

صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة الكيابل الأرضية

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون :
ملماً بطرق صيانة الكيابل الأرضية
مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الموجودة في الوحدة .

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

Underground Cables Maintenance

الفصل الرابع : صيانة الكابلات الأرضية

Introduction

٤- ١ : مقدمة :

تعتبر الكابلات الكهربائية الأرضية من المكونات الأساسية لشبكات توزيع الطاقة الكهربائية حيث تتميز بالعمر الافتراضي الطويل والقيمة الاقتصادية العالية ، إلى جانب استخدامها في خطوط نقل القدرة في العديد من المواقع وخاصة حيث لا تصلح الخطوط الهوائية عندما يمر الخط بممر مائي أو بالقرب من المدن الكبيرة ذات الكثافة السكانية العالية مما يساعد على توفير عامل الأمان والسلامة من مخاطر الكهرباء ، ولقد بدأت شركات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية العمل على دراسة تحويل الخطوط الهوائية بالقرب من المدن والقرى إلى كابلات أرضية وذلك للأسباب التالية :

- زيادة الوعي البيئي لدى الشعوب والذي يؤيد ويطالب بذلك التحول .
- التقدم التكنولوجي الهائل الذي قدم العديد من أنواع الكابلات التي تصلح في شبكات الجهد العالي و الفائق .
- تزايد الطلب في المدن الرئيسية على الطاقة الكهربائية و ذلك للنمو السكاني والتوسع في استعمال وسائل النقل العامة الكهربائية .
- من المتوقع أن تقوم العديد من دول العالم النامي بتحديث شبكاتها الكهربائية الحالية لمواجهة زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية .

ويهدف هذا الفصل إلى تغطية العديد من المفاهيم الخاصة بالكابلات الكهربائية الأرضية من حيث تمديد وتشغيل كابلات القوى الكهربائية وكذلك أسس صيانتها واختبارها ، وتعتبر تلك المفاهيم من أهم العوامل المساعدة على تجنب أعطال الشبكة الكهربائية والأضرار بكابلات القدرة . ولكي تكون الكابلات الأرضية فعالة وذات جدوى اقتصادية يجب أن تتوفر فيها مجموعة من الشروط أهمها :

١. أن تكون ذات موصلية أو ناقلية جيدة للكهرباء .
٢. أن تكون ذات مقطع كاف لتحمل التيار دون ارتفاع درجة الحرارة إلى قيم غير مسموح بها .
٣. أن تكون ذات متانة كافية لتحمل الصدمات الميكانيكية التي قد تتعرض لها ، إلى جانب المرونة الميكانيكية حتى يتمكن من ثني الكابل أو احنيه .

٤. أن تكون ذات عازلية جيدة بين الموصلات والأرض أو بين الموصلات فيما بينها بحيث تكون هذه العازلية كافية لتحمل الجهد الذي يعمل عليه الكيبل أو أي ارتفاع مفاجئ في الجهد قد ينتج عند حدوث عطل في الشبكة ، على أن يكون الفقد في هذا العازل صغيراً .

٥. أن تكون ذات مقاومة عالية للكورونا (التفريغ الهالي) والتأين .

٦. أن تكون مقاومة لدرجات الحرارة العالية .

٧. أن تكون مقاومة للرطوبة .

وتتميز الكابلات الأرضية عن الخطوط الهوائية بالميزات التالية :

- التطور الكبير في أجزائها واختلاف الكيبل من حيث التصنيع والخواص كل سنة عما قبلها .
- تنوع أنواع العوازل المستخدمة في تصنيع الكابلات بين PVC أو XLPE أو بهما معاً أو استخدام الورق المشبع .
- تنوع مقاسات الكابلات حسب غرض الاستخدام بين كابلات توزيع أو كابلات نقل أو كابلات توصيل أجهزة كهربائية ، وكذلك حسب الجهد بين جهد منخفض أو متوسط أو عالي .
- سهولة استخدامها داخل المدن ذات الكثافة السكانية أو في المناطق الصناعية حيث تكون أكثر أماناً للأفراد وأقل عرضة للحوادث وأقل تأثراً بالكوارث الطبيعية والعوامل البيئية ولذلك فهي تستخدم عندما يكون الأمان مطلباً أساسياً أو عندما يكون النقل بخطوط هوائية غير مأمون بالقرب من المطارات أو عبر الموانع المائية المتسعة .
- سرعة إنشائها أعلى نسبياً من الخطوط الهوائية ، إلى جانب أنها تشغل حيزاً أقل من الأرض .
- ذات عمر افتراضي أطول .
- إمكانية انثناء الكيبل عند الدفن إلى زاوية معينة حسب سمك الكيبل .

أما العيوب الرئيسة للكابلات الكهربائية الأرضية فيمكن تلخيصها فيما يلي :

- صعوبة تحديد مكان العطل مباشرة .
- صعوبة الوصول إليها في حالة الصيانة حيث تكون مدفونة تحت الأرض .

- تحتاج لشدة عزل كهربائية عالية على طول امتداد الكابل .
- تكاليف المواد الخام العالية المستخدمة في العزل .

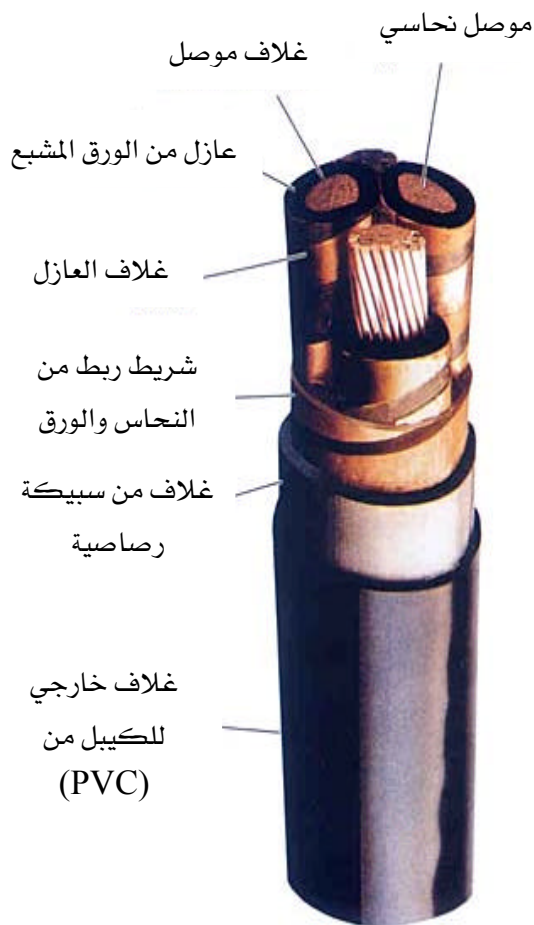
Cables Construction

٤ - ٢ : مكونات الكابلات الأرضية

تتشابه جميع أنواع الكابلات في أنها تحتوي على موصلات لحمل التيار (قلب الكابل) ، وعازل يحيط بالموصلات ، ثم ستارة من مادة موصلة لتوزيع المجال الكهربائي بشكل أفضل داخل المادة العازلة للكابل ، ونوع من الغطاء الخارجي لتقديم الحماية الميكانيكية وكذلك الحماية من التآكل وضمان عمل العازل بطريقة جيدة خلال فترة العمر الافتراضي لعمل الكابل (الغلاف المعدني أو الدرع) .

وتصنع الكابلات إما بقلب واحد أو قلبين أو ثلاثة قلوب وربما أكثر من ذلك ، وقلب الكابل عبارة عن موصل تحيط به مادة عازلة تعزله عن باقي القلوب وكذلك مكونات الكابل . وتخضع عملية المفاضلة بين استخدام كابل وحيد القلوب أو متعدد القلوب لعدة عوامل منها ما هو فني بحث تقتضيه الحاجة للحصول على أداء معين تحت ظروف معينة ، وما هو اقتصادي . ويمكن القول بأن استخدام الكابلات عديدة القلوب يؤدي إلى خفض تكاليف الكابل وكذلك خفض هبوط الجهد بالإضافة إلى استخدام اقتصادي أفضل لمجاري الكابلات ، وعلى الجانب الآخر فإن استخدام الكابلات وحيدة القلب يهيئ مرونة أفضل وسهولة في التركيب والتوصيل ، ولهذا يفضل ويستحسن وينصح باستخدام الكابلات وحيدة القلب داخل المباني نظراً لكثرة تعرض الكابل للانحناءات وكثرة عمل التفريعات والتوصيلات .





شكل (٤ - ١) - نماذج لبعض أنواع الكابلات أحادية القلب أو متعددة القلوب

وتصنع موصلات الكابلات من النحاس أو الألمنيوم ، ويعتبر النحاس أكثر الأنواع شهرة في الاستخدام كموصل كهربائي لعدة أسباب منها :

- له أفضل موصلية كهربائية (مقاومة نوعية أقل) .
- يسمح بمرور تيار أكبر (أي كثافة التيار كبيرة) وذلك يوفر في مساحة المقطع .
- معدن منتظم ذو قوة احتمال للإجهادات الميكانيكية .
- يمكن تشكيله على البارد .
- أما عيب النحاس الرئيس فهو تذبذب أسعاره بشكل كبير .

على الجانب الآخر يمتاز الألمنيوم بالميزات التالية :

- رخص الثمن وخفة الوزن .
- فقد قليل جداً عند الجهود العالية للتفريغ الهائلي .
- السحب على الحار والبارد .

Cable Classifications

٤- ٣ : تصنيف الكابلات الأرضية

تصنف الكابلات الكهربائية الأرضية إلى أنواع عديدة طبقاً للأسس التالية :

- تركيب الكابل من حيث عدد القلوب في الكابل الواحد : حيث توجد الكابلات أحادية القلب ، أو الكابلات متعددة القلوب والتي قد تحتوي على ثلاثة قلوب أو أكثر .
- نوع المادة العازلة المستخدمة في عزل الكابل : حيث توجد كابلات العازل الورقي المصمت أو المليئة بالزيت أو الغاز ، إضافة إلى كابلات العوازل البولييمرية والتي تشمل كابلات البولي فينيل كلورايد PVC وكابلات البولي إيثيلين التشابكي XLPE وكابلات العوازل المطاطية .
- مستوى الجهد الذي يعمل عنده الكابل : حيث توجد كابلات جهد منخفض ، وأخرى للجهد المتوسط ، وكذلك كابلات الجهد العالي أو الفائق والتي تستخدم على نطاق ضيق .
- مجال استخدام الكابلات : حيث توجد كابلات التمديدات الكهربائية المرنة المستخدمة في التمديدات الداخلية ، كابلات المنشآت الصناعية والمستخدم في تغذيتها بالطاقة على جهود تصل إلى 15 K.V ، الكابلات المستخدمة في التغذية وتوزيع القوى الكهربائية والتي تعمل على جهود تتراوح بين 11 - 33 K.V ، وأيضاً كابلات النقل وهي التي تستخدم في نقل القدرة للجهود من 66

K.V وأعلى ، وأخيرا الكابلات البحرية المستخدمة في نقل القدرة الكهربائية عبر البحار أو المجاري المائية .

٤ - ٤ : طرق مد الكابلات الأرضية :

يتم تمديد الكابلات الكهربائية الأرضية بطرق عديدة كما يلي :

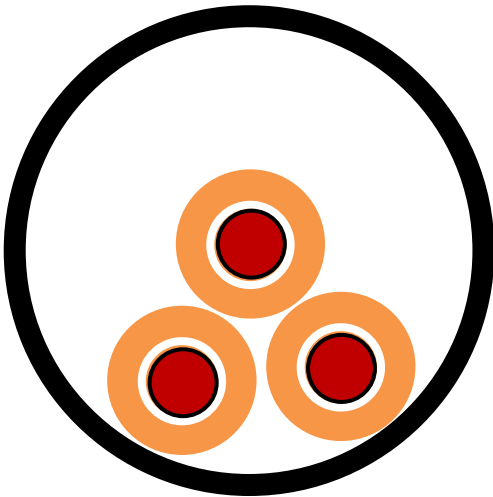
- الدفن المباشر في الأرض .
- داخل مواسير مدفونة في الأرض .
- خلال مجاري تحت سطح الأرض مهيأة خصيصا لهذا الغرض .
- محمولة على صواني (trays) سواء كانت هذه الصواني مفتوحة أو مغلقة .

١. الدفن المباشر في الأرض : وفي هذه الحالة يتم حفر مسار الكابل الكهربائي في الأرض بعمق يتراوح بين 0.5 - 3 meter على حسب جهد الكابل ، يعقب ذلك مد أو وضع الكابل أو الكابلات إذا كان المسار يحتوي على أكثر من كابل مع مراعاة المسافة الفاصلة بين هذه الكابلات ، وفي النهاية تتم تغطية الكابلات وردم المسار بالتربة الأصلية التي تم حفرها كما هو مبين بشكل (٤-٢) .



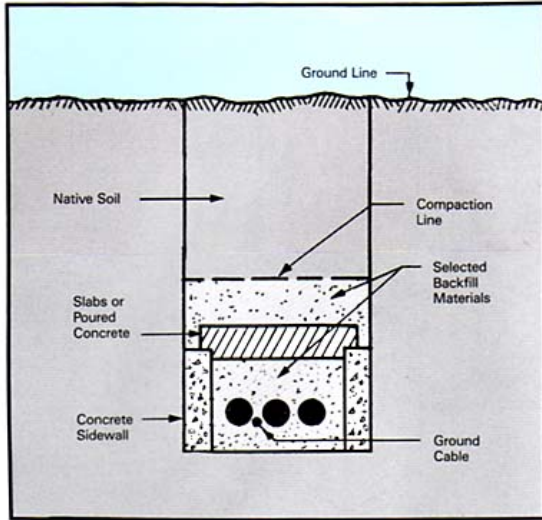
شكل (٤ - ٢) - مد الكابلات الأرضية بالدفن المباشر .

٢. داخل مواسير مدفونة في الأرض : وفي هذه الطريقة يتم تمديد المواسير تحت الأرض حسب المسار المحدد للكابل مع إنشاء غرف تمثل نقاط التقاء للمواسير وتسهيل عملية تمديد الكابلات داخل هذه المواسير أو سحبها عند الحاجة إلى التغيير الجزئي أو الكلي لهذه الكابلات نتيجة الأخطاء أو الأعطال أو الانهيارات التي تتعرض لها أثناء العمر الافتراضي للتشغيل ، ومن الجدير بالذكر أنه يجب ألا تزيد مساحة مقطع الكابل أو الكابلات الموضوعة داخل الماسورة عن 40% من مقطع الماسورة لضمان سهولة عمليات السحب والتمديد وكذلك ضمان عدم ارتفاع درجة حرارة الكابلات أثناء التشغيل . شكل (٤ - ٣) يوضح طريقة مد المواسير التي تحمل الكابلات الكهربائية الأرضية مع الإشارة إلى وضع الكابلات داخل المواسير ومراعاة شغل مساحة المواسير .



شكل (٤ - ٣) - مد المواسير الحاملة للكابلات الأرضية ووضع الكابلات داخل المواسير .

٣. خلال مجار تحت سطح الأرض مهياة خصيصا لهذا الغرض : في هذه الطريقة يتم إنشاء المجاري الخرسانية المعدة خصيصا لمد الكابلات الكهربائية الأرضية بالعمق المحدد تحت الأرض حسب المسار المحدد للكابل مع إنشاء غرف التفتيش اللازمة لمد الكابلات داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة إلى ذلك أثناء التشغيل ، ويتم وضع الكابلات في قاع هذه المجاري . شكل (٤ - ٤) يوضح طريقة إنشاء المجاري الخرسانية للكابلات الكهربائية الأرضية مع بيان جوانب المجاري ووضع هذه المجاري بما تحويه من كوابل تحت الأرض.



شكل (٤ - ٤) - مد الكابلات الأرضية داخل مجار خرسانية تحت الأرض .

٤. محمولة على صواني (trays) : في هذه الطريقة يتم إنشاء مجاري خرسانية أو أنفاق معدة خصيصا لمد الكابلات الكهربائية الأرضية أو لأغراض أخرى تحت الأرض حسب المسار المطلوب للكيبل مع وجود صواني التعليق (trays) على الجدران الرأسية لهذه المجاري أو الأنفاق ، ومراعاة وجود غرف التفطيش اللازمة لمد الكابلات داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة إلى ذلك أثناء التشغيل . شكل (٤ - ٥) يوضح طريقة مد الكابلات الكهربائية الأرضية وتعليقها على الصواني داخل المجاري أو الأنفاق تحت الأرض.



شكل (٤ - ٥) - مد الكابلات الأرضية محمولة على صواني (trays) .

٤- ٥ : أسس صيانة الكابلات الأرضية :

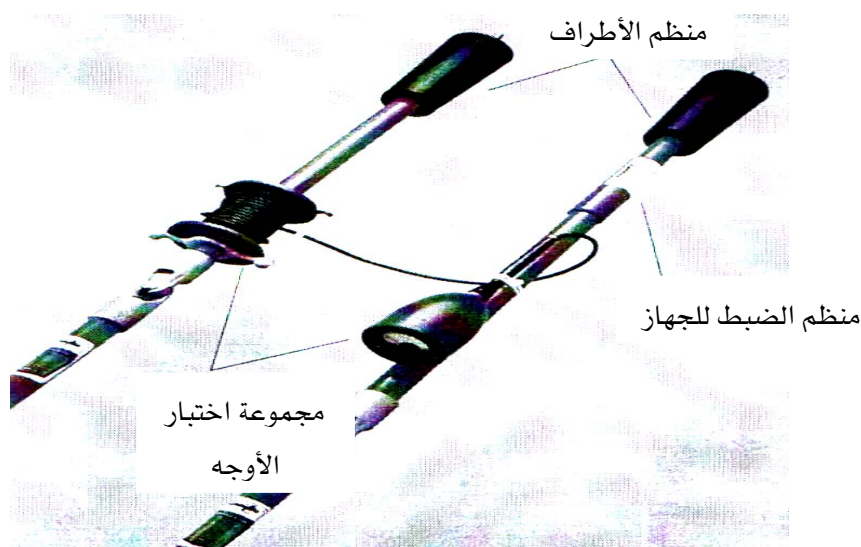
تتم إجراءات الصيانة للكابلات الكهربائية الأرضية على ثلاث خطوات رئيسية هي :

- تحديد نوع الخطأ أو العطل الحادث في الكابل .
- تحديد مكان الخطأ في الكابل .
- إستبدال الكابل التالف بآخر جديد عند انهياره أو عمل وصلة لحام في حالة الكابلات المقطوعة ذات العازل السليم .

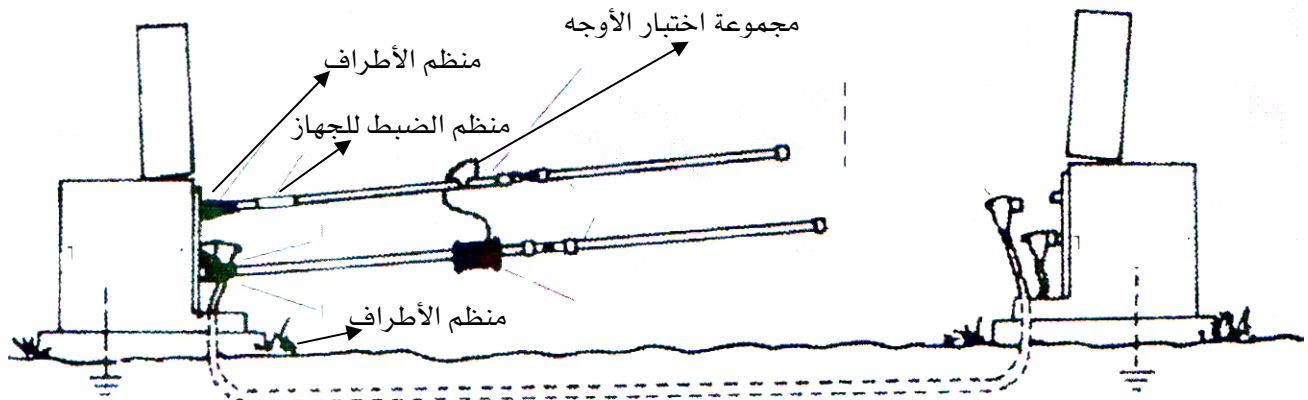
٤- ٥ - ١ : تحديد الأعطال في الكابلات الأرضية :

يعتبر تحديد العطل في الكابل ومكانه من الأهمية بمكان حيث انه من غير المعقول وغير الممكن أن يتم الحفر على طول مسار الكابل أو يتم سحب كابل بكامل طوله من المجرى الموضوع فيه لفحص هذا الكابل وتحديد مكان العطل أو إصلاح هذا العطل . من هذا المنطلق توجد طرق معينة وأجهزة أو معدات معينة تستخدم في تحديد مكان الخطأ أو العطل في الكابل ، من هذه الأجهزة على سبيل المثال :

١ . جهاز DC Hi-Pot Adapter : المبين في شكل (٤ - ٦) والذي يستخدم في تحديد مكان العطل في المسارات الحلقية للكابلات الأرضية كما هو موضح بالشكل (٤ - ٧) .

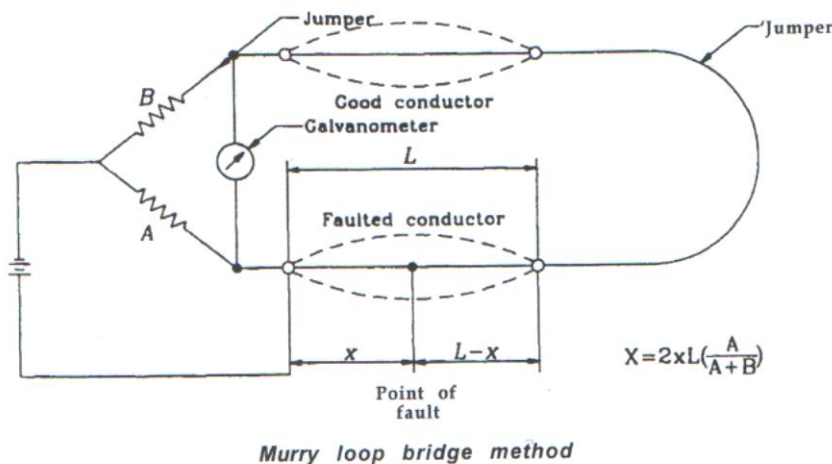


شكل (٤ - ٦) - جهاز DC Hi-Pot Adapter لتحديد مكان العطل في الكابلات الأرضية .



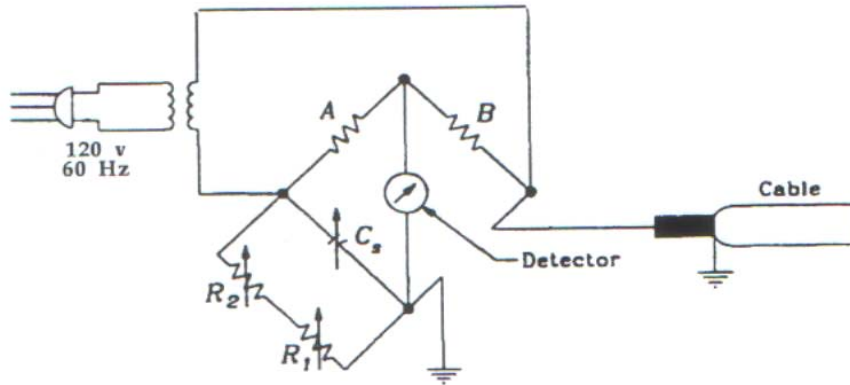
شكل (٤ - ٧) - استخدام جهاز DC Hi-Pot Adapter لتحديد مكان العطل في الكابلات الأرضية .

٢. قنطرة موراي Murray Loop Resistance Bridge : حيث يستخدم الكابل المعطوب مع كابل آخر مماثل وسليم لتكوين دائرة القنطرة كما هو موضح بشكل (٤ - ٨) ، وباستخدام العلاقة الرياضية المبينة بالشكل يتم تحديد مكان العطل في الكابل المعطوب .



شكل (٤ - ٨) - جهاز قنطرة موراي لتحديد مكان العطل في الكابلات الأرضية .

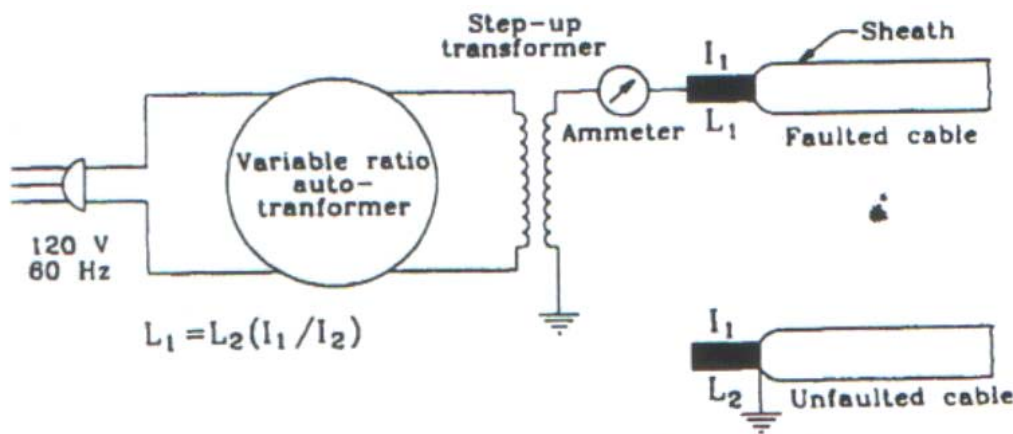
٣. قنطرة قياس السعة Capacitance Bridge Measurement : تصلح هذه الطريقة عندما تكون مقاومة الكابلات عالية القيمة وبالتالي يمكن تحديد مكان العطل عن طريق قياس السعة بين موصلات الكابل والغلاف المعدني سواء للكابل المعطوب أو الكابل المناظر السليم المستخدمين في دائرة القنطرة كما هو موضح بالشكل (٤ - ٩) .



Capacitance bridge measurement method

شكل (٤ - ٩) - جهاز قنطرة قياس السعة لتحديد مكان العطل في الكابلات الأرضية .

٤. طريقة قياس تيار الشحن **Charging Current Method** : في حال عدم توفر الإمكانيات لعمل إحدى قناطر التيار المتردد السابقة ، تستخدم طريقة قياس تيار الشحن لكل من الكابل المعطوب والكابل المناظر السليم لتحديد مكان العطل كما هو مبين بالشكل (٤ - ١٠) .



Charging current method for fault location

شكل (٤ - ١٠) - طريقة قياس تيار الشحن لتحديد مكان العطل في الكابلات الأرضية .

٥. سيارات فحص الكابلات **Cable Testing Cars** : من الجدير بالذكر أيضا أنه توجد سيارات خاصة لفحص واختبار الكابلات حيث تتميز هذه السيارات بأن لها قدرة كبيرة على تحديد أماكن انقطاعات وأعطال الكابلات الأرضية بدقة متناهية والتي تصل أطوالها إلى عشرات الكيلومترات ، كما يتم من خلال تلك السيارات إصلاح الأعطال بشكل صحيح ومحدد في وقت

قياسي مقارنة بالجهد والوقت الذي يهدر لمعرفة مكان العطل . إضافة إلى ذلك فإن سيارات الفحص لها قدرات أخرى تتمثل في فحص معدات كهربائية أخرى مثل المحولات مما ينتج عنه تقليل عمليات فصل الخدمة نتيجة أعطال الكيابل والعناصر الأخرى ، بالإضافة إلى منع حدوث خسائر قد تتعرض لها المنشآت الصناعية بسبب توقف خطوط إنتاجها أو الأضرار التي قد تتعرض لها المستشفيات والبيوت . شكل (٤ - ١١) يوضح إحدى هذه السيارات .



شكل (٤ - ١١) - سيارات فحص وتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

وتحتوي هذه السيارات على العديد من أجهزة فحص واختبار الكيابل ، نذكر منها على سبيل المثال :

- **جهاز مولد النبضات Test and surge generator :** يصمم نظام الاختبار المحمول أو النقل والمغذى ببطارية في تحديد مكان الخطأ في الكيابل الأرضية حيث يعمل على توليد جهد نبضي ذي طاقة عالية لمدة تصل إلى أربع ساعات متواصلة بجهد خرج يتراوح بين 15→25 KV مما يجعل هذا النظام مناسباً بدرجة كبيرة لتحديد مكان الخطأ في كيابل منظومات التوزيع ذات الجهد المنخفض أو الجهد المتوسط ، ويعتمد عمل هذا الجهاز على استخدام طريقة ارتداد القوس

Arc Reflection Method في التحديد المبدي لمكان الأخطاء ذات المقاومة العالية ، بينما يتم تحديد مكان الأخطاء ذات المقاومة الصغيرة باستخدام جهاز قياس ارتداد الموجات *Time Domain Reflectometer (TDR)* دون الحاجة إلى استخدام طريقة الجهد العالي ، شكل (٤ - ١٢) يوضح أحد هذه الأجهزة المحمولة أو النقلة المستخدمة في هذا الغرض .



شكل (٤ - ١٢) - جهاز مولد النبضات المستخدم في تحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

- جهاز قياس الانعكاس *Time Domain Reflectometer (TDR)* : يستخدم هذا الجهاز في تحديد مكان الخطأ في شبكات كيابل القوى عن طريق قياس ارتداد أو انعكاس الموجات النبضية حيث يمكن استخدام عدة طرق للوصول إلى هذا الغرض منها :

❖ طريقة اضمحلال الجهد *Voltage decay method*

❖ طريقة التيار الدفعي *Impulse current method*

❖ طريقة ارتداد أو انعكاس القوس *Arc reflection method*

ويمكن تخزين النتائج والقياسات المأخوذة خلال عملية تحديد العطل ونقلها إلى جهاز الحاسب الإلي ودراستها وتحليلها ، شكل (٤ - ١٣) يوضح أحد أجهزة قياس الانعكاس .



شكل (٤ - ١٣) - جهاز قياس الانعكاس المستخدم في تحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

- جهاز تحديد نقاط الاتصال الأرضي في الكابلات **Earth Fault Locator** : يستخدم هذا الجهاز لتحديد أماكن الاتصال الأرضي على غلاف الكابل حيث يحتوي على جهاز جلفانومتر عالي الحساسية مزود بمكبر بينما يتم ضخ الجهد المستمر اللازم من خلال دائرة تعويض ، ويعتمد هذا الجهاز في تحديد نقطة الاتصال الأرضي من خلال غلاف الكابل على طريقة جهد الخطوة *step voltage method* حيث يأتي التيار اللازم لإجراء الاختبار من دائرة تيار مستمر ذات جهد خطوة تصل إلى 5KV ويمر هذا التيار إلى الأرض عند نقطة الخطأ مما ينتج عنه ارتفاع في قيمة الجهد إلى القيمة العظمى محدثاً قوس (شرارة) كهربية عند مكان الخطأ ، وتساعد على تحديد هذه النقطة كاشفات القوس بين الكابل والأرض *Arc detectors* ، شكل (٤ - ١٤) يوضح أحد أنواع هذه الأجهزة .



شكل (٤ - ١٤) - جهاز تحديد نقاط الاتصال الأرضي في الكابلات الأرضية .

- جهاز توليد التردد السمعي **Audio Frequency Generator** : يستخدم هذا الجهاز في إكتشاف وتحديد مكان الخطأ في كابلات القوى الكهربائية وكابلات الاتصالات النحاسية لمسافات تصل إلى 6 K.m حيث تستخدم في ذلك تقنيات معالجة الإشارة من أجل إكتشاف أماكن القصر الكهربائي *Short-circuit* أو القطع أو الدائرة المفتوحة *Open-circuit* أو الانهيارات في العازل عن طريق تحديد قيمة معأوقة الكابل سواء كان هذا الكابل من النوع المجدول *Twisted pair* أو من الكابلات المحورية *Coaxial cables* ، ويعمل جهاز راسم الذبذبات المدمج مع الجهاز على متابعة التردد السمعي خلال الكابل مما يسهل عملية تحديد مكان الخطأ فيه مع إظهار منحني يوضح المسافة التي تبعد بها نقطة الخطأ على الكابل . شكل (٤ - ١٥) يوضح أحد أنواع هذه الأجهزة .



شكل (٤ - ١٥) - جهاز توليد الترددات السمعية المستخدم في تحديد العطل في الكابلات الأرضية .



شكل (٤ - ١٦) - بعض الأجهزة الموجودة في سيارات فحص الكابلات الأرضية .

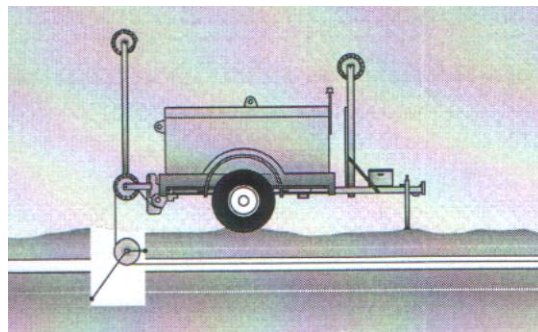
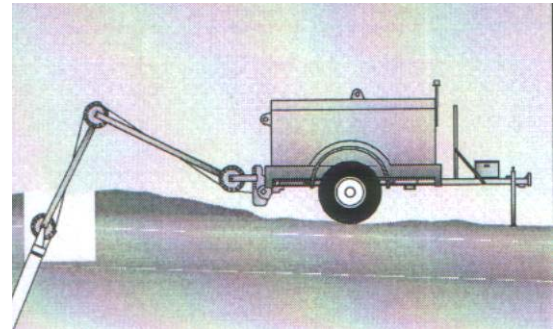
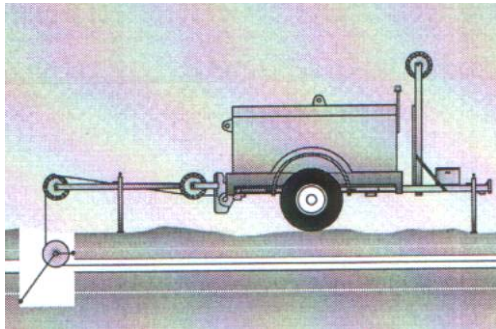
٤ - ٥ - ٢ : إجراءات الصيانة للكابلات الأرضية :

من المعلوم أن الكابلات الكهربائية الأرضية إما أن تكون مدفونة مباشرة في الأرض أو تكون ممددة داخل مواسير أو مجاري وبالتالي فإن إجراءات الصيانة تختلف باختلاف طريقة تمديد الكابل كما يلي :

- في حالة الكابلات الممددة بالدفن المباشر في الأرض حيث لا تتوفر صناديق أو غرف تفتيش على طول مسار الكابل ، يحدد مكان العطل في الكابل باستخدام إحدى الطرق المعدة لهذا الغرض ، ثم يبدأ الحفر في مكان العطل وإصلاحه مع مراعاة أن الحفر قد يمتد لبعض مسافة إذا كانت

هناك رغبة في تغيير بعض طول الكابل . ومن أهم الصعوبات التي تواجه فريق الصيانة في هذه الحالات هي جفاف الوسط المحيط بالكابل عند الإصلاح .

- في حالة الكابلات الممددة داخل مواسير أو مجاري خاصة فإنه إذا توفر ماسورة أو مجرى إضافي فارغ بدون كابل يمدد كابل جديد داخل هذه الماسورة أو المجرى مع لحام طرفي هذا الكابل في النهايتين السليمتين للكابل المعطوب وسحب الجزء المعطوب من الكابل من المجرى الأساسي ووضع علامة تفيد بأنه تم نقل هذا الجزء من الكابل إلى مجرى آخر مجاور ، في حال عدم توفر المجرى الإضافي يتم سحب الكابل المعطوب أولاً وتمديد كابل جديد مكانه في نفس المجرى ، وفي حال تعذر عملية تمديد الكابل الجديد في نفس المجرى عند حدوث انهيارات به أثناء عملية سحب الكابل المعطوب يتم انشاء مجرى جديد مجاور . شكل (٤ - ١٧) يوضح استخدام عربة سحب وتمديد الكابلات الممددة داخل مواسير أو مجاري خاصة .



شكل (٤ - ١٧) - استخدام عربة سحب وتمديد الكابلات الأرضية .

- خطوات عمل رأسية نهاية الكابلات الأرضية :

إن من المهم اتباع الخطوات والقياسات الموجودة على كتيب التعليمات الموجود مع مجموعة الأجزاء المكونة للنهاية الرأسية للكيابل الأرضية ولتأخذ مثالا لرأسية كيبل طولها ٦٦ سم حيث تتبع الخطوات التالية لعمل الرأسية المطلوبة :

١. تقشير الغطاء الخارجي للكيبل بمقدار ٥٦ سم (وبشكل عام يتم تقشير الغطاء الخارجي بطول أقل من طول الرأسية بمقدار ١٠ سم) .
٢. وضع شريط لاصق (غالبا ما يكون موجودا مع أجزاء الرأسية) على الغطاء الخارجي بعد المسافة التي تم تقشيرها بمسافة ٦ سم .
٣. إرجاع شعيرات موصل الأرضي إلى الوراء بحيث تشكل زاوية قائمة ويتم الضغط عليها لتلتصق بالشريط اللاصق .
٤. لف شريط لاصق فوق شعيرات موصل الأرضي بنفس المسافة وقدرها ٦ سم .
٥. مسح الغطاء الخارجي بمادة التتر أو البنزين .
٦. إزالة شبه الموصل بالبراية الخاصة بالكيابل ومعايرة شفرات البراية بحيث تزيل فقط شبه الموصل مع العلم أن سماكته لاتزيد عن ١ مم .
٧. بعد إزالة قشرة شبه الموصل يجب تفقد سطح الكيبل بحيث لا يكون هناك أية بقعة سوداء من شبه الموصل وإن وجدت تتم إزالتها بورق صنفرة عيار صفر .
٨. يقشر العازل الداخلي حتى الوصول إلى سلك النحاس بقدر المسافة التي يتم كبسها داخل الرأسية.
٩. تقص زاوية العازل إلى زاوية مقدارها 45 درجة تقريبا .
١٠. كبس مسافة الكيبل المقشرة كلياً من الداخل إلى الخارج .
١١. مسح رأس الكيبل بالتتر أو البنزين بالكامل مع منع لمسه .
١٢. وضع الرأسية بحيث تصل إلى المسافة المقشرة كلياً من الكيبل .
١٣. وضع الرأسية وتسليط اللهب عن بعد .
١٤. وضع الحلقات من الأسفل إلى الأعلى وتوضع الحلقة الأولى على بعد ١٥ سم من أسفل رأسية الكيبل كما تكون المسافة بين الحلقة والأخرى مسافة ٨ سم حيث يكون على الرأسية عدد أربع حلقات .

أسئلة وتمارين

١. اذكر الشروط الواجب توافرها في الكيابل الأرضية
٢. اشرح مميزات وعيوب الكيابل الأرضية
٣. اشرح أسس تصنيف الكيابل الأرضية
٤. اشرح إحدى طرق مد الكيابل الأرضية
٥. اشرح مع الرسم إحدى طرق تحديد مكان الخطأ في الكيابل الأرضية
٦. اشرح مع الرسم مكونات الكيابل الأرضية
٧. اذكر أسس صيانة الكيابل الأرضية
٨. اشرح خطوات الصيانة للكيابل الأرضية
٩. اشرح خطوات عمل وصل رأسية لكيابل أرضية