تأريض منظومة الكابلات الارضية الأحادية لنقل القدرة الكهربائي

لا يخفي على المختصين في هندسة الطاقة الكهربائية أهمية تأريض منظومة توليد والنقل والتوزيع **يهدف التأريض الى:**

- انجاز الحماية الوقائية (Safety Earthing) التي تهدف الى تحقيق الأمان للعاملين في مجال التركيبات وكذلك منفذي عمليات الصيانة وحتى حماية الأشخاص.
- التأريض يهدف ايضاً الى الحفاظ على عدم ارتفاع الجهود على الشبكة وتوفير نظم حماية لمكونات الشبكة الكهربية والمحافظة على استمرارية تدفق الطاقة وتوفير الاتزان لها كذلك يهدف التاريض الى إنشاء ما يعرف بنقطة التعادل(Neutral Earthing) .
- وتعتبر الكابلات الارضية لنقل القدرة الكهربائية من أهم العناصر التي تحتويها شبكات نقل وتوزيع القدرة الكهربائية ولذلك وجب الاهتمام بها من حيث زيادة عمرها والحفاظ عليها من الانهيارات التي قد تحدث لها نتيجة لارتفاع درجة الحرارة أو زيادة الجهود.

زيادة الجهد في الغلاف المعدني الخارجي للكابلات:

تظهر في الكابلات الأرضية أحادية القلب جهود زائدة نتيجة لمرور تيار الحمل في النواقل أو في حالة حدوث قصر مما يتسبب في ظهور جهود على الغلاف الخارجي للكابل (Induced Voltages) وبالتالي مرور تيار في هذا الغلاف الخارجي يتسبب في حدوث فقد في القدرة على الغلاف المعدني الخارجي (metallic Sheat) وارتفاع في درجة حرارة الكابل قد يتسبب في انخفاض امكانية التحميل للكابل أو حتى حدوث انهيار حراري للعازل. وقد يتسبب الجهد المتواجد في الغلاف الخارجي للكابل في حدوث صدمات كهربية للعاملين.

ولذلك سنتناول في هذا المنشور طريقة تأريض الغلاف الخارجي للكابلات الأرضية للتقليل من تأثير الجهود الزائدة على الغلاف المعدني للكابل وكذلك التيارات الناشئة عن هذه الجهود.

وتعتمد هذه الدراسة على المواصفة القياسية العالمية ICE60287

يتم استخدام الكابلات الاحادية (Single Care Cables) بدلاً من الكابلات الثلاثية (three core cables) وذلك لنقل كمية أكبر من الطاقة الكهربائية مما يتسبب في ظهور الجهود الزائدة على الغلاف الخارجي للكابل (Induced voltage) وكذلك مرور تيار في الغلاف الخارجي (Sheeth current) ، وبالتالي يتسبب في حدوث انخفاض في السعة التيارية للكابل وحدوث انهيار حراري للعزل الكهربائي وكذلك انهيار الغلاف غير المعدني للكابل Cable Jacket أو تآكل للغلاف المعدني .

ولتقليل الفقد في الغلاف المعدني للكابل يتم استخدام العديد من الطرق لتوصيل الغلاف الخارجي بالأرض.

طرق توصيل الغلاف الخارجي بالأرض:

قدمت المواصفات القياسية **IEEE 575** شرحاً للطرق المختلفة لتأريض الغلاف الخارجي للكابل ويمكن الاشارة إليها كما يلي :

اولا"- تأريض الغلاف الخارجي للكابل من طرفيه : (Sheeth bonded at two points solid)

يتم بربط دوائر الكابلات الأحادية (Single Core) ثلاثية الطور مباشرة إلى نظام التأريض(Solid bonding) وهذه الطريقة تحافظ على امتداد مسار الكابلات وتؤدي الى عدم مرور تيار في الغلاف المعدني ومن ثم عدم ارتفاع درجة حرارته وعدم حدوث فقد في الطاقة من خلال الغلاف المعدني.

ثانيا"- تأريض الغلاف الخارجي من طرف واحد:

نظراً لزيادة الجهد على احد طرفي الكابلات في الجهة غير المؤرضة فانه يفضل استخدام ما يعرف بمثبت جهد الغلاف المعدني (Sheath voltage limiter SVL) في الجهة غير المؤرضة من الكابلات وبالاضافة لحماية الغلاف المعدني للكابلات من زيادة الجهد الناتج عن تيار التحميل فانه يوفر حماية الكابلات من زيادة الجهود الناتجة عن الصواعق الكهربائية وكذلك الموجات الناتجة من عمليات فتح الدوائر الكهربائية ويفضل استخدام طريقة التأريض من طرف واحد فى الكابلات القصيرة والتى يصل طولها فقط الى عدة مئات من الامتار.

ثالثا"- تأريض الغلاف الخارجي للكابلات من منتصفها:

فى هذه الحالة فان الغلاف المعدني للكابلات الثلاثية الاحادية القلب يتم توصيلة مباشرة بالارض عند منتصف مسار الكابل وتساعد هذه الطريقة على تقليل الجهد في الغلاف الخارجي للكابل الى النصف.

رابعا" - تأريض الغلاف الخارجي للكابلات بطريقة: (Sheath Sectionalizing Joints)

وتستخدم هذه الطريقة بتقسيم الغلاف الخارجي للكابلات الارضية احادية القلب المكونة للدارة ثلاثية الطور الى اجزاء وعمل وصلات يتم توصيلها بالارض عن طريق وحدات محدد جهد الغلاف المعدني Sheath voltage Limiter Svl ويستخدم ناقل لتوصيل ارضي محدد جهد الغلاف المعدني SVL يعرف ب Continuity Conductor Earth ecc.

اما طريقة (Cross bonding System) في هذه الطريقة يتم تقسيم الغلاف الخارجي لمنظومة الكابلات الارضية الى ثلاثة أجزاء متساوية أو الى عدد يقبل القسمة على ثلاثة (ستة اجزاء أو تسعة أجزاء ------) وعمل وصلات فتكون الزيادة فى الجهود على كل جزء متساوية ثم يتم تبادل توصل الاوجه وبالتجميع على طول دارة الكابلات يكون محصلة الجهود على طرفي دائرة الكابلات تساوي صفر وذلك لتساوي الجهود في القيم مع وجود ١٢٠ درجة اختلاف فى الاتجاه.

وغالبا ما يصعب تقسيم الغلاف المعدني للكابلات الى أجزاء تقبل القسمة على (3) أو كمضاعفاتها مما ينشأ عنه وجود زيادات فى ارتفاع الجهود على الغلاف الخارجي للمنظومة.

ونظرا" لعدم التماثل فى تقسيم أطوال الكابلات فان هذه هي الطريقة المفضلة فى تأريض الكابلات ذات المسافات الطويلة لأنها تساعد بشكل كبير على تقليل قيمة التيار المار فى الغلاف الخارجى للكابلات الذي يعتمد أساساً على طول الكابل . وهذه الطريقة تكون اقتصادية للكابلات ذات مساحة مقطع ٥٠٠ مم٢ واكثر بطول ٣ كيلومترات فأكثر.

خامساً – تقسيم الغلاف الخارجي للكابل مع تبادل موصلات قلوب الكابلات:

بالاضافة الى تقسيم الغلاف الخارجى للكابلات الارضية أحادية القلوب بالطريقة السابقة فانه يتم عمل تبادل لوصلات قلوب الكابلات بعد تقسيم اطوالها الى اجزاء تقبل القسمة على ٣ أو مضاعفاتها .

العوامل المؤثرة على الضياعاتLOSSES فى الغلاف الخارجي للكابلات احادية القلب تتوقف على عدة عوامل أهمها:

أ– طريقة تأريض الغلاف المعدني للكابل.

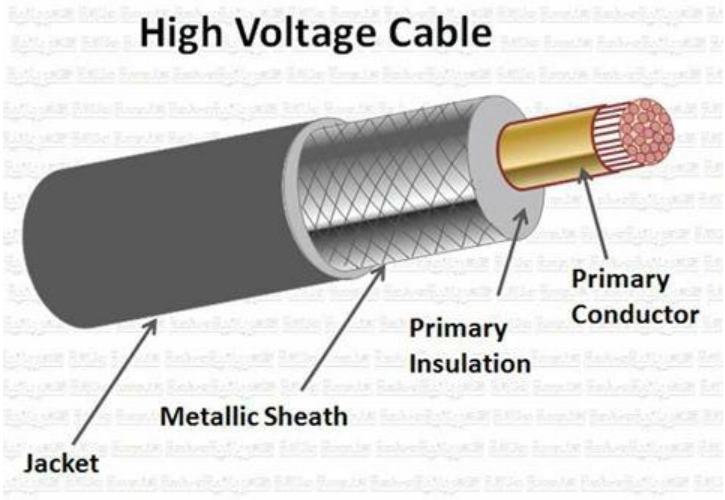
ب– طريقة مد الكابل فى التربة فاما تمد الكابلات على شكل مثلث يعرف ب TreFoil أو أن تمد الكابلات متجاورة فى مستوى افقى يعرف ب Flat Formation وفى كل من الحالتين فان التيار المار فى الغلاف الخارجى يختلف من حيث القيمة وبالتالي فان الفقد فى الغلاف المعدني هو الآخر يختلف.

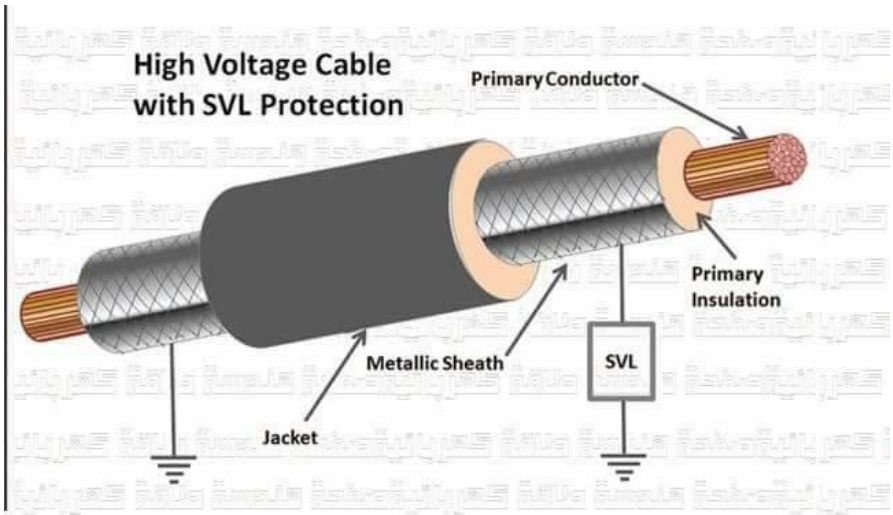
ح– المسافة بين كل كابل والآخر.

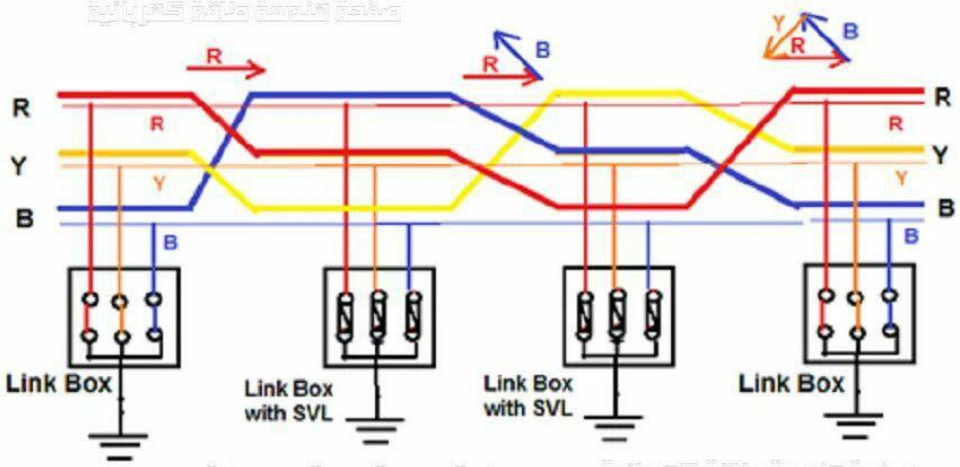
د– المادة المصنوع منها الغلاف المعدني حيث تتوقف قيمة التيار المار فى الغلاف المعدني على مقاومة المادة المصنوع منه وبالتالي على الفقد فى غلاف الكابل وكذلك على سمك الغلاف المعدني .

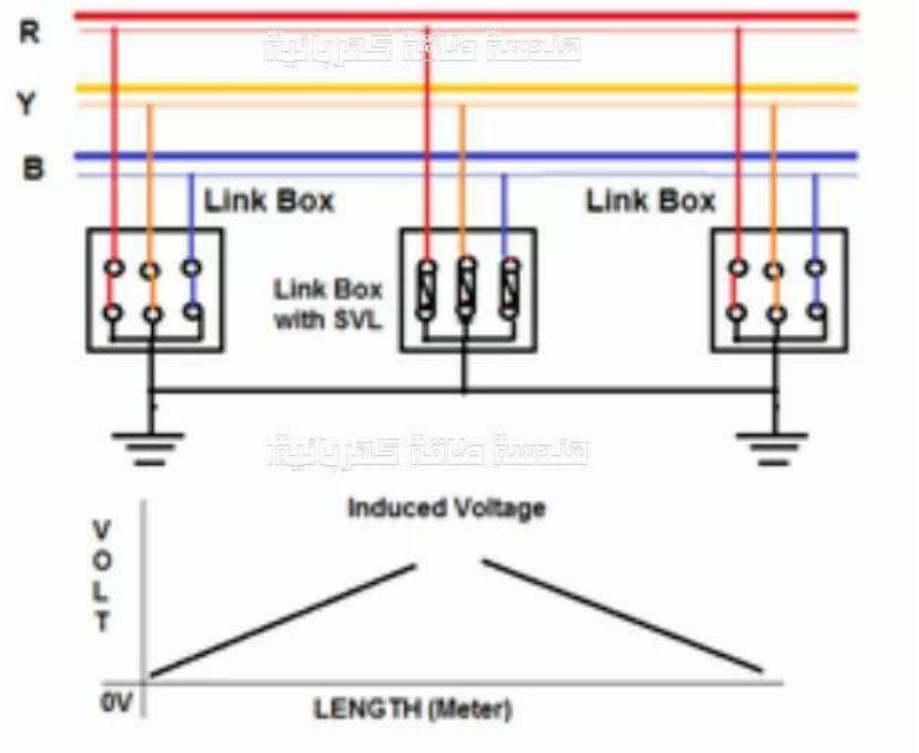
هـ– قيمة التيار المار فى ناقل الكابل فكلما زاد التيار ادى الى زيادة الجهد الناشئ وزيادة التيار المار فى الغلاف الخارجى للكابل.

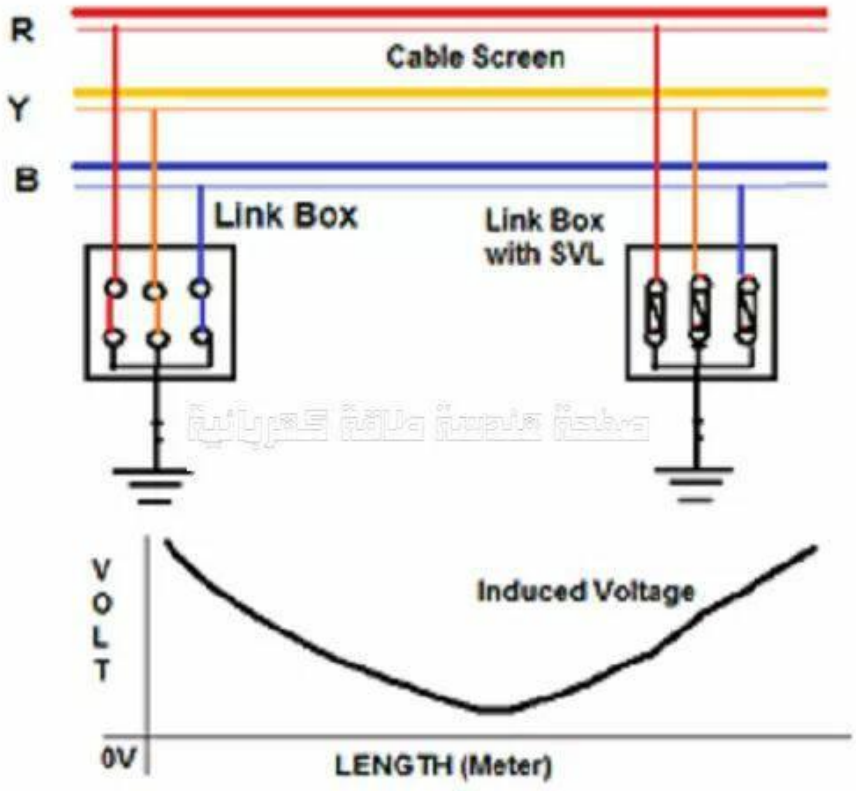
و– يختلف الفقد الخارجي في الغلاف الخارجي للكابل المسلح (Armored Cable) عنه فى الغلاف الخارجي للكابلات غير المسلحة ويمكن الرجوع فى ذلك للمواصفات القياسية العالميةIEC60287


High Voltage Cable
Primary Conductor
Primary Insulation
Metallic Sheath
Jacket


High Voltage Cable with SVL Protection
Primary Conductor
Primary Insulation
Metallic Sheath
SVL
Jacket

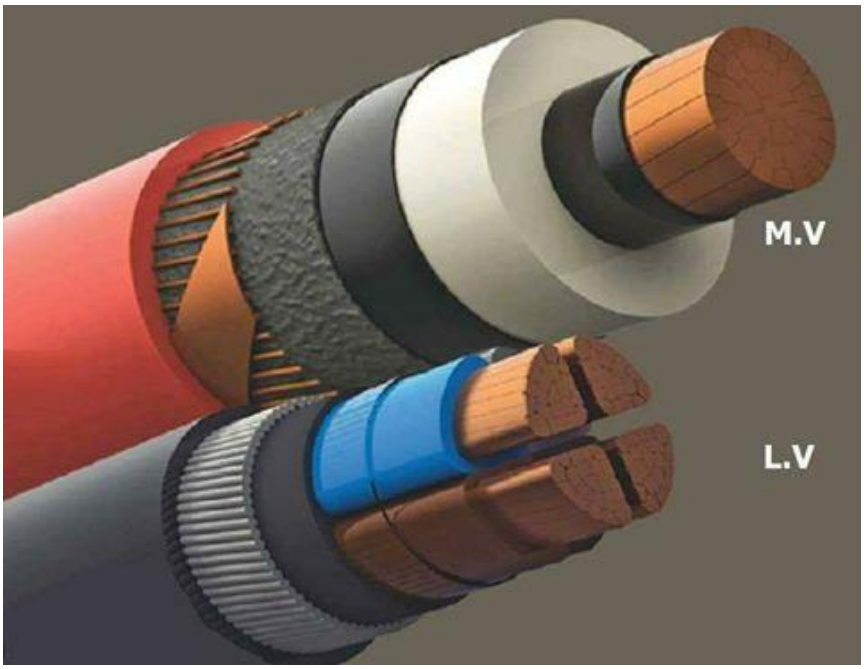

R
Y
B
Link Box
Link Box with SVL
Link Box with SVL
Link Box

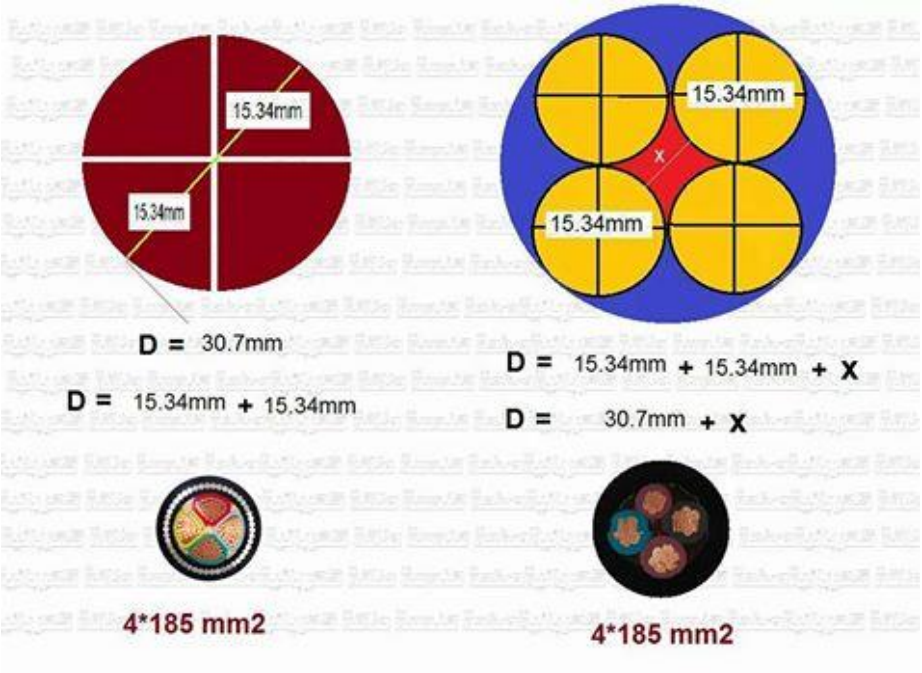

R
Y
B
Link Box
Link Box
Link Box
with SVL
Induced Voltage
VOLT
0V
LENGTH (Meter)


R
Y
B
Cable Screen
Link Box
Link Box
with SVL
Induced Voltage
VOLT
0V
LENGTH (Meter)

لنلاحظ مقطع الناقل في كابل الجهد المنخفض وهو على شكل scoter بينما مقطع الناقل دائري في كابل الجهد العالي هل هناك تفسير ؟؟؟

في كابلات الجهد المتوسط او العالي المطلوب ان يكون الحقل الكهربائي الذي يتشكل بين الناقل والشيلد منتظما" بحيث لايتعرض العازل الى اجهادات عالية تسبب انهيار عازلية الكابل ومن هنا يجب ان يكون الناقل بمقطع دائري ولكن تركيبة الناقل المكون من مجموعة من الاسلاك مع الجدل لن ينتج سطحا "اسطوانيا" بشكل دقيق لذلك يتم تركيب مادة نصف ناقلة محيطة بالناقل للتغلب على موضوع الجدل للاسلاك المكونة للناقل كما يتم تركيب مادة نصف ناقلة قبل اسلاك الشيلد التي تتكون من مجموعة من النواقل وبالنتيجة نصبح امام كابل الناقل فيه يشكل لبوس والشيلد يشكل لبوس اخر بينهما مادة عازلة اي مكثف بحقل منتظم اما في كابل الجهد المنخفض فان انتظام الحقل ليس ضروريا "بسبب انخفاض قيمة الجهد وبالتالي لتكوين كابل رباعي بأقل قطر ممكن يتم اللجوء الى المقطع على شكل قطاع دائري لتقليل القطر الاجمالي للكابل وغالبا" يتم تنفيذ هذا الامر على الكابلات ذات المقاطع الكبيرة ابتداء" من 95*4مم٢ ومع ذلك يمكن ان نجد كابلات بنواقل ذات مقطع دائري.





صيانة الكابلات

على الرغم من أن نظام التوزيع الذي يستخدم الكابلات الممدة تحت الأرض يتطلب قدرا" أقل من الصيانة بالمقارنة مع استخدام الشبكات الهوائية لكن من الضروري أن يكون هناك إجراءات واضحة للصيانة بكافة اصنافها الوقائية والفعلية من أجل ضمان حياة طويلة للكابلات.

وتشمل الصيانة الوقائية التي تنفذ سنويا ما يلي:

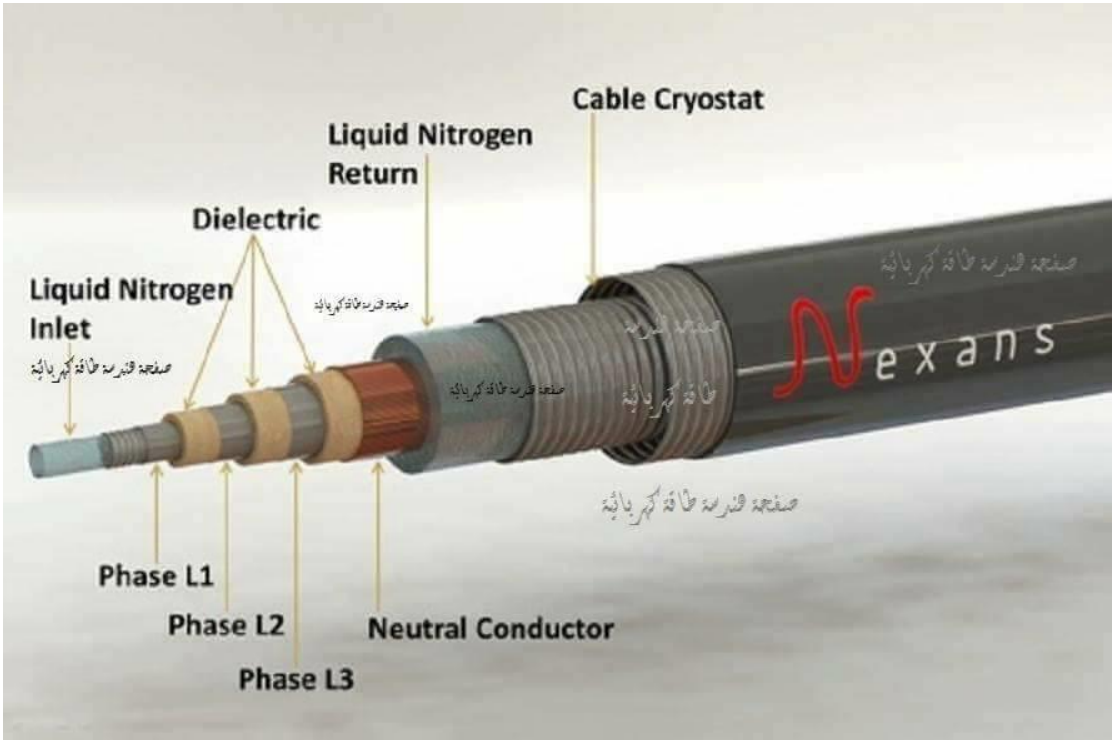
- الفحص البصري للهياكل والمحولات والقواطع الالية والكابلات للتبين من علامات الانهيار أو الضرر وبيان النظافة والحالة القائمة مع اتخاذ إجراءات تصحيحية عند الضرورة
- الفحص البصري لنقط الربط بين الكابلات والتجهيزات ، والوصلات الأرضية ان امكن مشاهدتها من أجل الوقوف على الحالة وتنظيف الأسطح الخارجية المشتركة لازالة الغبار والرواسب الملوثة.
- اختبار مقاومة الاتصال لعلب النهاية مع الاجزاء المقابلة
- اختبار العزل بين النواقل ، وبين النواقل و الأرض باستخدام جهاز ميجر.
- استخدام الكاميرات الحرارية التي تستخدم الأشعة تحت الحمراء لاجراء المسح اللازم لجميع الاجزاء وفي حال تم الكشف عن ربط كهربائي ضعيف من خلال زيادة في درجة الحرارة، يجب اعادة التوصيل مع التنظيف واعادة المسح الحراري بعد ذلك إصلاح او استبدال الاجزاء التالفة في الكابلات.
- والصيانة الفعلية مطلوبة لمعالجة الظواهر التي قد تسبب الفشل كما ان التفتيش البصري للكابلات على طول المسار للتبين والكشف على مظاهر الضرر المحتملة على سبيل المثال بسبب أعمال الحفر.

- اختبارات مقاومة العزل بين الناقل والدرع الأرضي المحيط بالكابل ، جميع الإصلاحات تليها اعمال الاختبار.
- تحليل الأسباب الجذرية والتدابير العلاجية بهدف الحد من حدوث تلك الظواهر في المستقبل.

وتستند الصيانة القائمة على الحالة إلى تقييم حالة الكابلات والمعدات التي تعرضت بالفعل لأضرار جزئية، ومن ثم التنبؤ بالحاجة والجدول الزمني للصيانة أو الاستبدال في المستقبل. ويمكن استخدام معدات مثل نظام اختبار (OTC) لتحديد وتقييم وكشف حالات التفريغ الجزئي في الكابلات وعلب النهاية وعلب الوصل اعتمادا على حجم التفريغ الجزئي، ويمكن اتخاذ قرار إما الاستبدال لقسم من الكابلات على الفور أو اعادة الاختبار مرة أخرى بعد فترة يمكن أن تمتد من أسبوع إلى ١٢ شهراً.

كابلات الناقلية الفائقة

أطول كابل ناقلية فائقة للتوتر المتوسط في العالم تم تنفيذه في مدينة ايسن الالمانية بطول ١ كم وبقدرة تمرير ٤٠ ميغا فولت امبير وبضياعات قريبة جدا "من الصفر ومايكافىء قدرة ٥ كابلات تقليدية.
هذا الكابل انتاج شركة نكسانس الرائدة في صناعة الكابلات يستخدم النيتروجين السائل للتبريد عند درجة ٢٠٦ تحت الصفر وهي ليست درجة حرارة الناقلية الفائقة التي تبلغ ٢٧٣،١٥ تحت الصفر
العمر الافتراضي للكابل ٤٠ عاما.



قياس مقاومة العزل (اختبار العزل)
Measurement of Insulation Resistance

****

اختبار العزل الكهربائي هو اختبار مقاومة التيار المستمرلكافة التجهيزات الكهربائية التي تستخدم المواد العازلة من كابلات ومحولات وتمديدات .....الخ.

ويهدف الاختبار إلى التحقق من:

• وصول النظام إلى المستوي المطلوب من العزل.

• اكتشاف المشاكل التي حدثت أثناء عملية التوصيل والتركيب.
• اكتشاف عيوب العازل التي تؤدي إلى تقليل المقاومة.
• التأكد من جودة وكفاءة الدارة الكهربائية وسلامة النظام.

قياس مقاومة العزل مهمة جدا ونحن عادة" نأخذ القراءة بعد تطبيق اختبار الجهد لمدة قياسية هي دقيقة واحدة أوعشر دقائق ولذلك، مقاومة العزل يمكن أيضا أن يشار إليها كمقاومة عزل /١ دقيقة أو مقاومة العزل /١٠ دقيقة اعتمادا على مدة الاختبار.
عندما نطبق الجهد المستمر direct voltage لقياس مقاومة العزل ، يبدأ التياربالمرور من خلال العزل. يحتوي هذا التيار على عنصرين رئيسيين:

1- التيار المتدفق عبر مسار التسرب على سطح العازل الصلب leakage current ويكون بسبب الرطوبة والغبار وما الى ذلك من الرواسب التي تراكمت بشكل طبيعي على سطح العازل.

2- التيار المتدفق من خلال جسم العازل وينقسم هذا التيار الى ثلاثة مركبات :

- تيار شحن سعوي سيختفي بعد لحظات وبالتالي، فإن هذا التيار ليس له أي تأثير على نتيجة القياس إذا تمت القراءة بعد ١ دقيقة أو أكثر.
- تيار اخر يسمى absorption current يبدأ بقيمة كبيرة ثم يتلاشى الى الصفر خلال الدقائق الاولى للاختبار.
- التيار الاهم conduction current ويبقى ثابتا" طوال فترة الاختبار ولهذا السبب يتم اخذ القياس بعد ١٥ ثانية أو ١ دقيقة أو في بعض الأحيان بعد 10دقيقة خلال الاختبار

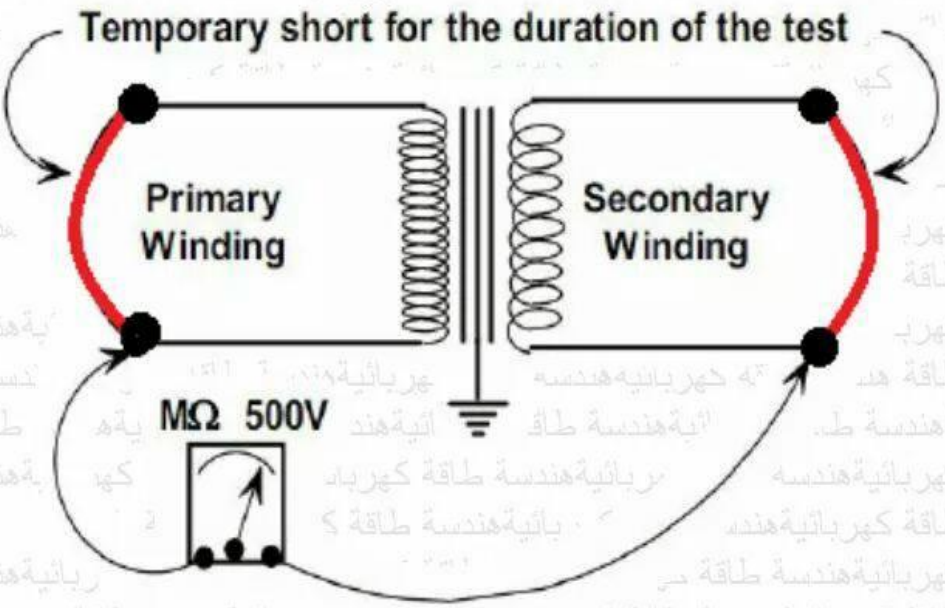
****Insulation Resistance TEST FOR TRANSFORMER****

ويسمى ايضاّ Megger test "لانه يتم بواسطة جهاز Megger والاختبار يقيس المقاومة حيث يتم تطبيق جهد مستمر dc 500v or 1000v على تجهيزات الجهد المنخفض و 2500V-5000V- 10000V لتجهيزات الجهد العالي لقياس المقاومة بين طرفي الجهاز ويجب ان تكون من رتبة الميغا اوم وفي كل الاحوال لاتقل عن الكيلو اوم وقد تصل الى عدة مئات من الميغااوم في المحولات الجديدة.

<u>خطوات الاختبار:</u>

١- فصل المحولة عن الشبكة وتفريغ اي شحنات متراكمة.
٢- قياس المقاومة بين طرفي الجهد المنخفض والعالي مع تنفيذ قصر في كليهما دون تأريض
٣- قياس المقاومة بين جهة الجهد المنخفض والعالي مع تأريض الجزء المنخفض

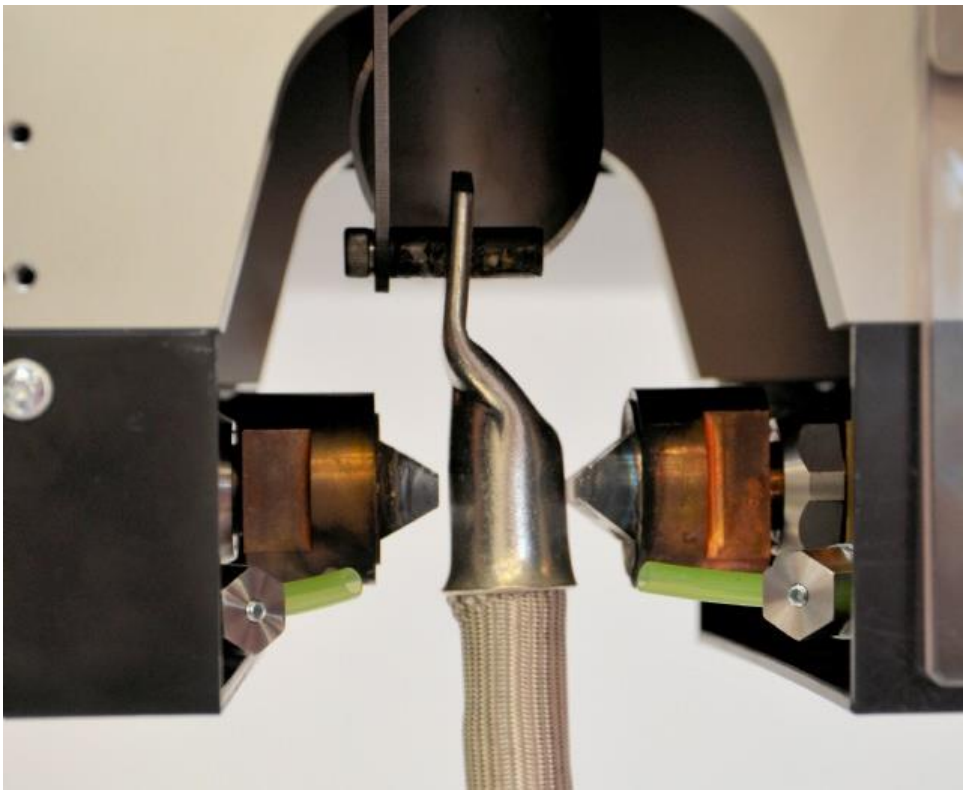
٤- يعاد نفس الاختبار مع تأريض جهة التوتر العالي (المتوسط).



Insulation Resistance

طريقة لتركيب رؤوس الكابلات

لعقود من الزمن تم استخدام الضغط الميكانيكي العادي او الهيدروليكي على البارد لتركيب رؤوس الكابلات cable legs على النواقل في الكابلات لتأمين الاتصال الكهربائي القوي بين الطرفين. ان نقط الوصل هي بشكل من الاشكال نقط ضعف وغالبا" ماتظهر الاعطال في تلك النقط. هناك تقنية جديدة بدأ استخدامها في الشركات العالمية الكبرى لاجراء الكبس على الساخن وهي طريقة مضمونة وتؤدي الى ربط كهربائي ممتاز. الكبس الساخن Hot crimping ومخصص للكابلات ورؤوس الكابلات النحاسية ويستخدم التيارالكهربائي لتوليد الحرارة القريبة من حرارة الانصهار لربط رؤوس الكابلات بالنواقل فيحدث مايشبه الانصهار دون الانتقال الى الحالة السائلة هذه العملية تسمى تسمى لحام الانتشار او اللحام النبضي الذي يؤدي الى مقاومة انتقال صفرية قابلة للعيش لسنوات طويلة جدا" دون تبدل بالمواصفات. الجهاز المستخدم يمكن ان يكون ثابت في المكان على منضدة او نقال في مكان الاستخدام.



يتم طلاء النواقل الكهربائية (بارات – اسلاك (بمادة عازلة من طلاء البولي يوريثين polyurethane بواسطة عملية البخ لاهداف متعددة منها:

•زيادة الاشعاع الحراري عند استخدام اللون الاسود مما يساهم بامكانية زيادة التحميل

•العزل
•سهولة تحديد الاطوار عند استخدام الوان مختلفة
•الوقاية من التأكسد

ان عملية الطلاء للنواقل والبارات يجب ان تلبي الشروط التالية:

-1استقرار الأشعة فوق البنفسجية UV stability
-2استقرار درجة الحرارة temperature stability
-3أقصى التصاق maximum adhesion
-4قابلية الازالة في نقط الوصل المرغوبةremovable at the clamping range
-5طلاء النواقل باللون المرغوب
يمكن استخدام هذه التكنولوجيا في البارات في لوحات التوزيع والنواقل العارية للشبكات الهوائية وغيرها