بسم الله الرحمن الرحيم

جـــــامعة الســـودان للعلوه والتكنولوجيا

كلية التربية

قسم التربية التقنية

تخصص كهرباء

بحث مقدم لنيل درجة بكالريوس الشرف في التربية التقنية

بعنوان :

كوابل القوة الكهربائية وطرق صيانة الأعطال

Under Ground Cables& Maintenance

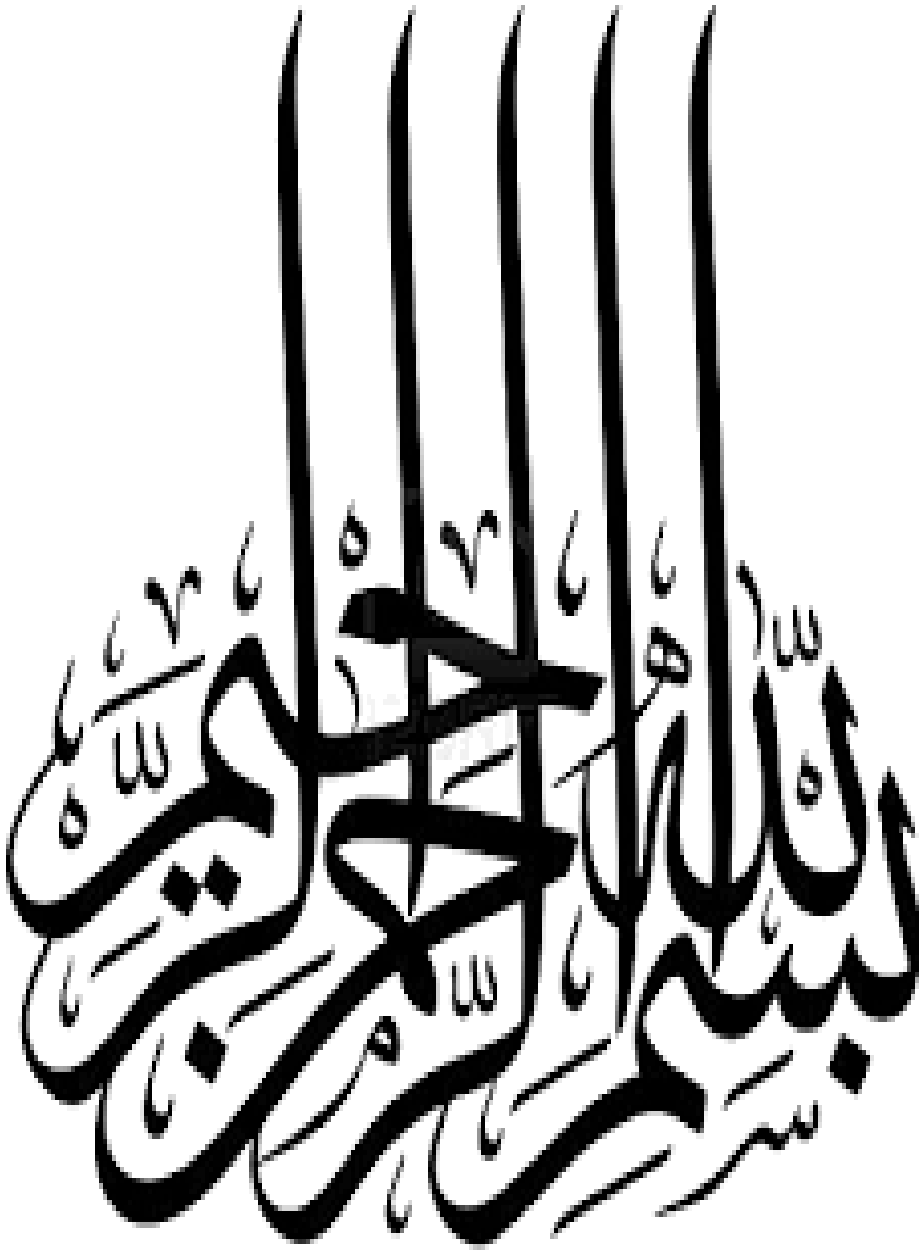
إعداد الطلاب :

1. عمر عبدالمجيد محمد
2. عمر صديق يوسف
3. محمد هجم جلا

إشراف الدكتورة/

فاطمة إبراهيم حجا

2016 م



آيــة

قال تعالي:

﴿اللَّـهُ نُـورُ السَّـمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مَثَـلُ نُـورِهِ كَمِشْـكَاةٍ فِيهَـا مِصْبَاحٌ الْمِصْـبَاحُ فِـي زُجَاجَـةٍ الزُّجَاجَـةُ كَأَنَّهَـا كَـوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَـةٍ لَا شَـرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّـةٍ يَكَـادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَـى نُـورٍ يَهْـدِي اللَّـهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْـرِبُ اللَّـهُ الْأَمْثَـالَ لِلنَّـاسِ وَاللَّـهُ بِكُـلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ﴾

صدق الله العظيم

سورة النور

(الاية 35)

إهـــداء

بسم الله الرحمن الرحيم

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة .. ونصح الأمة .. إلى نبي الرحمة ونور العالمين ..
سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم
إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار .. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد ..

والدي العزيز

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني .. إلى بسمة الحياة وسر الوجود
إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي
إلى أغلى الحبايب

أمي الحبيبة

إلى رفقا دربي وهذه الحياة بدونكم لاشيء معكم أكون أنا وبدونكم أكون مثل أي شيء .. في نهاية مشواري أريد أن أشكركم على مواقفكم النبيلة إلى من تطلعتم لنجاحي بنظرات الأمل

أخواني .....

إلى الاخوان الذين لم تلدهن أمي .. إلى من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء إلى ينابيع الصدق الصافي إلى من معهم سعدت ، وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير
إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني أن لا أضيعهم

أصدقائي .....

(ب)

شكر وعرفان

في مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع ليفكر قبل أن يخط الحروف ليجمعها في كلمات ... تتبعثر الأحرف وعبثاً أن يحاول تجميعها في سطور.

سطوراً كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا قليلاً من الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا إلى جانبنا ..... فواجب علينا شكرهم ووداعهم ونحن نخطو خطوتنا الأولى في غمار الحياة .

ونخص بالجزيل الشكر والعرفان إلى جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيات كما نتوجه بالشكر الي كلية التربية قسم التربية التقنية وإلى كل من أشعل شمعة في دروب عملنا

وإلى من وقف على العلم وأعطى من حصيلة فكره لينير دربنا إلى الأساتذة الكرام في قسم التربية التقنية ونتوجه بالشكر الجزيل إلى

الدكتورة :

فاطمة إبراهيم جحا

الــتي تفضــلت بإشــرافها علــى هــذا البحــث فجزاها الله عنا كل خير فلها منا كـل التقـدير والاحترام ..

(ج)

مستخصل البحث

الحمد والشكر لله لقد تم هذا البحث المواضع في كوابـل القـوى والتي قد اشتملت على خمسة فصول وتم ترتيبها كالاتي :

في الفصل الاول : قمنا بوضـع خطـة للبحـث وهـي تشـمل علـى المقدمة - مشكلة البحث - اسباب اختيار البحث – أهمية البحث – أهداف البحث – أسئلة البحث منهج البحث – حدود البحث امــا فــي الفصــل الثــاني فقــد تحــدثنا عــن تعريــف الكوابــل والمــواد المستخدمة في صناعة الكوابل والمواد المستخدمة في صــناعة عوازل الكوابل وقد تعرفنا ايضاً على انواع الكوابل وتركيباتها .

وفي الفصـل الثـالث قـد تعرفنـا علـى انـواع الاعطـال وتعريفتهـا ومشكلات الكوابل واختبارات الكوابل وقد تحـدثنا عـن نبـذة عـن ظاهرة التشـجير وفـي الفصـل الرابـع الجـانب العملـي قـد قمنـا ببعض الزيارات الميدانية قد تعرفنا من خلاله على مراحل تصــنيع الكوابل والاختبارات الواجبة عملهـا فـي تحديـد الاعطـال وطـرق معالجة الاعطال في الكوابل .

وهذا فان اصبت فمن الله وان أخطاءت فمن نفسـي والشـيطان وصلى الله على سيدنا محمد وعلى اله وصحبه وسلم.

Abstract

Thanks to Allah for this Research of Under Ground Cables which Consist of the Following Chapters :

The First Chapter: Consists of plan of Research which Include Introduction, Problems of the Research, the Reasons of Selecting the Research , Importance of the Research , Aims of Research ,Question of Curriculum of Research , Boundaries of Research.

The Second Chapter: Consists of Definition of Under Ground Cables and Materials which used in Fabrication of Insulation of Cables and we knew the Construction and sorts of Under Ground Tables .

The third Chapter: in this Chapters we knew the types of faults and it's Definition and tests of underground cables as well as we talked about treeing phenomena.

Fourth chapter: In this Chapter we talked about Practical sides which Includes vesting for some Factories and stations through this vesting we knew the steps of fabrication of underground cables and tests which needed in Identifying Faults and its Maintenance.

By this if we succeed this from Allah and if we Mistake from our Selves and Devil and lastly peace and Blessing be upon our Prophet.

الفهرس

الرقم	الصفحة	رقم الصفحة
1	آية	**أ**
2	إهداء	**ب**
3	شكر وعرفان	**ج**
4	فهرس	**د**
الفصل الاول : الاطار العام للبحث		
6	المقدمة	1
7	مشكلة البحث	2
9	أسباب اختيار البحث	2
10	أهمية البحث	2
11	أهداف البحث	2
12	أسئلة البحث	2
13	حدود البحث	3
14	مصطلحات البحث	3
الفصل الثاني : الجانب النظري		
14	تعريف الكابلات	4
15	المواد المستخدمة في صناعة الكوابل	5 -7
16	المواد المستخدمة في صناعة عوازل الكوابل	8 - 12
17	أنواع الكوابل	12 – 15
18	تركيب الكوابل	15 - 17
الفصل الثالث : مشاكل الكوابل والأعطال		

19	تعريف الاعطال	18
20	أنواع الاعطال	18 -21
21	مشكلات الكابلات	21 -22
22	اختبارات الكوابل	23 – 26
23	نبذة عن ظاهرة التشجير	26 – 27

الفصل الرابع : ا العملي		
20	مراحل تصنيع الكوابل	28 – 31
21	معالجة الاعطال في الكوابل	32 – 33
22	الاختبارات الواجبة عملها لتحديد العطل	33 -34
الفصل الخامس : النتائج والتوصيات		
26	النتائج	35
27	التوصيات	36
29	المراجع	37

الفصل الأول

الإطار العام

1.1 المقدمة

استخدمت الكبلات الكهربية في نقل وتوزيع الطاقة الكهربية فـي المنـاطق المأهولـة بالسـكان فـي المـدن أو خارجهـا منـذ بدايـة استخدام الطاقة الكهربية ونقلها وتوزيعهـا فـي بريطانيـا وأوروبـا في أواخر القرن التاسع عشر ، وبالتحديد في عـام 1890 عنـدما استخدم فرانتي الورق المشرب في عزل الوصلات .

ومـن المعـروف أن هنـاك طريقتـان أساسـيتان لنقـل الطاقـة الكهربيـة إلـى منـاطق الاسـتهلاك ، وهاتـان الطريقتـان همـا : اسـتخدام الخطـوط الهوائيـة أو اسـتخدام الكبلات تحـت الأرض ، ويعتبر استخدام الخطوط الهوائية أكثر اقتصادية ، ففـي الولايـات المتحـدة الأمريكيـة علـى سـبيل المثـال وحـتى أواخـر القـرن العشـرين هنـاك 1% فقـط مـن خطـوط نقـل الطاقـة الكهربيـة تستخدم الكبلات ، إلا إن هذه النسبة في ازدياد . ويرجـع تفضـيل استخدام الخطوط الهوائية على استخدام الكبلات إلـى أن تكلفـة خطـوط الكبلات تبلـغ مـن 15 إلـى 20 مـرة تكلفـة الخطـوط الهوائية ذات الإمكانات المتساوية ، ولكن هذا الرقم قد قل كثيرا بحلول الألفية الثالثة ، ففي العـام 1993 بـدأت مؤسسـة بحـوث القدرة في الولايات المتحدة مشروعا يهـدف إلـى تقليـل نفقـات مد خطوط الكبلات بنسبة 50% وبحلول عـام 2000 تـم تحقيـق الهدف وأصبحت نسبة تكلفة نقل الطاقة باسـتخدام الكبلات إلـى تكاليف نقلها باستخدام الخطوط الهوائية حوالي 5:1 .

2.1 . مشكلة البحث :

الاعطال التي تحدث في الكوابل أثناء الصناعة والمد.

3.1 . أسباب أختيار البحث :

توضيح مفهوم الكوابل وانواعها وتركيباتها وطرق معالجة اعطالها وإيجاد الحلول في الاعطال المتكررة في الكوابل.

4.1. أهمية البحث

تعد الكوابل من أهم الوسائل في نقل الطاقة الكهربائية من مناطق توليدها الي مناطق استهلاكها وتوزيعها الي كافة المناطق السكنية .

5.1أهداف البحث :

1) التعرف على المفهوم العام للكوابل.
2) التعرف على مراحل تصنيع الكوابل .
3) التعرف على المواد المستخدمة في تصنيع الكوابل
4) التعرف على أنواع الكوابل.
5) التعرف على الاعطال في الكوابل.
6) التعرف على طرق معالجة الاعطال في الكوابل

6.1 أسئلة البحث :

1) ما هي الكوابل
2) ماهي التحديات التي تواجة مراحل تصنيع الكوابل ؟
3) ما هي المواد المستخدمة في صناعة الكوابل؟
4) ماهي اعطال الكوابل؟
5) ماهي طرق معالجة الاعطال في الكوابل ؟

1. 7 حدود البحث

1) حدود مكانية : ولاية الخرطوم

2) حدود زمانية : 2016 م

1. 8 مصطلحات البحث :

1) **الكوابل:** هي موصل يستخدم في نقل الطاقة الكهربيــة أو نقل الإشارات في تقنية الاتصالات وفي تقنية التردد العالي .

2) **الأعطال:** هي حدوث خطـا فـي الـدائرة الكهربائيـة سـواء كبير او ضغير ويتسبب في حريق العـوازل او تـدمير الاجهـزة الكهربائية المركبة في الـدائرة لـذا يجيـب عمـل حمايـة فـي الدائرة الكهربائية .

الفصل الثاني

الإطار النظري

1.2 تعريف الكابلات :

هنالك العديد من التعريفات للكابلات منها مايلي :

الكابلات هى وسيلة من وسائل نقل القدرة وتوزيعها من مناطق التوليد إلى مناطق الاستهلاك كما أن الخطوط الهوائية وسيلة أخرى من وسائل نقل القدرة .

هي موصل من النحاس أو الألمونيوم معزول بخامة عزل مناسبة لاستخدامه في نقل القدرة الكهربية من مكان لأخر .

هي موصل يستخدم في نقل الطاقة الكهربية أو نقل الإشارات في تقنية الاتصالات وفي تقنية التردد العالي .

يطلق مصطلح كابل على المغذيات الرئيسية التي تغذي لوحات التوزيع ،والكابلات الكهربائية هي إحدى الوسائل التي تستخدم لنقل وتوزيع الطاقة الكهربية .

هي مجموعة من موصلات معزولة ومغلقة بمادة عازلة وواقية ، ويكون عادة إما موصلين أو ثلاثة أو أربعة موصلات أو أكثر من ذلك ، كما في كابلات التحكم مثلا وتكون الكابلات في إحدى الصور الآتية :

1. كابل من موصلات معزولة ومغلقة بالترمو بلاستيك .
2. كابل من موصلات معزولة بالمطاط ومغلقة بالترمو بلاستيك .
3. كابل مسلح من موصلات معزولة ومغلقة بالترمو بلاستيك ثم غلاف من شرائح الصلب لوقاية الكابل من الصدمات الميكانيكية والاحتكاك خاصة عند وضعه تحت الطريق.

2.2 . المواد المستخدمة في صناعة الكوابل :

يعتبر النحاس هو المادة التقليدية الـتي شـاع اسـتخدامها فـي موصلات الكبلات ، ولابد أن يكون على درجة عالية جدا من النقاء ، ولذلك يتم تحسين درجة نقائه بالمعالجة الالكترونية حتى تصـبح نسـبة النحـاس فيـه 99.9% ونظـرا للارتفـاع الكـبير فـي ثمـن النحاس خصوصا في الخمسين سنة الأخيرة فقـد شـاع اسـتخدام الألمونيوم بدلا مـن النحـاس كموصـل فـي كبلات القـدرة ، ومـن عيوب الألمونيوم الأساسية والتي استخدامه بدلا من النحاس في البداية هي صعوبة لحام الألمونيوم . ولقد تـم التغلـب علـى هـذه الصعوبة مما أدى إلى استخدام الألمونيوم على نطاق واسـع فـي كبلات القـدرة وبالتـالي انخفـاض كـبير فـي تكلفـة صـناعة هـذه الكبلات ، ويصنف الألمونيوم كرابـع معـدن بعـد الفضـة والنحـاس والذهب بالنسبة للموصلية الكهربيـة ، حيـث تبلـغ موصـليته ثلـثي موصلية النحاس ، ولكن كثافـة الألمونيـوم تبلـغ 30% فقـط مـن كثافـة النحـاس ، وبالتـالي فـإن موصـل مصـنوع مـن الألمونيـوم العالي النقاء يمكنه حمل ضعف القدرة التي يحملهـا موصـل مـن النحاس له نفس الوزن .

يبين جدول رقم (1) تقسيم المعادن حسب الموصلية الكهربائية

الموصلية الكهربية	المعدن
فضة	106.3
نحاس	100
ذهب	73.8
الومنيوم	61.7
صوديوم	35.4
زنك	29
حديد	17.2
قصدير	15.0

وقد سبق التفكير في استخدام هذا المعدن الخفيف في صناعة الكبلات ، نظرا لعدة مميزات منها انخفض كثافته ، وسهولة الحصول عليه نقيا وانخفاض ثمنه مقارنة بالنحاس أو الألمونيوم ، وقد ثبت أن كبلات الصوديوم المصنوعة من البولي أيثلين كعازل لها مميزات عديدة بالمقارنة مع مثيلاتها التي تستخدم النحاس أو الألمونيوم سواء من ناحية التصنيع أو من ناحية المتانة الكهربية للكبل ، حيث أن المتانة الكهربية لكبل البولي أيثلين ذي الموصل المصنوع من الصوديوم تزيد عن المتانة الكهربية لمثيله المصنوع من النحاس أو الألمونيوم بحوالي 25% والسبب في ذلك هو سهولة التحام معدن الصوديوم بالبولي أيثلين وتكون سطح أملس تماما بين الموصل والعازل وبالتالي تلافي العديد من العوامل التي تؤدي إلى انخفاض المتانة الكهربية في الكبلات ذات الموصلات المصنوعة من الألمونيوم أو النحاس ، إلى جانب ذلك فإن كبلات الصوديوم تتميز عن مثيلاتها الأخيرة بالمرونة وخفة الوزن مما يؤدي إلى توفير كبير في تكلفة إنتاجها ، رغم الأخذ في الاعتبار أن موصل الصوديوم سيكون اكبر من مثيله ممن النحاس الذي يحمل نفس التيار بحوالي 45% .

ومن مميزات الكبلات ذات موصلات الصوديوم أيضا هو الأداء المتزن لها تحت ظروف قصر الدائرة ، فدرجة حرارة انصهار الصوديوم تبلغ 97.8 درجة مئوية ، كما أن للصوديوم حرارة نوعية وحرارة كامنة عالية لذلك فإن موصل الصوديوم يحتاج إلى وقت طويل حتى ينصهر تماما.

ومن الطبيعي أن تكون كابلات الصوديوم ضعيفة من الناحية الميكانيكية ، إلى جانب انه معدن نشط للتفاعل مع كل من الأوكسجين والماء ولكن عزله بالبولي أيثلين يجعل تداوله آمنا نسبيا ، ولقد أثبتت التجارب إمكانية استخدام كبلات ذات موصلات الصوديوم حتى جهد 15/ك.ف ، على أن انتشار استخدام الصوديوم

كموصل للكبلات لا يزال محل اختبارات واعتبارات عملية كثيرة . إن غالبية الموصلات سواء من النحاس أو الألمونيوم المستخدمة في الكبلات هي موصلات مجدولة ، والغرض الأساسي من الجدل هو إعطاء الكبل المرونة الكافية للتمكن من لف أطوال كبيرة على البكرات لتسهيل تخزينها ونقلها ومدها ، والموصلات المجدولة الأكثر استخداما في كبلات الجهد العالي هي الموصلات ذات الجدل المتحد المركز ، تبرم 6 أسلاك حول السلك المحوري والطبقة التالية تحتوي على 12 سلك مبرومة في عكس اتجاه الطبقة السفلية وهكذا للطبقات المتعاقبة . وتغيير اتجاه البرم بين طبقة وأخرى يزيد من متانة الموصل وعادة يتم تدميج الموصلات بعد تجديلها ، وتستخدم الكبلات ذات المقطع الدائري في الكبلات الأحادية والثلاثية القلب والموصلات ذات المقطع المشكل فقط في الكبلات متعددة القلب حتى جهد 30 ك.ف ، وتستخدم موصلات الألمونيوم ذات المقطع المشكل الصلب في الكبلات المعزولة بالمواد البوليمرية أو بالورق المشرب لمقاطع من 50 حتى 185 مم 2 . وموصلات الكبلات الأحادية القلب المملوءة بالزيت والمستخدمة لنقل كمية كبيرة من الطاقة والتي لها مقطع 1000 مم 2 أو أكثر تكون إما موصلات مجوفة أو موصلات من نوع ميليكن .

3.2 المواد المستخدمة في صناعة عوازل الكابلات

1.3.2 الخواص الواجب توافرها في عوازل الكابلات .

يمكن تلخيص هذه الخواص كما يلي :

1. أن تكون لها متانة عزل كبير .
2. أن تتوفر لها مقاومة عزل عالية .
3. أن تكون مقاومتها الحرارية منخفضة .
4. أن تكون لها مجاوزية نسبية منخفضة ومعامل فقد منخفض أيضا .
5. أن تكون هذه المواد غير قابلة لامتصاص الرطوبة .

ويفضل أن تكون المواد المستخدمة منخفضة التكاليف مع توافر الشروط المذكورة أعلاه ويجب ألا تكون لهذه المواد

خصائص مضرة بالبيئة ، كما يجب أن تخضع لمعايير حماية البيئة سواء أثناء التصنيع أو الخدمة أو بعد الخدمة أيضا ، وعلى سيل المثال فهناك اتجاه نحو تصنيع كبلات كهربية خالية من الهالوجينات خلال القرن الواحد والعشرين .

2.3.2 أنواع المواد المستخدمة في صناعة الكابلات

يمكن تقسيم أنواع المواد المستخدمة في صناعة عوازل كبلات القوى الكهربية إلى الأنواع الأساسية التالية :

1.1. العوازل الورقية المشربة وزيوت التشريب

كان الورق هو أكثر المواد العازلة استخداما في عوازل الكبلات منذ بداية صناعتها ، ويصنع الورق العازل من لب الخشب ويتم تعريضه لعدة عمليات لإزالة الأملاح القابلة للذوبان في الماء ، وينتج عن ذلك تحسنا ظاهرا في الفقد عند درجات الحرارة العالية ، وعادة ما يستخدم الورق العازل على هيئة شرائط حيث تلف هذه الشرائط طبقة تلو الأخرى بشكل حلزوني ، ويسمح استخدام الورق العازل لهذه الطريقة بإمكانية ثني أو مد الكبل بدون إتلاف الطبقات العازلة وبالتالي يمكن تصنيع ومد أطوال كبيرة من الكبلات دون اللجوء إلى استخدام أطوال قصيرة وبالتالي عدم الإكثار في استخدام الوصلات والتي تعتبر نقطة ضعف كبيرة في الكبلات عند استخدامها .

يتم اشتقاق معظم الزيوت العازلة المستخدمة في تشريب عزل الكبلات حاليا من البترول . وعادة ما يستخدم مركبات من هذه الزيوت فعلى سبيل المثال يتكون المركب المستخدم في تشريب عزل الكبلات المصمتة من مخلوط من زيت معدني ومادة راتينجية ، ويجب أن تتوفر في زيوت التشريب خصائص معينة كأن تكون خالية من الأحماض ، ومقاومة للأكسدة عند التعرض لمدة طويلة لارتفاع في درجة الحرارة مع وجودها إلى جوار معدن مثل النحاس أو الألمونيوم ، ويجب أن تكون لزوجة المركب وتغيرها مع درجة الحرارة معروفة جيدا حيث أن

اللزوجة يجب أن تكون منخفضة عند درجة حرارة التشريب حتى تسمح بتشريب جيد للورق العازل ثم أنها أيضا لابد أن تكون عالية عند درجة حرارة التشغيل العادية ، حتى تقلل من تسرب المركب بعد تمديد الكبل ، وكلما زادت نسبة احتواء المركب على المادة الراتنجية زادت لزوجته عند أي درجة حرارة. وتعمل مواد التشريب بأنواعها المختلفة كمواد تشحيمية بحيث تسهل الحركة النسبية لشرائط العوازل الورقية عند ثني الكبلات كما أنها تقلل بدرجة ملحوظة المقاومة الحرارية للعزل المشرب .

وتوجد تقنيات مختلفة لتشريب العوازل الورقية للكبلات ، وتختلف هذه التقنيات باختلاف نوع الكبل والجهد المستخدم ، ويراعى في هذه التقنيات ضرورة تخليص الورق من الرطوبة قبل تشريبه ثم حماية العوازل المشربة من تسرب الرطوبة إليها باستخدام الأغلفة المعدنية ،وقد استخدمت الكبلات ذات العوازل الورقية المشربة في مدى عريض من الجهد بداية من الجهود المتوسطة والعالية والفائقة وفي استخدامات التيار المتغير والمستمر ولها سجل جيد من الخدمة الطويلة.

1.2 العوازل الاصطناعية

على الرغم مما أثبتت الكبلات ذات العوازل الورقية المشربة من كفاءة على مر السنين فإن استخدام الكبلات ذات العوازل الاصطناعية بدأ بحل محل هذه الكبلات خلال الثلاثين عاما الماضية سواء في كبلات الضغط المنخفض أو حتى في كبلات الجهد العالي والفائق ، ويرجع ذلك إلى عدة أسباب نذكر منها ما يلي :

1. الاستغناء عن استخدام الغلاف المعدني المستخدم في الكبلات الورقية بغرض حماية العزل من تسرب الرطوبة ، ويعتبر هذا الغلاف احد عيوب استخدام الكبلات ذات العوازل الورقية ، وذلك نظرا لثقل وزنه وارتفاع ثمنه .

2. تبسيط عمليات توصيل الكبلات وعمل نهاياتها إلى جانب سهولة عمليات إصلاح الكبلات ذات العوازل الاصطناعية ، وبالتالي التوفير في تكاليف صيانة الكبل .

3. التخلص من المشاكل الناجمة عن تسرب الزيوت أو المركبات المستخدمة في تسريب العوازل الورقية إلى البيئة المحيطة بها خصوصا عند نهايات الكبل . وجدير بالذكر انه بالإضافة إلى التأثير السلبي لهذا التسرب على البيئة سواء كان الكبل موضوعا تحت الأرض أو تحت الماء فأن تسرب زيوت التسريب له آثار سالبة أيضا على كفاءة العزل ذاته .

4. التخلص من المشاكل الناجمة عن استخدام الكبلات المضغوطة وبالتالي توفير العديد من التكاليف التي يتطلبها وضع هذه الكبلات سواء تحت الأرض أو الأنهار أو البحار .

5. يؤدي استخدام العوازل الاصطناعية إلى تقليل كبير في الفقد في العزل وكذلك في سعة الكبل نتيجة للغرف الواضح في قيمة المجاوزية النسبية .

يمكن تقسيم مواد العزل الاصطناعية البلمرية أو البلاستيكية إلى أربعة أنواع رئيسية كالآتي :

(البولي أيثلين، البولي أيثلين المشبك، مطاط الأيثلين بولي بروبلين، كلوريد البولي فينيل).

وتتدرج هذه الأصناف الأربعة تحت ما يسمى البوليمرات وهي مواد تتكون أساسا من جزيئات ضخمة وهذه بالتالي مكونة من مجموعة كبيرة من الجزيئات المتكررة ، وقبل التعرض لتركيب وخصائص كل نوع من هذه الأنواع لابد من الإشارة هنا إلى أن هذه البوليمرات يمكن أن تقسم إلى مجموعتين رئيسيتين

بالنسبة لتأثير درجة الحرارة عليها ، وهو عامـل مهـم فـي اختيـار المواد العازلة للكبلات وتصميمها وهاتين المجموعتين هما :

العوازل المتلدنة بالحرارة و العوازل المتصلبة بالحرارة .

1.

العوازل المتلدنة بالحرارة .

وهذه المواد يمكن أن تليـن بـالحرارة ثـم تعـود إلـى حالتهـا الصلبة بالتبريد مرة تلو الأخرى ، وينتمي كـل مـن البـولي أيثليـن وكلوريد البولي فينيـل إلـى هـذه المجموعـة وهـذه المـواد تفقـد صلابتها الميكانيكية عند درجة حرارة معينة (بين 70 درجة مئويـة و 75 درجة) وتفقد تماسكها تماما عند درجة حرارة حـوالي 100 درجة مئوية ويعود إلى التماسك عند درجات الحرارة العادية .

2.

العوازل المتصلدة بالحرارة .

وينتمي إلى هذا النوع مـن العـوازل كـل مـن البـولي أيثليـن المشبك أو مطاط الأيثلين بروبلين وهذه المواد تلين مرة واحــدة فقط بارتفاع درجة الحرارة ولكنها لا تلين أكثر عند الاستمرار في رفع درجة الحرارة ، أي أنها تتميز بمقاومتها لأي تشوه ميكـانيكي قد يحدث نتيجة ارتفاع درجـة الحـرارة ، وبتعـبير آخـر فـإن لهـذه المـواد خصـائص محسـنة حيـث أنهـا لا تفقـد تماسـكها وشـكلها بارتفـاع درجـة الحـرارة ، وترجـع هـذه الخصـائص إلـى تركيبهـا الجزيئية وتشابك سلاسلها الجزئية ، ومن مميـزات هـذه العـوازل انه يمكـن السـماح برفـع درجـة حـرارة الموصـل إلـى 90 درجـة مئوية مما يزيد مقدرة الكبل على حمل التيار .

جدول رقم (2) يوضح درجات الحرارة القصوى المسموح بها لبعض المواد العازلة

نوع العزل	درجة الحرارة القصوى للأداء المستمر C	درجـة الحـرارة القصـوى فـي حالة القصر C
الورق	65 ـ 80	140 ـ 250

المشبع

PE	70	150
XLPE	90	250
EPR	90	250
PVC	70	160 - 150

ويبين الجدول درجات الحرارة القصوى للعوازل المتلدنة والمتصلدة بالحرارة بالمقارنة بالعوازل الورقية المشربة .

2.2انواع الكوابل

الكابلات أنواع عديدة يمكن تصنيفها على أسس متعددة مثل جهد التشغيل أو نوع الموصل أو نوع العازل أو عدد ال CORES فى الكابل الواحد , وكذلك يمكن أن تصنف حسب مجال استخدامها

أولا التصنيف حسب جهد التشغيل :

- * كابلات الجهد العالى (أعلى من 66 KV) .
كابلات الجهد المتوسط (أعلى من 3.3 KV) .
كابلات الجهد المنخفض .
- مع العلم أنه لا يوجد إتفاق عالمى على قيم محددة لهذه التصنيفات وربما تختلف من مكان لاخر لكن أهم ما يميز كابلات الجهد العالى هو تعقد التصميم مقارنة بالكابلات الاخرى نتيجة الحاجه لكفاءة عزل عالية جدا , والحاجة لاساليب تبريد أكثر كفاءة فأرتفاع الجهد والتيار يؤديان الى ارتفاع قيمة المفقودات LOSSES سواء خلال الموصل أو خلال العوازل , وهذا بالطبع سيؤدى الى ارتفاع فى درجة حرارة الكابل.

ثانيا : التصنيف حسب نوع الموصل :

هناك نوعان من الموصلات هما النحاس والالمنيوم وكلاهما جيد التوصيل الكهربى وإن كان النحاس أفضل حيث يصل معامل التوصيل له الى 1.724 مايكرو أوم . CM مقارنة بمعامل

التوصيل للالمنيون الذى يصل الى أقل من نصف هذا الرقـم غيـر أن الالمنيوم يتميز بأنه أرخص سعرا وأخف وزنا حيث تصل كثافة الالمنيوم النوعية الى أقل من ثلث كثافة النحـاس النوعيـة ولكـن من عيوب إستخدام الالمنيوم هو تكون طبقـة رقيقـة صـلدة مـن إكسيد الالمنيوم على سطح الموصل ورغم أن هـذه الطبقـة مـن جهة تحمى الموصل من التآكل لكنها من جهة أخرى تتسـبب فـى مشاكل عديدة فى عمليات اللحام وتركيب الكابل

ويجب ملاحظة أن وجود عناصر أخرى مدفونة تحت الارض بجوار كابلات الالمنيوم ولها أنودية أقل مـن الالمنيـوم مثـل النحـاس أو الرصاص قد تساعد فى عمليـة تآكـل كـابلات الالمنيـوم , وتظهـر هذه المشكله بوضوح عند تركيب كـابلات الالمنيـوم علـى بـارات نحاس داخل لوحة التوزيع , حيث يبدأ بعد فترة حدوث تآكـل فـى الالمنيـوم ولـذا نسـتخدم مـا يسـمى BI-METAL GLAND لمنـع حـدوث هـذه المشـكلة داخـل لوحـات التوزيـع وال BI-METAL GLAND هى عبارة عن وصلة معدنية خاصة مصـممة للاسـتعمال بيـــــــــن معـــــــــــدنين مختلفيـــــــــــن .

ثالثا: التصنيف حسب نوع العازل :

فى الكابلات المستخدمة فـى التمديـدات الكهربيـة تكـون المـادة العازلة غالبا إحدى المواد البوليميرية مثل :

1. البولى فينيل كلوريد PVC ويتميـز بخـواص كهربيـة ممتـازة عند الجهد المنخفض ودرجات الحرارة المنخفضة الى جانب رخص ثمنه , ومن ثـم فهـو دائمـا الاختيـار الاول فـى جميـع أنحـاء العـالم حـتى جهـد 3.3 KV , حيـث ترتفـع قيمـة مفقودات العزل من الجهود الاعلى مـن ذلـك , لكـن يعيـب هذا النوع أن عازليته تتاثر بدرجة الحرارة ومن ثـم لا يصـلح فى الاستخدامات ذات درجة الحـرارة العاليـة فعنـد ارتفـاع درجة الحرارة تكون مادة PVC أكثر ليونة وهذا بـالطبع غيـر مرغـوب فيـه كمـا أن مقاومتـة تكـون ضـعيفه فـى درجـات الحـرارة المنخفضـة جـدا ويمكـن أن يحـدث بـه تشـققات ويتميـز ال PVC بخاصـية الاطفـاء الـذاتى للهلـب , فهـو يشتعل عنـد تقريـب لهـب اليـه لكنـه ينطفـئ بمجـرد إبعـاد

اللهب عنه الا أنه ينتـج غـازات سـامه عنـد إشـتعاله وأخيـرا يجب أن يراعى ألا يتعرض ال PVC الى الانحنـاءات الحـادة فهو ليس مثل المطاط فى هذه الخاصية

2. البـولى إثيليـن التشـابكى XLPE , ويتميـز بمقاومـة عاليـة للرطوبه وتحمل درجات الحـرارة المرتفعـة وتحمـل حـالات القصر والتحميل الزائد , وهو أصلد العوازل المعروفـة ولـذا لا يحتاج غالبا الى التسـليح إلا عنـد توقـع تعرضـه لإجهـادات ميكانيكية عنيفة لا سيما عند دفنه بالارض , مع ملاحظـة أن هذه الصـلادة تسـتلزم تجنـب تعرضـه للانحنـاءات الشـديدة أثناء التمديد

3. العوازل المطاطية وأهمهـا الايـثيلين بروبليـن EPR ويعتـبر المطـاط مقـاوم للمـاء لكنـه لا يقـاوم النفـط والبنزيـن . الكابلات أنواع عديدة يمكـن تصـنيفها علـى أسـس متعـددة مثل جهد التشغيل أو نوع الموصل أو نوع العازل أو عدد ال CORES فى الكابل الواحد , وكذلك يمكن أن تصنف حسب مجال استخدامها .

3.2 تركيب الكابلات الكهربائية

1- الموصل Conductor

ويكون عبارة عـن شـعيرات مجدولـة مـن النحـاس أو الالمونيـوم للمرونة وسهولة الثنى ويتوقف مساحة مقطعـه مـع قيمـة التيـار المصمم عليه حيث كما زادت مساحة مقطـع الموصـل زاد التيـار التصميمى للكابلات الكهربائية.

والجـدير بالـذكر أن اسـتخدام الموصـلات فـى صـورة شـعيرات مجدولة يزيد من السعة التيارية للكابلات الكهربائيـة وذلـك نتيجـة الخاصـية القشـرية (skin effect) حيـث يفضـل التيـار الكهربـى المرور فى المحيـط الخـارجى للموصـل خاصـة فـى حالـة التيـار المتردد.

2- ستارة الموصل Conductor Screen

هـي طبقـة مـن مـادة شـبه موصـلة رقيقـة توضـع حـول موصـل الكابلات الكهربائية لملئ الفراغات بين جدائل الموصل و لتنظيـم المجال الكهربي حول الموصل

3- العزل Insulation

وهو أهـم مكونـات الكـابلات الكهربائيـة حيـث اذا ضـعف أو انهـار يضعف الكابل أو ينهار، ويقوم هـذا العـزل بـالعزل بيـن موصـلات (قلوب) الكـابلات الكهربائيـة وعـادة مـا تكـون مـن مـادة البـولى ايثيلين المتشابك (XLPE). ويعتمـد سـمك المـادة العازلـة علـى الجهد التصميمى للكابل حيث كلما ارتفع الجهد زاد سـمك المـادة العازلـــة.
والجـدير بالـذكر أن مـادة العـزل لابـد أن تتميـز ببعـض الخـواص الآتية:-

- شدة عزل كهربية عالية
- مقاومة لدرجات الحرارة العالية
- مقاومة للرطوبة
- مرونة ميكانيكية

4- ستارة العازل Insulation Screen

هي طبقة من مادة شبه موصلة حول العازل وتعمل علـى حمايـة مكونات الكابلات الكهربائية من المجالات الكهربية.

5- الشبكة النحاسية Copper Screen or Shield

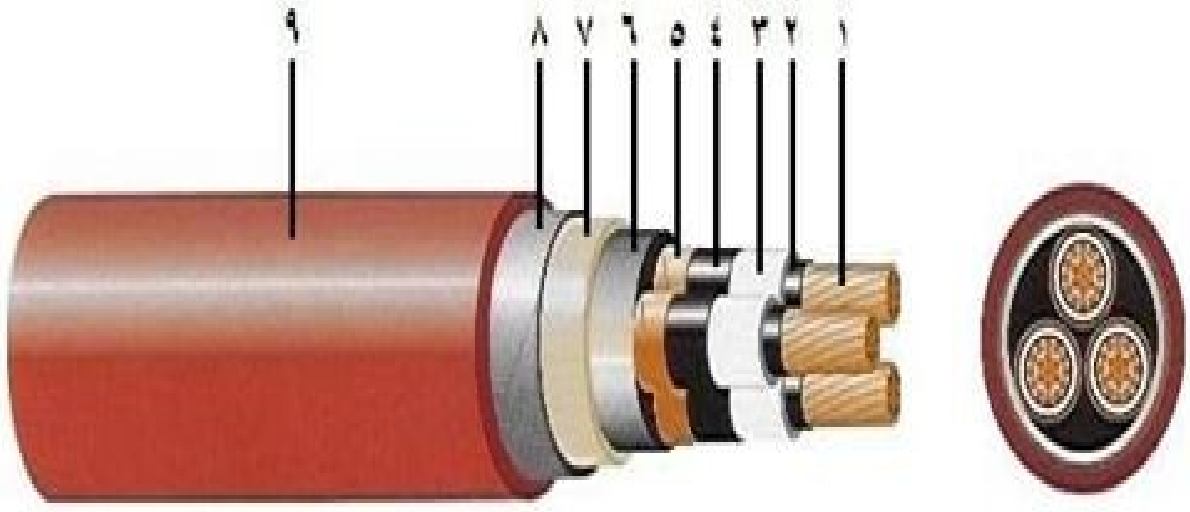
هي عبارة عـن شـريط معـدني مـن النحـاس يلـف حـول سـتارة العـازل وتسـتخدم لتـأريض الكـابلات الكهربائيـة وذلـك لتسـريب تيـــــــــارات القصـــــــــر وحمايـــــــــة الكابـــــــــل.
6- المواد المالئة Filling Materials
هي عبارة عن طبقة مطاطية تحيـط بقلـوب الكـابلات الكهربائيـة تعمل على تناسق الكابل وتعطى له الشكل الدائرى وتمنع تحرك الموصلات داخل الغلاف واحتكاكها بعضـها البعـض بالاضـافة الـى

الحشو بين القلوب الذى يمنع تسريب الماء والرطوبة الى أجـزاء الكابلات الكهربائية الداخلية.

7- التسليح Armoring

يوجد هذا الجزء فى الكابلات الكهربائيـة المسـلحة فقـط لحمايـة الكابل من الاجهادات الميكانيكية الواقعة نتيجة تمديده فى طريق سـير السـيارات مثلا. ويتـم التسـليح إمـا بشـريط حلزونـي حـول الكـابلات الكهربائيـة مـن الصـلب أو الألمونيـوم المعالـج حراريـا والـذي يعطـي الكابـل صـلابة شـديدة لكـي يقـاوم الإجهـادات الميكانيكية العالية ولكنه يقلل من مرونة الكابـل أو يتـم التسـليح بواسطة أسلاك معدنية ملفوفة بشكل حلزوني أو متوازي منتظم حول الكابل مما يزيد من مرونة الكابل.

8- الغلاف الخارجي للعازل Jacket or Over Sheath



١ـ الموصل	٦ـ مواد مالئة
٢ـ سنارة الموصل	٧ـ وسادة شريط التسليح
٣ـ العزل	٨ـ شريط تسليح صلب
٤ـ سنارة العزل	٩ـ غلاف خارجي
٥ـ الشبكة النحاسية	

الفصل الثالث

مشاكل الكوابل والاعطال

1.3 تعريف الاعطال

هـي حـدوث خطـا فـي الـدائرة الكهربائيـة سـواء كـبير او ضـغير ويتسبب في حريق العوازل او تدمير الاجهزة الكهربائيـة المركبـة في الدائرة لذا يجيب عمل حماية في الدائرة الكهربائية .

2.3 اعطال الكابلات

مــن الضــروري معرفــة نــوع الخطــأ فــي الكابــل قبــل اجــراء الاختبارات اللازمـة عليـه واخطـاء الكـابلات لا تعتمـد علـي جهـد التشـغيل فهـي نفسـها فـي كـابلات الجهـد المتوسـط والجهـد المنخفض كما ان الاجهزة التي تقـوم بتحديـد الاعطـال لا تعتمـد علي جهد التشغيل.

وسـيتم التعـرض للأنـواع المختلفـة للأعطـال واسـباب حـدوثها وكيفية علاجها وكيفية تجنب

1.2.3 انواع الاعطال

- نتيجة عوامل ميكانيكية
- نتيجة عوامل كهربائية وكيميائية
- نتيجة سوء الصناعة
- نتيجة اللحامات والتوصيلات
- نتيجة سوء التحميل
- نتيجة سوء المد

وفيما يلي الشرح الوافي لهذه الانواع من الاعطال:

أ) العوامل الميكانيكية

يحدث هذا النوع من الاعطال عادة اثناء نقل بكرة الكابلات وتحميلها من مكان الى مكان او بسبب سوء التخزين فمثلا لو حدث تحطيم لبكرة وعليها الكابل ووضعت على جانبها فهذا الوضع يؤدي الى اتلاف عزل الكابل ويحدث ايضا عندما يتم تشوين بكر الكابلات لفترة طويلة في مكان ما دون رقابة وتعرضها لعبث الاطفال واتلافها بالات حادة ومن الملاحظ والمعروف انه يحدث انهيار جزئي للعزل واثناء الاختبارات اللازمة قبل التحميل لا يظهر هذالانهيار ويصعب العثور عليه ولكن بعد التحميل ومع الوقت ينهار العزل العوامل الكهربية والكيميائية يحدث التآكل الصدأ للغلاف المعدني للكابل وقد يكون سببه كهربيا او كيميائيا او بسبب الاثنين معا .

والتآكل الصدئ (corrosion)نتيجة تأثيرات كيميائية تتوقف على نوع الارض الممتد في داخلها الكابل ومن المعروف أن التربة اما ان تكون حمضية أو تكون قلوية ومنها ما يحتوي علي مواد عضوية يكون لها تأثير على المدي البعيد على تأكل غلاف الكابل الخارجي وكذلك التسليح ثم الأرضي ثم عزل الكابل مما يؤدي الى انهياره ويمكننا زيادة فترة تحمل الكابل بوضع الكابل وسط طبقه من الرمال. ولعلاج هذا الخطأ فإنه يتم تصنيع نوع من الكابلات مغلفة خارجيا بمادة (بولي فينيل كلوريد) وهي مادة خاملة كيميائيا ولا تتفاعل مع الاحماض او القلويات وهي ايضا غلاف محكم للرصاص اما عن التأكل الصداء نتيجة عوامل كهربائية فهو يتوقف على مكان الكابل بالنسبة لحركة النقل والمواصلات الكهربائية مثل الترام والمترو حيث ان تيار التشغيل يعود الى مصدرة عن طريق القضبان الحديدية الممتدة في الارض وفي هذه الحالات تتولد تيارات شاردة تأخذ طريقها الى الغلاف المعدني للكابلات او المواسير اللحامية للكابل لا نها تجد مسارا سهلا للمرور فيها عن طريق باطن الارض في طريق عودتها للمصدر الاصلي للتيار.

وتسير هذه التيارات في الموصلات وتخرج منها نحو مصدر التيار ونتيجة لمرور التيار في الكابل وخروجه منه مع مرور الوقت

يـؤدي ذلـك الـي عمليـة الاسـتقطاب الـتي تسـبب تأكـل الغلاف المعدني وانهياره ولعلاج ذلك فإنه يلـزم توصـيل الغلاف المعـدني للكابـل بأرضـي محطـة المـترو لتجنـب هـذه التيـارات الشـاردة وتأثيراتها.

ب) سوء الصناعة

يكون هذا العيب في داخل المصنع او اثناء عمليـة تصـنيع الكابـل مثال سوء العزل الذي هو أهم مكونـات الكابـل او عـدم تجـانس الموصل وقد وجـد فـي احـدي الكـابلات موصـل مقطـوع ولكنـه متلامـس فقـط ولا يظهـر هـذا العيـب اثنـاء اختبـار الكابـل لان التلامس يعطي موصليه للكابل كما انه وجد فـي احـد الكـابلات ان الغلاف الرصاص متشقق علي الرغم ان شنبر الصلب الغلاف الخـارجي للكابـل فـي حالـة سـليمة ممـا يوكـد عـدم تعـرض الرصاص لأي من عوامل النقـل والمـد والفـرد وان السـبب فـي هـذا التشـقق هـو سـوء الصـناعة ، ومـن المعلـوم انـه تجـرى اختبارات علي الكابل منها اختبـار الثنـي وتجـرى علـي الرصـاص وقد ينجح الاختبار علـي عينـة مـن الكابـل بينمـا يوجـد جـزء مـن الكابل فيه الرصاص غير سليم وكما انه في حالة وجود تعرجـات في غلاف.

الرصاص يـؤدي الـي نفـس النتيجـة وكمـا انـه قـد يكـون العـزل الداخلي للكابل غير متجانس علي طول الكابل وهو عيب صناعة ايضا .

ج)سوء المـــــــد

هذا العيب يكون سببه المباشر عدم وجود خبرة كافية لدى القائم بالتنفيذ في فرد ومد الكابلات ويجب اختبار المسار السليم للمـد والفرد وان يكون المسار بقدر المستطاع بعيـدا عـن كـل أسـباب

تعرضه للتلف بعد فرده ومـده مثلا : ان يكـون بعيـدا عـن شـبكة المياه والصرف الصحي والتليفونـات ومواسـير البخـار والغلايـات كما فـي بعـض المصـانع وكمـا انـه مـن الـواجب ان يكـون عمـق الحفرة لرمي الكابل كافي والا يكون قريبا من سـطح الارض مـع وجود مسافة بين الكابلات التي توجد متوازية وممتدة فـي مسـار واحد وكذلك من الواجب ان يتـم تحديـد الوسـط المحيـط للكابـل سواء رمل او بتامين مع الاخذ في الاعتبار نوع التربة ومكان المد بالنسبة للضغوط الميكانيكيـة للمشـاة والمركبـات وعلـي اسـاس ذلك يتم اختيار نوع الكابـل مسـلح او بـدون تسـليح كمـا انـه مـن الواجب ايضا في حالة وجود انحنـاء للكـابلات اثنـاء الفـرد يراعـي اصغر قطر للانحناء وهو يتوقف علي قطر

3.3مشكلات الكابلات

هنالك العديد من المشاكل المتعلقة بالكابلات نذكر منها :

1. الفقد في القدرة المنقولة power losses

القــدرة الكهربائيــة Electric power المنقولــة عــبر أي كابــل تتعرض لتناقص في قيمتها نتيجة لعدة عوامل منها :

1. الفقد بسبب مقاومة الموصل R؛ وتقدر قيمة هذا الفقد مـن المعادلة: pless=I*R
2. بمعني انه كلمـا زادت مقاومـة الكابـل كلمـا ارتفعـت قيمـة الفقد في القدرة.
3. ايضـا هنالـك مفقـودات فـي القـدرة خلال العـازل المحيـط بالموصل

هنالك ايضا فقد في الغلاف المعدني وهذا يحدث نتيجة التيــارات الدوامية والتي تمر في الغلاف المعدني بتـأثير الحـث ،ومـن ثـم تتسبب في فقد القدرة .وجميع هـذه المفقـودات تسـبب ارتفـاع في درجة حرارة الكابل،ومـن ثـم يجـب التأكـد دائمـا مـن وجـود اتـزان حـراري للكابـل.لاحـظ ان الحرارةالمتسـربة مـن الكابـل تتوقف في حالة دفن الكابل تحت الارض علي المقاومةالحرارية لنوعية التربة ومسامية حبيباتها .

2. التيارات المتسربة

هنالك نوع اخر من المشاكل، لكنه يتعلق هذه المرة بالتيار مباشرة. حيث تعتبر ظاهرة طبقات العازل التي تحيط بموصل الكابل من المشاكل السلبية التي تظهر بوضوح في الكابلات، ويسمي هذا التيار بتيار الشحن.

3. تغيير مقاومة الكابل:

ومن المشاكل الكابلات ايضا ارتفاع قيمة مقاومة السلك في دوائر التيار المتردد يسبب ميل التيار للمرور في اطراف الكابل الخارجية ومن ثم تصبح المساحة الفعلية لمقطع الموصل التي يمر بها تيار كهربائي اصغر، وتسمي هذه الظاهرة بظاهرة التأثير السطحي Skin Effect

1. تغير مقاومة الكابل بالحرارة:
2. تأثر الكابلات بالرطوبة:

تسرب الرطوبة داخل العازل سواء ال P.V.C او X.L.P.E يمكن ان يؤدي الي نشوء ظاهرة التشجر المائي Water tree لاسيما اذا كان سطح الموصل غير املس والمجال غير منتظم. فعدم انتظام المجال يمكن ان يساعد في وجود نقاط تركيز للمجال ذات قيمه مرتفعة في المناطق ذات النتوءات بين سطح الموصل والعزل ،ويتكون شق يشبه الخيط الرفيع داخل العازلاو على اطرافه، وتزداد تفريعات هذا الشق في جميع التفريعات حتى يصنع ما يشبه الشجرة ، ومن هنا جاء الاسم لهذه الظاهرة التي تنتهي في الاخير بانهيار العازل.

4.3 اختبارات الكابلات

تخضع الكابلات للعديد من الاختبارات بعد انتاجها وكذلك بعد مدها ويمكن تقسيم هذه الاختبارات عموما الى اربع فئات:

1. اختبارات روتينية Routine tests
2. اختبارات خاصة special tests

3. اختبارات نوعية type tests
4. اختبـارات مابعـد الـتركيب Electrical tests after installation

وقد قـامت اللجنـة الكهربيـة الدوليـة IEC بوضـع تفاصـيل هـذه الاختبارات لكل نوع من انواع الكابلات وذلـك طبقـا لنـوع العـزل المسـتخدم ونطـاق الجهـود الـتي تسـتخدم فيهـا هـذه الكـابلات ،وتعطــي هــذه المواصــفات بالتفصــيل قيــم لجهــود الاختبــار والشــروط اللازمــة لهــا مثــل درجــة الحــرارة وانــواع الجهــود المستخدمة وطول ونوع العينة التي تستخدم لكـل اختبـار، كمـا تتناول بالوصف المفصل طرق وخطوات تنفيـذ هـذه الاختبـارات ومعاير القبول بالنسبة للاختبارات الخاصة.

ونظرا لتعدد الاختبارات وخصوصيتها لكل نوع من انواع الكـابلات فسوف نورد هنـا فقـط الفئـات المختلفـة لهـذه الاختبـارات ومـا تتضمنه لكل فئة.

أ) الاختبارات الروتينية

يتم اجراء هذه الاختبـارات علـى جميـع اطـول الكـابلات المصـنعة وذلك للتأكد ان هذه الكابلات تحقـق المعـاير المطلوبـة، فعلـى سبيل المثال تعتبر الاختبارات الاتية اختبـارات روتينيـة للكـابلات البوليميرية للجهود المقننة من 30ك .ف حتى 150ك.ف وذلك طبقا للمواصفات IEC-840

1. اختبار التفريغ الجزئي
2. اختبار الجهد
3. الاختبار الكهربي علي الغلاف الامعدني

امـا الاختبـارات الروتينيــة بالنسـبة للكـابلات المعزولــة بـالورق المشرب والمملوء بالزيت فهي في مدى جهد حــتى 275ك.ف طبقا للقا للمواصفات IEC141:

1. اختبار مقاومة الموصل

2. اختبار السعة
3. اختبار معامل القدرة(tan)
4. اختبار الجهد العالي

ب) اختبارات خاصه :

تجري هذه الاختبارات علي عينات من الكابلات ، وقد تكـون هـذه العينات بكرة كاملة مـن الكبـل المنتـج فـي بعـض الاحيـان ، أو أطـوال محـددة مـن الكبـل حسـب الشـروط الـتي تحـددها ال IECالكل اختبار.

ومن أمثلة الاختبارات الخاصة الواجب أجراؤها علي الكابلات ذات العوازل البلمرية للجهود المقننة مـن 30ك.ف حـتي 150ك.ف طبقا ل 840IEC:

1. فحص الموصل conductor examination
2. قياس مقاومة الموصل
3. قياس سمك العزل والأغلفة اللا معدنية
4. قياس سمك الغلاف المعدني
5. قياس الاقطار
6. اختبار التصلد الساخن hot set testلكل من البولي إيثلين المشبك XLPE ومطاط الايثلين بروبلين EPR
7. قياس السعه
8. قياس الكثافة للبولي ايثلين عالي الكثافة HDPE

أما الاختبارات الخاصة المطلوب إجراؤها علـى الكـابلات المزولـة بالورق المشبع والمملؤة بالزيت في مدي جهد حتي 275ك.ف وطبقا ل 141ـ IECاهي:

1. تغير عامل الفقد(معامل القدرة)مع درجة الحرارة
2. اختبار أمان العزل

3. الاختبار الميكانيكي والجهد الدفعي الساخن hot impulse voltage test

ج) الاختبارات النوعية:

يتم إجراء الاختبارات النوعية قبل أن يقوم المصنع بإنتاج نوع معين من الكابلات على المستوي التجاري وذلك لبيان أن هذا المنتج يفي على نحو مرض بمتطلبات الأداء . ولا توجد ضرورة لتكرار القيام بهذه الاختبارات ما دام الكبل قد اجتازها بنجاح إلا اذا قام المنتج بعمل تغييرات في التصميم أو المواد المستخدمة في صناعة الكبل مما قد يؤثر على أدائه.

ومن أمثلة هذه الاختبارات النوعية التي يجب إجراؤها على الكابلات البلمرية للجهود المقننة من 30ك.ف حتي 150ك.ف(IEC840):

1. اختبار ثني يتبعه اختبار للتفريغ الجزئي
2. اختبار قياس عامل الفقد(&tan)
3. اختبار جهد مع دورة تسخين يتبعه اختبار قياس للتفريغ الجزئي
4. اختبار صمود للجهد الدفعي يتبعه اختبار باستخدام الجهد ذي التردد الصناعي

ويتم القيام بهذه الاختبارات على عينات من الكابلات لا يقل طولها عن 10متر.

وجدير بالزكر أن هذه الاختبارات النوعية يجب أن تتم بالترتيب التعاقبي المدرج أعلاه.

يتم إجراء هذه الاختبارات بعد إتمام تركيب الكبل وملحقاته. ومن أمثلة هذه الاختبارات التي يجب إجراؤها على الكابلات البلمرية للجهود المقننة من 30ك.ف حتي 150ك.ف(IEC 840):

1. اختبار التيار المستمر
2. اختبار التيار المتغير

3. اختبار الغلاف الا معدني

والاختبارات المتضمنة في فئة معينة قد تختلف باختلاف نوع الكبل. فمثلا الاختبار الذي يعتبر اختبارا روتينيا بالنسبة لنوع معين من الكابلات قد يصنف كاختبار خاص بالنسبة لنوع آخر من الكابلات . ولذلك فإنه يجب دائما الرجوع إلي المواصفات القياسية.

5.3نبذه عن ظاهرة التشجير في العوازل البلمرية:

اكتشف ظاهرة تشجير الكهربي Electrical treeingمنذ فترة طويلة وربما يعود اكتشاف هذه الظاهرة الى زمن تطوير منظومات العوازل الكهربية الزيتية ،اما ظاهرة التشجير المائي فقد تم اكتشافها في اوائل السبعينات من القرن العشرين ففي هذا الوقت كان قد مرة حوالي عشرين سنة على استخدام مادة البولي أثيلين في صناعة كابلات الجهد المتوسط (15.5ك.ف) في شبكات التوزيع الاسكاني في الولايات المتحدة الامريكية وقد كان الانهيار المبكر وغير المتوقع لهذه الكابلات بعد عشرة سنوات فقط من وضعها تحت الارض وبداية مشاكل لفترة تتراوح من خمسين الى مئة عام وكان ذلك الانهيار المبكر سببا في اكتشاف التشجير المائي في هذه الكابلات وقد لوحظ وجود هذا النوع في جميع انواع البوليمرات المعروفة ،فإلى جانب ظهورها في البولي إثلين العادي والمشبك تم اكتشافها في مطاط الاثلين بولي بروبلين إلى جانب ظهورها في البولي إثلين العادي والمشبك تم اكتشافها في مطاط الاثلين بولي بروبلين (EPR)وكلوريد البوليفينايل (PVC)،بينما لم يثبت ظهور هذه الظاهرة في العوازل غير العضوية وقد كان من المعتقد في البداية ان عملية التشجير تحدث فقط في وجود التيار المتغير او الدفعي ولككن هنالك دلائل تشير الى وجود ظاهرة التشجير ايضا تحت تأثير الجهد المستمر.وعلى الرغم من الاعتقاد القديم بان انهيار منظومات الكابلات يرجع في 90% من الاحوال الى اسباب ميكانيكية او انهيار في الموصلات او في الكابلات ذاتها الا ان هذا الاعتقاد قد تغير الان واصبح التشجير هو اكثر الاسباب التي تؤدي الى انهيار الكابلات البلمرية.وتدل الاختبارات التي اجريت على

العديد من الكابلات التي ازيلت من الخدمة ان الشجيرات تتواجـد الشجيرات ، ويرجع تكـوين الشـجيرات المائيـة بشـكل عـام الـى عوامل عدة مثل وجـود مراكـز لزيـادة وارتفـاع المجـال الكهربـي داخل العزم والـتي تظهـر نتيجـة لنتـوءات صـغيرة علـى الاسـطح الفاصـلة بيـن حجـاب الموصـل والعـزل وغلاف العـزل او توجـد شوائب معدنية او جزيئـات مـن مـواد غريبـة او تسـرب الرطوبـة داخـل العـزل وتسـاعد هـذه العوامـل جميعـا علـى بـدء عمليـات التشجير وجدير بالزكر ان انهيار عوازل الكابلات نتيجة للتشجير لا يتم فجأة ولكنها عملية تدريجية تستغرق وقتا طويلا.

وقد ثبـت علميـا ان تشـجير العـزل يـؤدي الـى انخفـاض المتانـة الكهربية بشكل ملحوظ ومن الجدير بالزكر ان الاعتقـاد السـائد هو ان التشجير المائي في حد ذاته لا يتسبب في انهيـار العـزل ولكنه يتسبب في بداية تكوين التشجير الكهربـي والـزي يـؤدي بالتالي الى انهيار العزل داخل الكابل عند تعرض الكابل للجهود العارمة الناتجة من الصواعق او من عمليات تشغيل المفاتيح.

الفصل الرابع

الجانب العملي

1.4 مراحل تصنيع الكوابل

1.1.4مرحلة السحب:

السحب هي إحدى عمليات التشكيل التي تم على النحاس البـارد وتتم عن طريق شد السلك من فليرة على عـدة مراحـل حسـب القطر المطلوب .

أ) نظرية السحب :

المادة لا تفنى ولا تستحدث من عدم بمعنى انه يتـم تغييـر شـكل السلك أو مقاسه وبالتالي مقطعه بدون أن يفقد السلك شئ من وزنه أو حجمه.

ب) أنواع فليرات السحب .

يوجد ثلاثة أنـواع مـن الفليـرات وهـي ذات أحجـام مختلفـة علـى حسب قطر السلك المطلوب وهي :

1. حديد
2. ماس
3. ماس صناعي

ج) وظيفة محلول السحب :

1. يزيد عمر تشغيل الفليرة .
2. تبريد الفليرة .

3. تبريد كابستانات السحب .
4. جودة سطح السلك .
5. عدم تقطيع السلك .
6. عمل فصل بين سطح السلك والفليرة لتقليل الاحتكاك والغرض الأساسي هو كسوة السلك بطبقة رقيقة قبل دخوله الفليرة التي تمنع الملامسة المباشرة بين السلك والفليرة .

2.1.4الاستطالة: هي الزيادة في الطول نتيجة السحب عن الطول الأصلي .

3.1.4التقليل : تعني التقليل الذي حدث في مساحة المقطع بالسحب

4.1.4التخمير: جميع عمليات التشكيل على البارد ومنها السحب تزيد صلابة النحاس نتيجة تعرض جزيئاته لإجهادات الشد والاستطالة وكلما زادت مراحل السحب كلما زادت صلابته .

تعريف التخمير"عملية التخمير"

هي عملية تسخين السلك المسحوب كهربيا عن طريق فرن التخمير وذلك لإكساب السلك المسحوب خواص معي

فائدة التخمير :

يحدث للسلك المسحوب عملية إجهاد نتيجة شد السلك على الطنابير وتزداد مقاومة السلك كما تزداد نشوفية السلك .

5.1.4عملية تجهيز المادة الخام : وذلك عن طريق طحن المادة الخام "البلاستيكية " بواسطة مفرمة حتى تصبح كالعجينة .

6.1.4تمرير السلك داخل العجينة : ويتم تمرير السلك وكسوته بواسطة العجينة ثم يبرد بواسطة الماء .

7.1.4عملية الطباعة : وفيها يتم طباعة اسم الشركة وقطر السلك وتاريخ الإنتاج

8.1.4عملية لف السلك : ويتم لف السلك في البكرات بأطوال مختلفة .

2.4 المراحل التي يمر بها السلك داخل الفرن .

المرحلة الأولى "التسخين": يمر السلك على عدد اثنين طنبوره تخمير وتكون أقصى درجة حرارة في هذه المرحلة 180 درجة مئوية .

المرحلة الثانيةمرحلة التسخين : تصل درجة حرارة هذه المرحلة 300 درجة مئوية وفي هذه يكون السلك معزول عن الهواء داخل أنبوبة بها بخار ماء لا يقل الضغط عن 0.3 بار للحفاظ على السلك من الأكسدة .

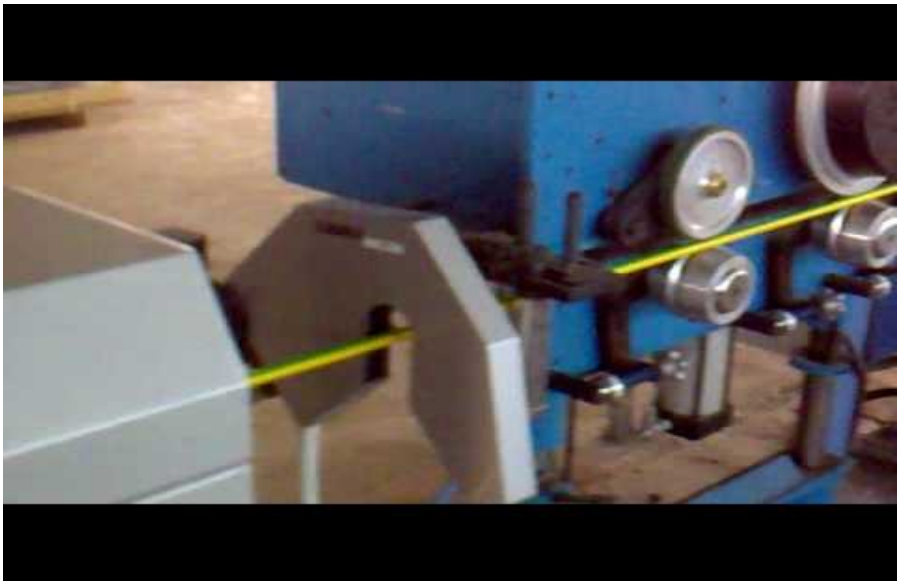
المرحلة الثالثة"التخمير" : ترفع درجة السلك في هذه المرحلة حوالي 550 د.م ، ويظل السلك عند هذه الدرجة حتى دخول المرحلة التالية .

المرحلة الرابعة "التبريد ": يمر السلك داخل أنبوبة يوجد بها محلول سحب ، يمر هذا المحلول عن طريق دورة بطلمبة ومبادل حراري .

المرحلة الخامسة "التجفيف " : بعد خروج السلك من أنبوبة التبريد قد يتبقى عليه بعض ذرات المحلول المسحوب لذلك مرحلة التجفيف تتم داخل مجفف به هواء لا يقل الضغط فيه عن 6.5 بار يعمل هذا الهواء على تنظيف السلك من طبقة الزيت وكذلك يساعد على استكمال تبريد استقباله على البكرة .

مرحلة الكسوة : هي عملية تغليف الكابل بالعازل وهو عبارة عن مادة بلاستيكية

شكل رقم(1) يوضح مرحلة سحب الكابل



شكل رقم (2) يوضح مرحلة تمرير الكابل عبر الفليرات

شكل رقم (3) يوضح مرحلة لف الكابل في البكرات

3.4معالجة اعطال الكوابل

4 . 3 . 1الاجراءات الواجبة لاصلاح الاعطال :

1) استلام ازن العمل بالطريقة الصحيحة.
2) استعمال الملابس الواقية .
3) عمل اختبار في موضع العطل قبل البدء فيهز
4) تركيب ارضية اضافية في موضع العمل
5) معرفة العمل المطلوبة انجازه

2.3.4كيفية تحديد اعطال الكوابل

لتحديـد الاعطـال اسـتخدام جهـاز الميجـر،اولا اتأكـد مـن عـدم تغزيةالكبيل معزول تماما لان الميجر احيانا يولد كهرباء.

الشكل رقم (5) يوضح طرق معالجة الأعطال في الكوابل

شكل رقم (6) يوضح تحديد العطل في الكابل

3.3.4 الاختبارات الواجبة عملها لتحديد العطل :

1) اختبار انقطاع فردة

1) اختبار تلامس فردة مع الاخري

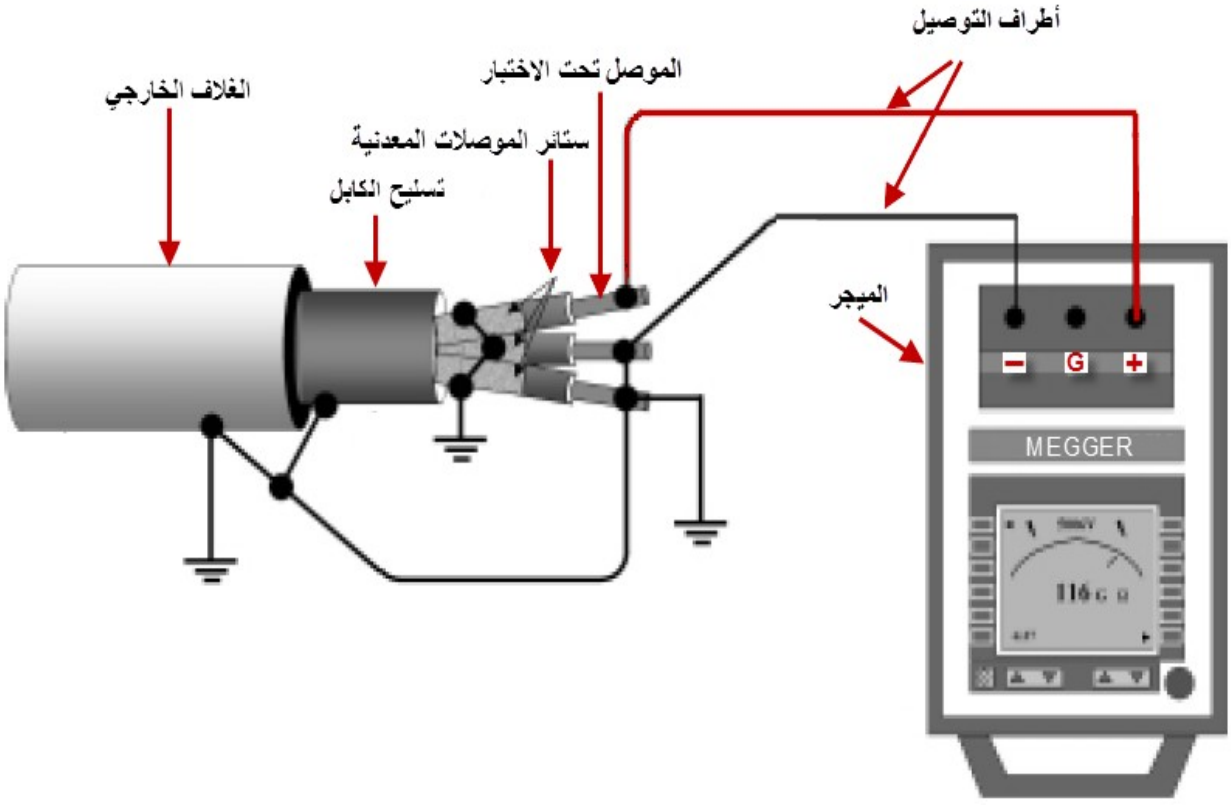
2) اختبار فردة مع الارض 4

4)اختبار فردتين مع بعض المحولات

1. عدم ملاسة الملف المحول
2. انقطاع سلك من الابتدائي مع الثانوي
3. اختبار الاسلاك الغير معزولة وفي الملفات

الشكل شكل رقم (7)

يوضح كيفية استخدام جهاز الميجر في كشف الاعطال



الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

1.5 النتائج

1. أن غالبيــة الموصــلات ســواء مــن النحــاس أو الألمونيــوم المســتخدمة فــي الكــابلات هــي موصــلات مجدولــة والغــرض الأساسي من الجدول إعطاء الكبيل المرونة الكافيــة لتمكــن من لف أطوال كبيرة علــي البكــرات لتســهيل تخزينهــا ونقلهــا ومدها
2. توجد تقنيــات مختلفــة لتشــريب العــوازل الورقيــة للكــابلات وتختلف هذه التقنيات باختلاف نوع الكابل والجهــد المســتخدم ويراعي في هذه التقنيات ضرورة تخليص الورق من الرطوبــة قبل التشريب ثم حماية العوازل المشربة من تسرب الرطوبة اليها باستخدام الأغلفة المعدنية.
3. أن التقنيات المختلفــة لتشــريب العــوازل الورقيــة للكــابلات تقلل من ظاهرة التشجير.
4. ان تشــجيرالعزل يــؤدي الــي انخفــاض المتانــة الكهربيــة للكابلات.
5. تخضع الكابلات للعديد من الاختبــارات بعــد إنتاجهــا وكــذاك بعد مدها.
6. ان عمليــة اجــراء اختبــارات نوعيــة قبــل أن يقــوم المصــنع بانتاج نوع معيــن مــن الكــابلات علــي المســتوي التجــارب قــد يقلل من الاعطال والاخطاء وتكلفة الاختبارات التي تجري بعد عملية انتاج الكابل ’حيث أن عملية اختبارالكيبل قبل صــناعته قد تجري علي عينات معينة من الكابلات.
7. أكثر أنواع الاعطال فــي الكــابلات تحــت الأرض ناتجــة مــن الرطوبة وسوء مد الكابلات تحت الأرض.

8. أن عملية مـد الكابـل أو دفـن الكابـل تحـت الأرض بصـورة صحيحة قد يحافظ علي طول عمر الكابل.

2.5 التوصيات

1. يجب الاهتمام بتطوير الغلاف الخارجي للكابـل بحيـث يمنـع تسرب الماء وذلك بخلط المواد البولمرية الـتي تصـنع منهـا بعض الاخلفة باضافات مضادة للماء .
2. استخدام مواد محسنة في تصنيع اغلفة شبه الموصلات مما يمنع تسرب الشوائب الي داخل المادة العازلة.
3. يجب التحكم فـي الحـرارة إثنـاء عمليـات بثـق العـزل ممـا يساعد علي منع تكوين الفراغات الكـبيرة ويحـد مـن كثافـة الفراغات الصغيرة.
4. تعـديل الـتركيب الكيميـائي للبـولي أيثليـن والبـولي أيثليـن المشـبك بغـرض زيـادة مقاومـة المـادة المعدلـة للتشـجير المائي.
5. استخدام المواد المضادة للتاكسد لتقليل خاصية الميل الـي التاكسد في البوليمرات.
6. عنـد اجـراء عمليـات اختبـار للكابـل يجـب الرجـوع الـي المواصفات القياسية القومية والدولية الخاصـة بالاختبـارات التي يجب اجراؤها بالنسبة لنوع كابل معين.

المراجع

1) كابلات القوى الكهربائية /آسر على زكي ، محمد صلاح الدين خليل 2001

2) أصول التمديدات الكهربائية /عمر قاسم ، سهيل الناصر ، الطبعة الاولي 2002 – شعار للنشر والعلوم

3) التركيبات والتصميمات الكهربائية / محمـود جيلانـي اسـتاذ بكليـة الهندسـة – جامعـة القـاهرة وكليـة الدراسـات التكنولوجيـة – الكويت الطبعة الاولى .

4) www.eng2all.net../engineering305015