- نقوم بتوصيل الدائرة المبينة في الشكل وليكن الحمل مولد حثي أحادى الوجه.

2- نقوم بقياس التيار بجهاز الأميتر ونسجله في الجدول التالي.

الحمل	قراءة الكلامبميتر	قراءة الأميتر	المقارنة
1			
2			
3			

3- نقوم بقياس التيار بجهاز الكلامبميتر بدون فصل الدائرة ونسجل النتائج في الجدول التالي.

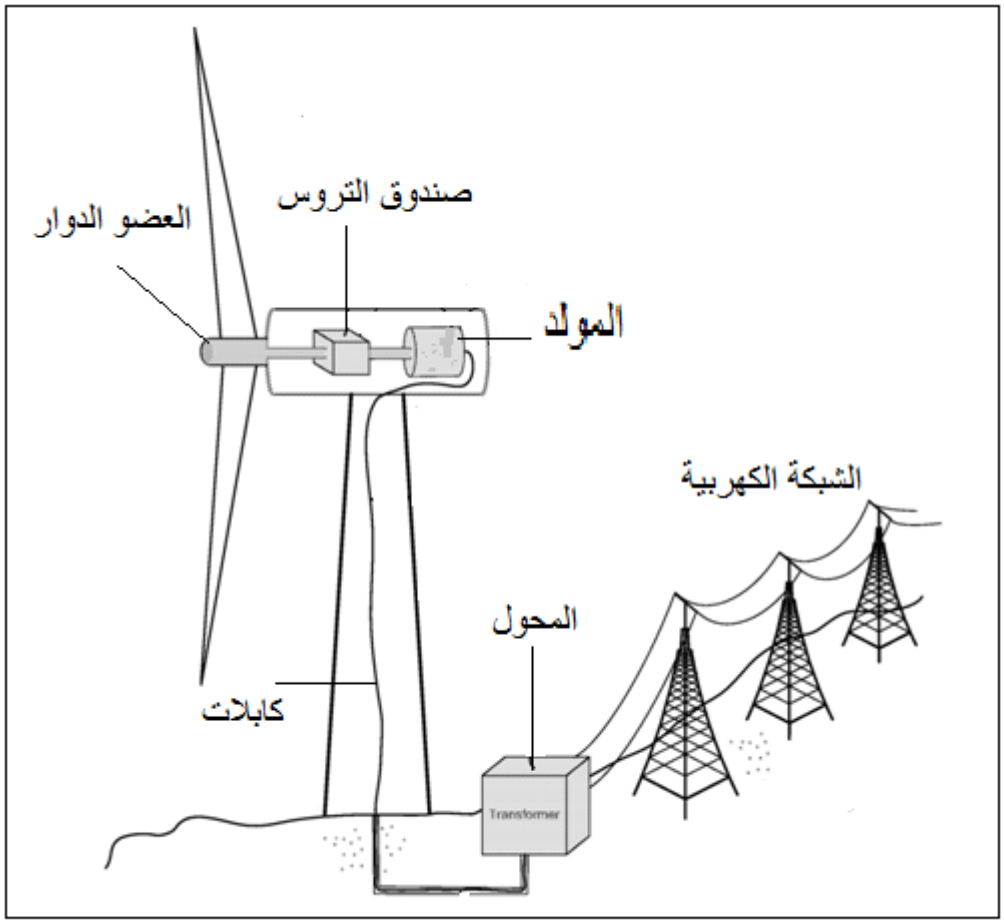
4- نغير من قيمة الحمل ونقوم بتكرار الخطوات من 2- 3.

5- نقارن بين القراءتين ونكتب ملاحظاتنا فى خانة المقارنة.

6- نكتب تقريرا عن دقة جهاز الكلامبميتر ومدى سهولة قياس التيار به مقارنة بجهاز الأميتر العادي بدون الحاجة إلى فصل الدائرة.

إصلاح الأعطال نتيجة انهيار العزل الكهربي للكابلات وعلب الاتصال

تتعرض منظومة الكابلات الكهربية بموقع توربينات الرياح لكثيرمن الأعطال نتيجة تعرض الكابلات المدفونة لكثير من الاجهادات وذلك لمرور مركبات ضخمة وأوناش عملاقة على مسارات الكابلات وتكون محملة بمهمات التوربينات أثناء فترة التركيبات مما يعرضها لاجهادت عالية بالإضافة إلى مشاكل التربة المحيطة بالكابلات خاصة إذا كانت المنطقة المقام عليها مزرعة الرياح تقع ضمن المناطق المعرضة للأمطار أو بها مخرات للسيول وإذا تعرضت لكمية أمطار غزيرة فإنه يحدث تخمر في علب الاتصال الموجودة بالكابلات وكما تتعرض الخطوط الهوائية لكثيرمن الاجهادات نتيجة تعرضها لعوامل الطقس السيئة من أمطار وصواعق كهربية وعواصف والشكل رقم (21) يبين المنظومة الكهربية للتوربينة.



الشكل رقم (٢١) :المنظومة الكهربية للتوربينة

المفاهيم الأساسية للكابلات وعلب النهايات والاتصال

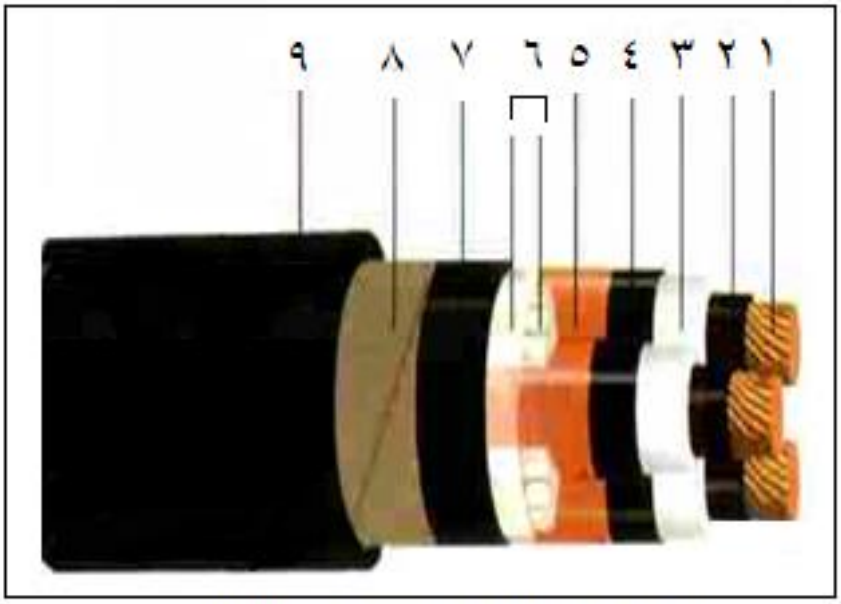
لكي نضمن تشغيل التوربينات تشغيلا آمناً بعد إصلاح الأعطال الخاصة بالكابلات الكهربية يجب المرور الدوري على نهايات الكابلات وعلب الاتصال لمتابعتها ويتم ذلك من خلال برامج الصيانة الدورية وإجراءات الفحص الروتينية.

ويجب على الفنيين العاملين فى أقسام الصيانة والتشغيل ضرورة إتباع تعليمات صيانة الكابلات بدقة مع ضرورة المراقبة والتقييم من قبل مهندسي الصيانة والتشغيل لما لذلك من تأثير على تسيير نظام العمل, ونستعرض فيما يلي كل ما يخص الكابلات الكهربية حيث تستخدم الكابلات فى نقل الطاقة من أماكن التوليد إلى مناطق التوزيع والاستهلاك.

- **مكونات الكابل:**

الكابل ذو الموصل المصمت يتكون من شعرة واحده أما المجدول فهو يتكون من عدد من الشعيرات ويلاحظ أن الموصلات المصمتة تستخدم في الأحمال الخفيفة والمقاطع الصغيرة والجهود المنخفضة أما الموصلات المجدولة تستخدم في الأحمال المرتفعة والمقاطع الكبيرة والجهود العالية كما يلاحظ أن معدن الألمنيوم هو الشائع الاستخدام الآن كموصل لأنه رخيص الثمن وخفيف الوزن وسهل الحصول عليه على النقيض من معدن النحاس لأنه غالى الثمن وثقيل الوزن والشكل (22) يوضح مكونات الكابل المعزول ومكوناته كما يلي:

1- الموصل.
2- شبة الموصل (الأول) .
3- العزل.
4- شبة الموصل (الثاني).
5- الشبكة النحاسية أو (رقائق النحاس) .
6- الحشـــــو (أو الفرشة).
7- حزام أو رباط.
8- التسليح.
9- الغلاف الخارجي.



الشكل رقم (٢٢): مكونات الكابل

- **وظيفة كل مكون من المكونات السابقة:**

1- الموصل:

وهو الذي يقوم بنقل التيار الكهربي من مكان إلى آخر ويكون الموصل عادة من النحاس أو الألمونيوم ويكون الموصل إما مصمتاً أي شعرة واحدة أو مجدولاً حيث يتكون من عدد من الشعيرات ويتميز المجدول عن المصمت بالمرونة وزيادة الأسطح مما يجعله يتحمل تيار كهربي أكبر من المصمت ولذلك يستخدم الموصل المجدول للمقاطع الكبيرة وللأحمال والجهود العالية على عكس المصمت.

2- شبه الموصل (الأول):

تكون مادة شبه الموصل فوق الموصل مباشرة وهى تعمل على تنعيم سطح الموصل وتنظيم وتوزيع المجال الكهربي على سطحه.

3- العـــــزل:

يصنع من مادة البولى إيثلين المتشابك ويعتبر العزل من أهم مكونات الكابل فإن ضعف العزل أو انهار أصبح الكابل بلا فائدة ولا قيمة له والمقاومة النوعية للعزل يجب أن تكون مرتفعة.

4- مادة شبه الموصل (الثاني):

وهى تقوم أيضا بتوزيع المجال الكهربي بانتظام وهو المجال الكهربي الخارج من الفازات (الأوجه) ويعمل على عدم تداخل المجالات الكهربية بين الأوجه كما أنه يحمى باقي مكونات الكابل من المجال الكهربي الخارج من الفازات.

5- الشبكة النحاسية (رقائق النحاس) :

تعتبر الشبكة النحاسية مهمة جداً وهى موجودة على كل وجه من الوجوه الثلاثة وذلك لحمايتها من تيار القصر وهى مصممة حتى تتمكن من تسريب تيار القصر إن وجد كما أنها تحمى الوجه من الرطوبة وتسرب المياه .

6- الحشـــو أو (الفرشة):

وعادة ما يتم تصنيع هذا الجزء من مادة الـ PVC لما لها من مميزات وفائدة ويعمل كمادة حشو بين الفازات وعمل مخدة لكل فازة والعمل على استدارة الكابل وحماية الفازات من شنبر التسليح وحماية الفازات من بعضها البعض.

7- الحزام أو الرباط:

هو رباط يتم تحزيم الفازات الثلاثة به ويصنع عادة من نسيج الكتان ويستخدم لضمان عدم حدوث انبعاج للكابل.

8- التسليح:

وهو عبارة عن طبقة أو طبقتين من الشريط الصلب المرن حول الفازات لحماية الكابل من الضغوط الميكانيكية فالكابل المسلح يستخدم في الأرض الهشة والأرض المعرضة باستمرار لمرور السيارات والمشاة والمركبات.

9- الغلاف الخارجي:

الغلاف الخارجي للكابل يكون عادة من مادة خاملة كيميائيا أي لا تتفاعل مع الأحماض أو القلويات أو المواد العضوية ولذلك كانت مادة الـ PVC هى الانسب لأن لها هذه الخاصية و تستعمل في الكابلات كغلاف خارجي حماية لها من التآكل في التربة.

← الحماية الموجودة فى الكابل:

1- حمـــاية كهربائية :من خلال العزل وشبه الموصل الأول والثاني والشبكة النحاسية.

2- حمـاية ميكانيكية: تتمثل في الحشو والفرشة والتسليح.

3- حمـــاية كيميـــائية: الغلاف الخارجي يحمى الكابل من الأحماض والقلويات الموجودة بالتربة.

- **خواص عزل كابلات الجهد المتوسط :**
  - أن تكون ذو مقاومة نوعية عالية .
  - أن تكون قوة العزل عالية ومتزنة .
  - أن يكون العزل صلب ومرن في نفس الوقت .
  - أن يكون غير مسامي حتى يقاوم الرطوبة .
  - أن يتحمل درجات الحرارة العالية دون تلف .
  - أن يكون غير قابل للاشتعال ولا يتأثر بالأحماض والأكاسيد .

- أن يقاوم جهد التمزق أو الانهيار .

■ واجبات فريق عمل الكابلات أثناء الحفر والفرد وعمل النهايات وعلب الاتصال:

- يتم اختيار مواقع فرد الكابلات بعناية وفى حالة عمل خنادق عميقة يتم عمل سنادات خشبية (دعامات) في الأجناب حتى لا تنهار.
- يجب أخذ الإحتياطات اللازمة والضرورية أثناء حفر الخنادق في منطقة العمل.
- أرضية الخنادق يجب أن تكون خالية من أي حواف أو مواد صلبة.
- عند فرد الكابلات يجب تجنب عصر الكابلات وذلك بعمل حلقات دائرية مناسبة (أي لا يقل قطرها عن 20 مرة محيط الكابل).
- يحظر استخدام أي آلات حادة لإزاحة الكابل أو تحريكه .
- في حالة ضرورة وجود كابل قريب من مواسير مياه أو غاز أو تليفون يجب التنبيه على ذلك للجهات المختصة وتدوينه في خرائط الكابلات عن طريق المكتب الاستشارى .
- يجب التأكد من تثبيت نهايات الكابلات جيدا قبل نقل الكابلات (على البكر).
- بعد فرد الكابلات يجب أن تغطى نهايات وبدايات الكابلات بعازل حتى لا تتسرب إليها الرطوبة .
- يجب تغطية الجزء المتبقي من الكابل على البكر بعازل أيضا حتى لا يتسرب إليه الماء أو الرطوبة .
- يجب وضع علامات ظاهرة عند علب الاتصال وعلى مسار الكابل (شريط تحذير) كما يجب وضع علامات تحذيرية من الطوب أو الشبك فوق الكابل وعلى بعد 20 سم منه .
- يجب عمل خريطة بمسار الكابلات وبمقياس رسم مناسب .
- يجب فصل التيار وتفريغ الشحنات من الكابل قبل العمل في الكابلات المحملة سابقا .
- يتم وضع أجهزة الفصل والقطع في حالة مفتوحة ويوضع أرضى محلى على بداية الكابل ونهايته كما توضع علامات تحذيرية في أماكن الفصل والتوصيل حتى لا يقوم أحد بالتوصيل أثناء العمل.
- قبل العمل في الكابل يتم ثقبه في مكان العطل وعمل قصر (تلامس) على أطرافه مع الأرضي بواسطة المنخاز(المجس) للتأكد من خلوه من التيار أو إفراغه من الشحنات .

■ أنواع الأعطال في الكابلات.

من الضروري معرفة نوع الخطأ في الكابل قبل إجراء الاختبارات اللازمة عليه وأخطاء الكابلات لا تعتمد على جهد التشغيل فحسب وفيما يلي الأخطاء الشائعة للأعطال.

- نتيجة عوامل ميكانيكية.
- نتيجة عوامل كهربية وكيميائية .
- نتيجة سوء الصناعة .
- نتيجة سوء اللحامات والتوصيلات .

- نتيجة سوء التحميل .
- نتيجة سوء المد والفرد.
- زيادة الأحمال على الكابلات .
- تركيب كابل بمساحة مقطع لا تتناسب مع الحمل الواقع عليه.
- عدم رباط نهايات الكابلات جيدا.
- لحام كابل ألومونيوم مع كابل نحاس بدون سرافيل ميتالك..
- تركيب نهاية كابل ألومونيوم على باسبارات نحاس بدون استخدام كوس ميتالك.
- الإهمال في عمل الوصلات أو النهايات وهذا ما يدل على أن العمل الفني غير جيد.
- سوء التخزين للكابلات .
- وجود بعض التشققات في الغلاف الخارجي للكابلات .
- ترك نهايات أو بدايات الكابلات مكشوفة في أماكن فردها وبدون غطاء عليها مما يؤدى إلى دخول المياه أو الرطوبة داخل الكابل وخاصة في مناطق الأمطار الغزيرة ومناطق السيول .
- ثنى الكابلات أكثر من المسموح به أثناء فرد الكابلات أو عمل الوصلات والنهايات .
- ترك الكابلات في الطرق العامة مما قد يتسبب في تلفها نتيجة مرور المركبات عليها .
- عدم دفن الكابلات داخل المجارى يعرضها للتخريب سواء المتعمد أو غير المتعمد .

- **عوامل انهيار عزل الكابلات المعزولة بالبولي اثيلين:**

الأسباب الأساسية التي تؤدى إلى انهيار العزل للكابلات ذات الجهد المتوسط والعالي المعزولة بالبولي ايثلين أو البولي ايثلين المتشابك (P.E أوX.L.P.E) تتلخص فيما يلي:-

- وجود فراغات في المادة العازلة .
- وجود شوائب مع عدم تماثل المادة العازلة .
- وجود فراغات بين المادة العازلة وشبة الموصل وعدم التصاقها جيدا .
- عدم استمرارية الغلاف النحاسي "الشريط النحاسي "حول الفازات أو قطعه في أحد الأماكن مما يتسبب في اختلاف توزيع الاجهادات .
- تسرب الرطوبة في المادة العازلة عن طريق نهاية الكابل أو قطع في غلافه الخارجي .
- عدم مراعاة الأصول التقنية والفنية عند القيام بأعمال الفرد والمد للكابلات .

- **العوامل الأساسية لضمان الأداء الجيد للكابلات :**

- الاختبارات الجيدة والدقيقة للمواد العازلة للكابلات قبل التشغيل .
- أن تكون المادة العازلة على درجة عالية من النقاء .
- أن يصمم الكابل ضد تسرب المياه أو الرطوبة إلى داخله .
- النظافة المطلقة في عمليات التصنيع وعند عمل الوصلات والنهايات .
- الحرص أثناء نقل وفرد وتخزين الكابلات .

← العدة اللازمة للعاملين في الكابلات:

من العوامل التي تؤثر على كفاءة العمل بالكابلات,العدة اللازمة لإتمام العمل ويمكن استخدامها على النحو التالي:-

- مكبس هيدروليكي أو ميكانيكي كامل باللقم.
- متر قياس- منشار حدادي- طقم مبارد مختلفة- سكينة تقشير كابلات- بنسة وكماشة وطقم مفكات ومفاتيح مختلفة الحجم.
- خيط قوى مخصوص لتحزيم الموصلات داخل الكابل.
- مكواة لحام ومساعد لحام "قصدير"- صنفرة خشابي قماش.
- براية أو قطعة زجاج مسطحة لإزالة العازل الموجود بالكابل.
- أنبوبة بوتاجاز كاملة بالمنظم والخرطوم والبوري- مصدر لهب .
- شريط لحام وكهن للنظافة ومناديل ورقية- فرشاة سلك + شحم - مجموعة حوامل للكابل .
- شواكيش مختلفة الحجم - ترمومتر معدني من صفر درجة مئوية وحتى 350 درجة مئوية - مقص حدادي - مجموعة قفزان بالمسامير أقطار مختلفة.
- توفر مهمات السلامة كاملة فى محيط العمل.

← أنواع علب وصلات ونهايات كابلات الجهد المتوسط :

- علبة نهايات زيتية .
- علبة نهاية " كومباوند ".
- علبة نهاية ايبوكساید.
- علبة نهاية تقلصية " منكمشة ".
- علبة نهاية سابقة التجهيز .

← تجهيز الكابل لعمل النهايات أو علب الاتصال:

- إعداد الكابل (مرحلة تقشير الكابل) حيث يتم أخذ مسافات التقشير حسب مسافة مقطع الكابل مع زيادة 5 سم من كل اتجاه في حالة الكابلات المدرعة كدرع صلب للعلبة.
  - ✓ إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3*240 مم تأخذ مسافات تقشير 80 سم ، 40 سم
  - ✓ إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3 *150 مم تأخذ مسافات تقشير 70 سم، 40 سم.
  - ✓ إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3*70 مم تأخذ مسافات تقشير60 سم ، 40 سم
  - ✓ يجب وضع علامة وعمل خنقة حول الكابل عند بداية التقشير.
- تقشير الجاكيت الخارجي للكابل حسب المقاس الموضح علي حسب مقطع الكابل.
- نزع طبقة الحشو المطاطى لنفس المسافة مع ترك مسافة 1 سم منه وذلك لحماية الفازات الثلاثة من الغلاف الخارجي للكابل أو من الدرع الصلب إذا كان الكابل مدرعًا.
- في حالة إذا كانت الشبكة النحاس للفازات غير مثبتة جيدا يتم تثبيتها باللحام.
- تقشير مسافة حوالي 17 سم من الشبكة النحاس من بداية الفازة إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3 *240 مم مربع وتقشير مسافة حوالي 16 سم من الشبكة النحاس من بداية الفازة إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3*150 مم مربع وتقشير حوالي مسافة 15سم من الشبكة النحاس من بداية الفازة إذا كان الكابل ذو مساحة مقطع 3*70 مم مربع.
- ينزع شبه الموصل لنفس المسافات السابقة مع ترك 2 سم منه.
- يتم تقشير مسافة نصف طول السرفيل من العزل من كل اتجاه.

← طريقة عمل الوصلة :

يتم فرد الكابل المراد عمل الوصلة فيه بطوله داخل الحفرة أو المجرى المعدة له ثم يتم عمل حساب الكُرب إذا طُلب ذلك ويفضل كهربيا عدم عمل هذه الكُرب ولكن من الناحية العملية والاقتصادية يفضل عمل الكرُب وخاصة فى حالة عدم وجود عمالة كافية أو مدربة جيدا ويتم عمل الوصلة كالتالي:

- يوضع الكابل على الحوامل المخصصة لهذه العملية وينظف الغلاف الخارجي جيدا .
- يقطع من طرفي الكابل الزيادة في الكابل بحيث يكون الكابلين على استقامة واحدة ويكون القطع مستقيم وغير مائل .
- يتم إدخال أنابيب الحماية الخارجية في طرفي الكابل ثم القفيزان (للكابلات المسلحة).
- يقطع الجاكت الخارجي حسب المقاس المذكور ثم يحز التسليح وينزع بعد ذلك.
- يقطع الجاكت الداخلي بعد ترك 2 سم بعد التسليح وذلك لحماية الفازات من التسليح .

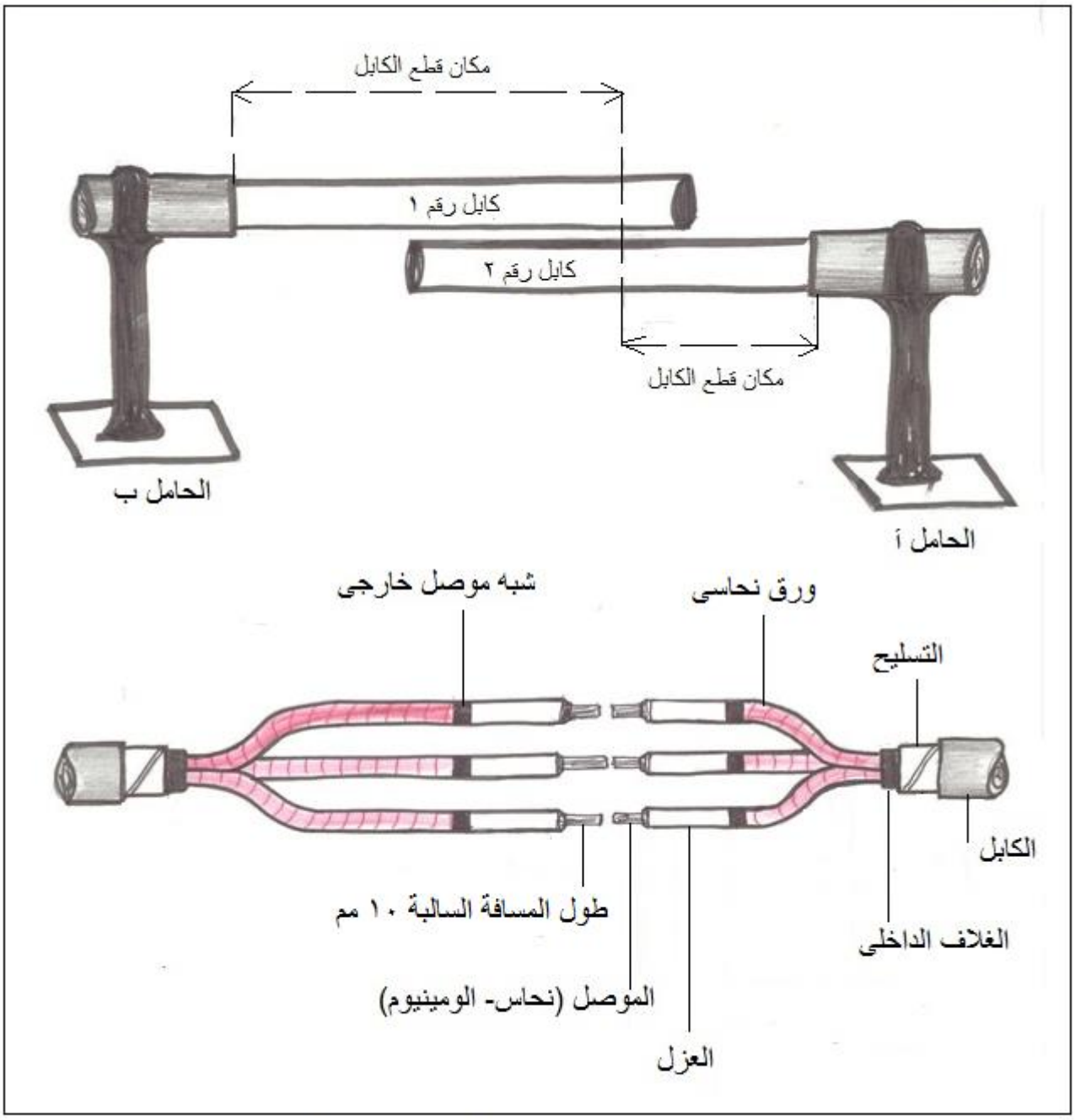
- يحزم الشريط النحاسي بسلك رباط بعد أخذ مقاسه ويقطع بدون حز على شبه الموصل.
- يؤخذ مقاس الجزء الباقي من شبه الموصل ويعلم بشريط لاصق ثم يزال باقي شبه الموصل بواسطة براية.
- يتم صنفرة العزل جيدا وينظف بالسائل المرفق مع وصلة اللحام.
- تركب السرافيل الثلاثة في الموصل لطرف الكابل ثم يدخل الموصل للطرف الثاني في هذه السرافيل ويجب التأكد من ملامسة الموصلين معا جيدا .
- يتم كبس الثلاث فازات ثم ينظف مكان الكبس وتزال أي زوائد ناتجة من عملية الكبس بواسطة مبرد وينظف جيدا مكان الكبس ويمكن صنفرة السرفيل أيضا .
- يتم نظافة العزل بعد عملية الكبس من شبه الموصل للفازة إلى شبه الموصل للطرف الآخر.
- يلف شريط شبه موصل على السرفيل وفى الفراغ الموجود بين السرفيل والموصل إن وجد .
- يلف الشريط العازل ذاتي الاندماج بداية من الفراغ بين السرفيل والموصل .
- تسحب الأنابيب العازلة (أنبوبة لكل فازة) وتوضع بداية من شبه الموصل حتى شبه الموصل للطرف الآخر ويكون السرفيل في منتصفها بالضبط وتسخن الأنابيب الثلاثة معًا.
- تركب الأنابيب العازلة الباقية وتكون فوق الأولى تماما وتتقلص وتتكرر هذه العملية ثم تركب الأنابيب الخاصة بتنظيم المجال ويجب أن تكون فوق شبه الموصل الخاص بالكابل من الجهتين لكل فازة ويجب التأكد من تقلص الأنابيب جيدا والتأكد من عدم وجود هواء محتبس داخل الأنابيب ويجب أن تكون الأنابيب موضوعه فوق بعضها ومتساوية الأطراف ويجب أن نلاحظ أن أنبوبة تنظيم المجال هي أطول قليلا لتوضع فوق شبه الموصل وتغطى باقي الأنابيب .
- تلف شبكة الأرضي ابتداء من الورق النحاسي ومن الطرف الأطول إلى الطرف الأقصر وتربط بسلك نحاسى وتلحم جيدا بالقصدير ثم تجمع الثلاث فازات مع الضغط الخفيف للحصول على أقل قطر خارجى.
- يلف التدريع حول الثلاث فازات ويحزم جيدا ثم يربط بقفيز من الطرفين.
- يتم لفال عجينة (الشريط الماستيك) فوق القفيزان ويخشن نهاية الغلاف الخارجي لطرفي الكابلين بواسطة مبرد خشابي أو حرف المنشار أو صنفرة خشبية ويلف على بعد حوالي 50 مم من بداية هذا الغلاف (الغلاف الخارجي) شريط ماستيك لمنع تسرب المياه داخل الوصلة .
- تسحب الأنبوبة الأولى الخاصة بالحماية الخارجية فوق التدريع ويراعى أن تكون بعد الشريط الماستيك بما لا يقل عن 50 مم وتتقلص ثم يلف على نهايتها شريط ماستيك .
- تسحب الأنبوبة الثانية ويجب أن تكون بعد الشريط الماستيك الذي فوق الغلاف الخارجي بمسافة 50 مم أيضا وأن يكون الشريط الماستيك الآخر (الذي فوق الأنبوبة الأولى) أسفلها بمسافة لا تقل عن 40 مم ويتم تقليص الأنبوبة الثانية وتترك الوصلة حوالي 30 دقيقة في مكانها حتى تبرد ثم يتم إنزال الوصلة من

فوق الحوامل إلى المكان المعد لها والأشكال رقم (23) ورقم (24) ورقم (25) توضح خطوات تنفيذ علبة الاتصال.

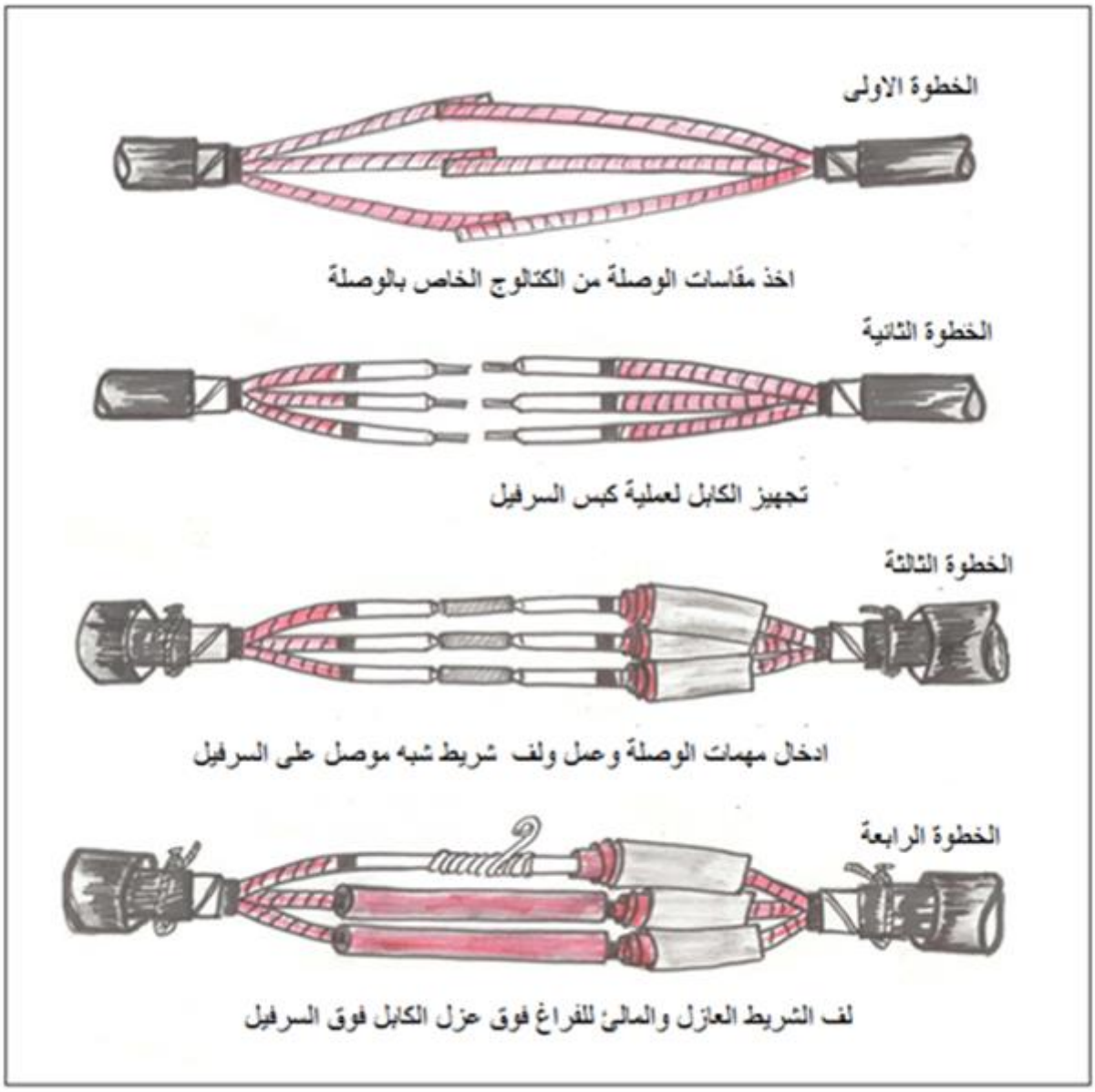
← احتياطات مرحلة كبس أطراف الكابل:

- يجب مراعاة إدخال الأنابيب الثلاثة لكل فازة في الجهة الطويلة قبل الكبس.
- يجب إدخال الموصلات الألمنيوم داخل السرافيل من الجهتين بحيث لا يكون هناك مسافة بين الموصلين داخل السرافيل.

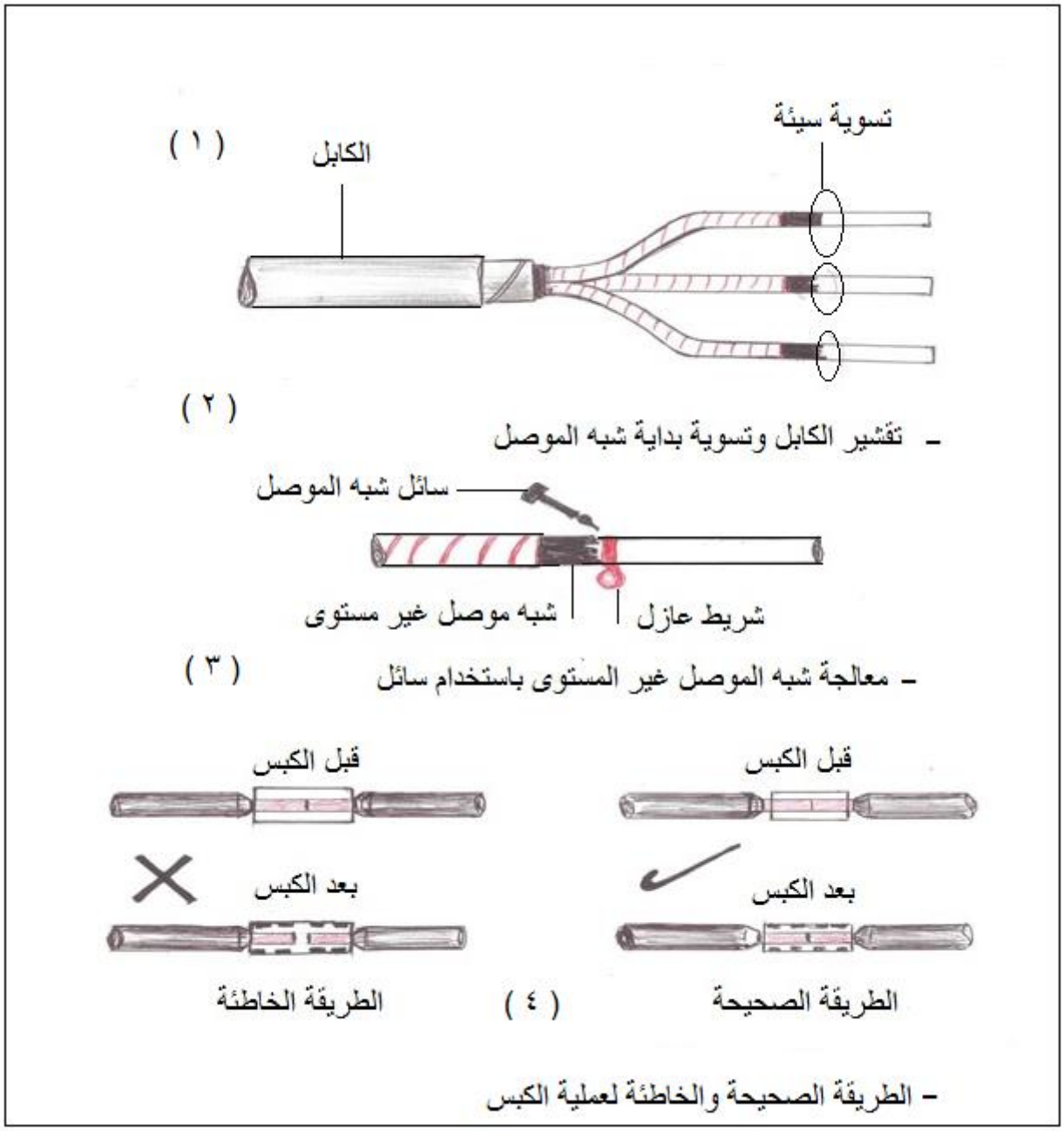
يجب إحضار المكبس سواء كان مكبس هيدروليكي أو ميكانيكي واستخدام اللقمة المناسبة لمساحة مقطع الكابل وتبدأ عملية الكبس من بداية السرفيل في الاتجاه الأول ثم الاتجاه الثاني للسرفيل وذلك لأحكام الموصلات داخل السرافيل وبعد ذلك يتم زيادة عدد الكبسات حسب طول السرافيل علي ألا تقل عن 4 ولا تزيد عن 6 كبسات.



الشكل رقم (٢٣) : تهيئة الكابل لعمل علبة اتصال



الشكل رقم (٢٤) : خطوات تنفيذ علبة الاتصال



الشكل رقم (٢٥) :التنفيذ الصحيح لعلبة الاتصال

← الأخطاء الشائعة عند عمل الوصلات وكيفية تلافيها :

- ثنى الكابل أكثر من اللازم عند عمل الوصلة أو ثنى الفازات مما يتسبب فى زيادة طول أحد هذه الفازات عن الفازتين الأخريتين أو تقطع في الشريط النحاسي .
- عدم نظافة الكابل جيدا قبل العمل في الوصلة .
- قطع التسليح بالمنشار مباشرة فيجب حزه أولا ثم نزعه .
- قطع الغلاف الداخلي بدون حرص أو قطع الحشو بمنشار أو كتر من أعلى إلى أسفل مما قد يتسبب أحيانا في تلف الفازات .

- قطع الشريط النحاسي بآلة حادة (كتر) بدون حرص.
- قطع شبه الموصل الخارجي أو نزعه بشكل غير مستوى دائريا أو ترك بقايا على العزل .
- نزع جزء من العزل عند نزع شبه الموصل سواء بالبراية أو بقطعة الزجاج .
- عدم نظافة العزل جيدا أو عدم صنفرته .
- النظافة بمواد بترولية غير مخصصة للكابلات قد يتسبب في تلف العزل .
- التركيز على مكان واحد باللهب مما قد يتسبب في تلف الأنابيب التقلصية .
- عدم ضبط قوة اللهب المستخدم في تقليص الأنابيب ويجب أن يكون لهب متزن ولونه أصفر مزرق.
- ترك مكون الوصلة معرضًا للجو مما قد يتسبب في تلفها.
- الإهمال في إنزال الوصلة في مكانها أو ثنى الكابل في مكان الوصلة أثناء إنزالها في مكانها.

← الإحتياطات الواجب توافرها عند عمل علبة الاتصال :

- يجب التأكد من معدات العمل وتناسبها مع العملية .
- يجب التأكد من فصل التيار ووضع أرضى محلى على أطراف الكابل أو المغذى.
- يجب وضع علامات تحذيرية بعدم التوصيل .
- يجب التأكد من مكونات العلبة عند استلامها .
- يجب التأكد من أمر التكليف وأمر الشغل الخاص بالعملية.
- يجب التأكد من أطراف الكابل حيث يجب أن تكون مغطاة بعازل حتى لا تصلها رطوبة.
- يجب التأكد من سلامة أطراف الكابل وقطع ما لا يقل عن 1 متر في حالات الكابلات الجديدة وعند الأعطال يجب قطع كل الأجزاء المكربنة .
- يجب أن ينظف الغلاف الخارجي جيدا قبل البدء في عمل الوصلة .
- يجب عدم ثنى الكابل أو الفازات أكثر من اللازم عند البدء في عمل الوصلة .
- يجب النظافة الدائمة أثناء العمل للعاملين في الوصلة والكابل أيضا .
- يجب أن يكون اللهب المستخدم متزن أي أن لونه أصفر مزرق وألا يكون قويا فيحرق الأنابيب أو ضعيفا فيترك آثار من الكربون عليها .
- يجب أن يركز العامل باللهب في مكان التسخين جيدا ويكون تسخينه دائريا بصفة مستمرة .
- يجب أن تكون مهمات العمل في حالة جيدة .
- يجب عدم الإسراع في العمل بل التأني فيه ومراعاة الدقة .

التطبيقات العملية

إصلاح انهيار العزل الكهربي للآلات الكهربية وتنفيذ علب الاتصال ونهايات الكابلات.

أهداف التطبيق:

إكتساب المهارة اللازمة لاصلاح انهيارالعزل الكهربى للآلات الكهربية وذلك للتأكد من التشغيل الصحيح والآمن للآلات الكهربية بعد الإصلاح حتى نتمكن من أداء المهام الموكلة إلينا بدقة وسرعة طبقاً للمواصفات والتعليمات وبطريقة صحيحة وآمنة.

تمرين1: قياس مقاومة العزل لمولد كهربي:

أ) ظروف الأداء :

الخامات	العدد والمعدات والأجهزة	التسهيلاتالأخرى
- عدد من الكوس مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات. - عدد من الترامل مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات. - فوطة صفراء.	- المولد المراد قياس العزل له. - جهاز الميجر وملحقاته. - أسلاك توصيل. - نتأكد من توفر الطرف الأرضي بالورشة	- ملابس حماية ومهمات الأمان الصناعي. - موقع عمل مناسب. - رسم تنفيذي.

ب) الأداء:

← صفات الهدف التدريبى :

- **الهدف من التدريب:**

كيفية استخدام جهاز الميجر لقياس مقاومة العزل في آلة كهربية مثل مولد االتوربينة للتأكد من جودة العزل وعدم وجود نقط ضعف تحدث قصر (تلامس) عند توصيل منبع القدرة.

- **فكرة التدريب:**

استخدام جهاز الميجر لتوليد جهد عالي للتغلب على مقاومة العزل العالية ومن ثم قياس التيار الصغير المار في الدائرة ثم قياس المقاومة بناء على ذلك.

- **المواصفات القياسية لاختبار المولد:**

حددت المواصفات القياسية وأوصت بقيم للجهود المستمرة والتي يجب تسليطها على ملفات الآلة الكهربية الدوارة (مولد أو محرك) سواء كانت ملفات المنتج أوملفات المجال للآلة أحادية الوجه أو ثلاثية الأوجه أو

حتى آلة التيار المستمر بالقيم المدرجة في الجدول التالي فحسب الجهد المقنن للآلة يكون مدى الجهد المستمر والذي يجب ألا يتعداه حتى لا نؤثر سلبيا على عزل المولد والمقصود بالجهد المقنن هو جهد الخط للآلة ثلاثية الأوجه أو الآلة أحادية الوجه أو الجهد المستمر المقنن لآلة التيار المستمر والجدول التالى يوضح حدود الجهود المطبقة فى الاختبار.

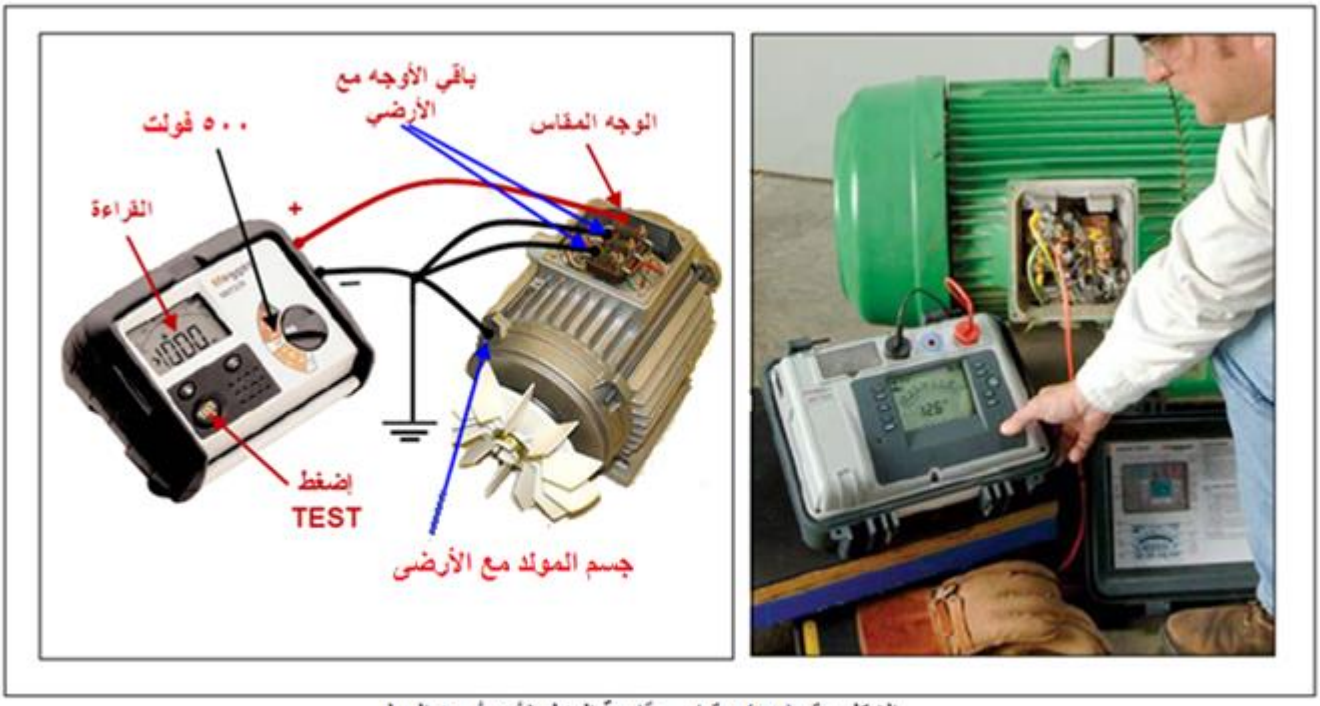
الجهد المقنن للمولد	الجهد المستمر لاختبار مقاومة العزل
1000 فولت >	500 فولت
1000 فولت-2500 فولت	1000-500 فولت
5000-2501 فولت	2500-1000 فولت
12000-5001 فولت	5000-2500 فولت
12000 فولت >	10000-5000 فولت

- **تحديد مدى ملائمة القراءة:**

تختلف أقل قيمة لمقاومة العزل المقاسة حسب المواصفات القياسية تبعا لعوامل معينة مثل الجهد المقنن للآلة بالكيلو فولت وسنة الصنع (باختلاف المادة العازلة المستخدمة) وكذلك نوع اللف إذا ما كان يدويا أو لف مصنع كما هو واضح بالجدول التالي فمثلا المولد ثلاثي الأوجه المصنوع عام 2000 وجهد الخط له 380 فولت فيجب اختباره عند جهد 300 فولت أو 500 فولت إن وجد وتكون مقاومة العزل جيدة إذا كانت اكبر من أو يساوى 5 ميجا أوم.

مواصفات المولد	اقل قيمة لمقاومة العزل (ΩM)
لمعظم المولدات المصنوعة قبل عام 2000 جميع ملفات المجال وجميع الملفات غير المدرجة في الجدول.	جهد المولد بالكيلو فولت + 1
لمعظم ملفات المنتج للمستمر وملفات الأوجه للمتردد والمصنوعة بعد عام 2000 (لف المصنع).	100
لمعظم الآلات الملفوفة يدويا أو الملفوفة بالمصنع والأقل من 1 كيلو فولت.	5

- **الدائرة المستخدمة فى القياس:**



الشكل رقم (٢٦) : قياس مقاومة العزل لأحد أوجه المولد

خطوات التدريب العملي:

1- نحدد من الجدول مدى الجهد المستمر المطلوب توليده لإجراء الاختبار وهل جهاز الميجر الموجود لدينا به هذا المدى ؟ إذا كان مناسباً نقوم بضبط مفتاح الميجر على مقياس الأوم للأمان وعندما يكتمل التوصيل نضبط الجهاز على الجهد المطلوب.

2- نصل جسم المولد بالأرضي لتفريغ أي شحنة كهروستاتيكية وكذلك أطراف التوصيل ثم نفصل المولد من أي توصيلات خارجية واذا كان به مكثف أو أي ملحقات نقوم بفصلها.

3- نقوم بفتح روزتة أطراف توصيل المولد ونفصل كل ملف على حده (من الجهتين) ونصل الوجه الأول (Phase R) بالطرف الموجب للجهاز وباقي الأوجه غير المتصلة بجسم المولد مع الأرضي مع الطرف السالب لجهاز الميجر.

4- ننقل مفتاح الجهاز على الجهد المقرر وذلك بالضغط على مفتاح الاختبار(Test) ونترك الجهد ثابتا لمدة دقيقة ونلاحظ قراءة الأوميتر.

5- نقوم بتسجيل القراءة للوجه الأول.

6- نفصل الجهاز ونقوم بتكرار الخطوات من 2 حتى 5 للوجهين (S &T).

7- نقارن بين القيم للأوجه الثلاثة, هل هذه القيم متساوية ؟ هل القيم في الحدود المسموح بها ؟.

8- نسجل ملاحظتنا ثم نكتب تقريراً عن مقاومة العزل للمولد وهل عزل المولد في حالة جيدة ؟ أم في حالة مقبولة ويحتاج لتدعيم ؟ أم في حالة سيئة ويحتاج للتغيير؟.

جـ) معايير الأداء:

البند	المعايير
تجهيز العدد.	تجهيز جهاز الميجر- تجهيز المولد المراد اختباره- تجهيز أدوات القياس والمراجعة- تجهيز الوسائل المساعدة.
تجهيز الخامات.	تجهيز الأسلاك – الكوس- الترامل - الفوط الصفراء حسب التعليمات.
التنفيذ.	تطبيق قواعد السلامة أثناء العمل.
	تركيب جهاز الميجر.
	تركيب الوصلات الكهربية.
	قراءة الجهود والتيارات.
	توصيل طرف الأرضي بجسم المعدة.
	تنظيف وترتيب مكان العمل.
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.
	إزالة المخلفات بطريقة صحيحة وآمنة.

تمرين2: قياس شدة التيار في الدائرة الكهربية باستخدام جهاز الكلامبميتر.

أ) ظروف الأداء :

الخامات	العدد والمعدات والأجهزة	التسهيلاتالأخرى
- عدد من الكوس مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات. - عدد من الترامل مناسبة لأقطار الأسلاك والكابلات. - فوطة صفراء.	- مصدر للتيار المتردد أحادى الوجه. - حمل كهربي أحادى الوجه. - أسلاك توصيل. - جهاز أميتر رقمي.	- ملابس حماية ومهمات الأمان الصناعي. - منضدة عمل (تزجة). - رسم تنفيذي.

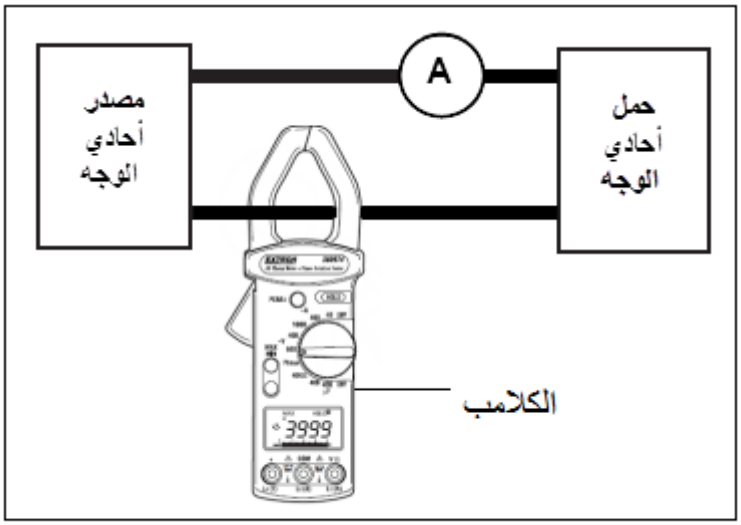
ب) الأداء:

← صفات الهدف التدريبى :

- **الهدف من التدريب:**

كيفية قياس شدة التيار في الدوائر الكهربية باستخدام جهاز الكلامبميتر بدون الحاجة إلى قطع دائرة.

- **الدائرة المستخدمة في القياس:**



الشكل رقم (٢٦) : قياس التيار باستخدام الكلامبميتر

خطوات التدريب العملي:

1- نقوم بتوصيل الدائرة المبينة في الشكل رقم (26) وليكن الحمل مولد حثي أحادى الوجه.

2- نقوم بقياس التيار بجهاز الأميتر ونسجله في الجدول التالي.

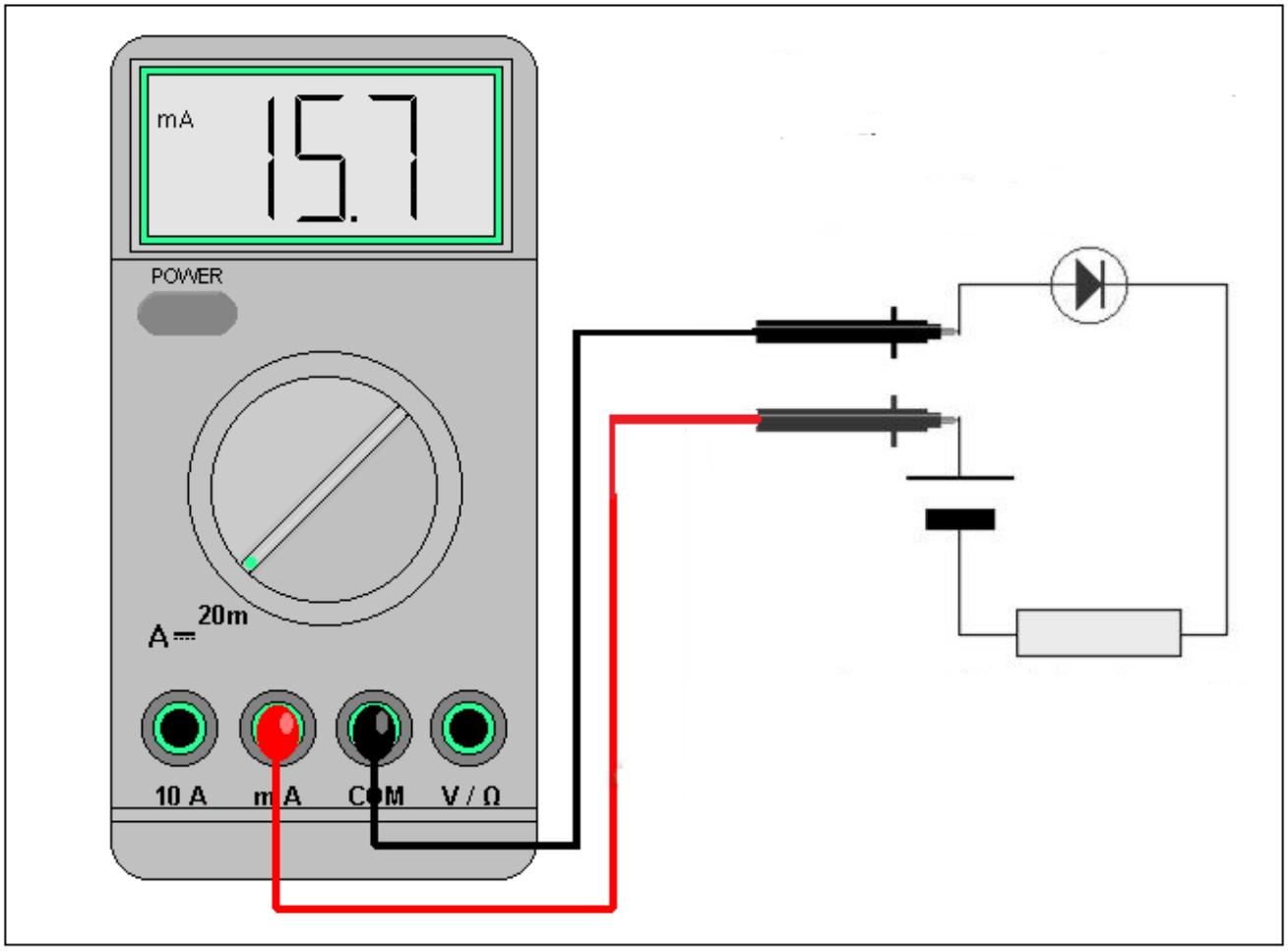
الحمل	قراءة الكلامبميتر	قراءة الأميتر	المقارنة
1			
2			
3			
4			
5			

3- نقوم بقياس التيار بجهاز الكلامبميتر بدون فصل الدائرة ونسجل النتائج في الجدول التالي.

4- نغير من قيمة الحمل وقم بتكرار الخطوات من 2- 3.

5- نقارن بين القراءتين ونكتب ملاحظاتنا في خانة المقارنة.

6- نكتب تقريرا عن دقة جهاز الكلامبميتر ومدى سهولة قياس التيار به مقارنة بجهاز الأميتر العادي دون الحاجة إلى فصل الدائرة والشكل رقم (27) متعدد القياس (الافوميتر) والذي يستخدم في قياس المعاملات الكهربية ومنها قياس التيار الكهربي.



الشكل رقم (٢٧) :قياس التيار باستخدام جهاز الأفوميتر

جـ) معايير الأداء:

البند	المعايير
تجهيز العدد	تجهيز جهاز الميجر- تجهيز المولد المراد اختباره- تجهيز أدوات القياس والمراجعة- تجهيز الوسائل المساعدة.
تجهيز الخامات	الفوط الصفراء- المنظفات السائلة والطيارة.
التنفيذ	تطبيق قواعد السلامة أثناء العمل.
	تركيب جهاز الميجر.
	تركيب الوصلات الكهربية.
	قراءة الجهود والتيارات.
	توصيل طرف الأرضي بجسم المعدة.
	تنظيف وترتيب مكان العمل.
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.
	إزالة المخلفات بطريقة صحيحة وآمنة.