

الفهرس

رقم الصفحة

الموضوع

5	نص المشروع:
6	1 . الدراسة النظرية:
9	2 . الأسس النظرية:
12	3 . المواد العازلة البوليمرية:
24	4 . السلوكية الكهربائية للعوازل في ظروف التلوث:
26	1-4 الانهيار على العوازل غير العضوية (النموذج الأول):
27	1-4 الانهيار على العوازل العضوية القابلة للتآكل (النموذج الثاني):
29	1-4 الانهيار على العوازل العضوية التي تنفذ عبرها الشوائب (النموذج الثالث):
31	5 . مصادر التلوث:
31	1-5 التلوث الساحلي:
31	2-5 التلوث الصناعي:
33	3-5 التلوث الزراعي:
33	4-5 التلوث الصحراوي:
34	5-5 التلوث المختلط:
35	6 . مشكلة التلوث في سوريا:
37	7 . الدراسة المخبرية:
39	1-7 عينات الاختبار:
40	2-7 دارة الاختبار:
45	3-7 نتائج الاختبار:
53	4-7 تحليل النتائج:
53	1-4-7 التغيرات الميكروسكوبية:
54	2-4-7 اختبارات التحليل الطيفي:
55	3-4-7 قياس متانة الشد:
72	الخاتمة:
73	المراجع:

فهرس الأشكال list of figures

الصفحة

الشكل

- الشكل (2 - 1) يبين خاصية رفض الماء على العوازل السيليكونية.....10
- الشكل (3 - 1) يوضح ارتباط جزيئات البوليمير مع بعضها البعض.....13
- الشكل (3 - 2) يوضح فيه PVC.....17
- الشكل (3 - 3) يبين كابل يستخدم عند التوتر المنخفض بغلاف pvc.....18
- الشكل (3 - 4) يوضح كوابل توتر منخفض بغلاف مصنوع من البولي فينيل كلورا يد.....19
- الشكل (3 - 5) يبين بنية جزيئية للبولي اتيلين.....19
- الشكل (3 - 6) كابل معزول بـ PE و غلاف PVC.....21
- الشكل (3 - 7) يبين البنية الكيميائية الأساسية لأنواع مختلفة من المطاط السيليكوني.....21
- الشكل (3 - 8) التعريف زاوية الترتيب.....23
- الشكل (4 - 1 - 1) يوضح آلية حدوث الانهيار.....26
- الشكل (4 - 2 - 1) مادة عازلة مصنوعة من الايبوكسيد الراتنجي يظهر على التآكل.....28
- الشكل (4 - 3 - 1) يبين مادة عازلة من PVC.....30
- الشكل (7 - 1 - 1) أبعاد العينة.....39
- الشكل (7 - 2 - 1) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC.....40
- الشكل (7 - 2 - 2) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC.....42
- الشكل (7 - 2 - 3) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC.....43
- الشكل (7 - 2 - 4) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC.....44
- الشكل (7 - 3 - 1) يبين جهاز اختبار التقادم الاصطناعي.....45
- الشكل (7 - 3 - 2) يبين شكل تيار التسريب للعينة الأولى.....47
- الشكل (7 - 3 - 3) يبين شكل تيار التسريب للعينة الثانية.....48
- الشكل (7 - 3 - 4) يبين شكل تيار التسريب للعينة الثالثة.....49
- الشكل (7 - 3 - 5) يبين شكل تيار التسريب للعينة الرابعة.....50
- الشكل (7 - 3 - 6) يبين شكل تيار التسريب للعينة الخامسة.....51
- الشكل (7 - 3 - 7) يبين شكل تيار التسريب للعينة السادسة.....52
- الشكل (7 - 3 - 4 - 1) يوضح شكل العينة المختبرة.....55
- الشكل (7 - 3 - 4 - 2) جهاز الشد الكهروميكانيكي.....56
- الشكل (7 - 3 - 4 - 3) يوضح متانة الشد للعينة الأولى.....57

- 58.....الشكل (7 - 4 - 3 - 4) يوضح متانة الشد للعينة الثانية.
- 59.....الشكل (7 - 4 - 3 - 5) يوضح متانة الشد للعينة الثالثة.
- 61.....الشكل (7 - 4 - 3 - 6) يوضح متانة الشد للعينة الرابعة.
- 62.....الشكل (7 - 4 - 3 - 7) يوضح متانة الشد للعينة الخامسة.
- 63.....الشكل (7 - 4 - 3 - 8) يوضح متانة الشد للعينة السادسة.
- 65.....الشكل (7 - 4 - 3 - 9) يوضح تحليل فوريه للعينة الأولى.
- 66.....الشكل (7 - 4 - 3 - 10) يوضح تحليل فوريه للعينة الثانية.
- 67.....الشكل (7 - 4 - 3 - 11) يوضح تحليل فوريه للعينة الثالثة.
- 68.....الشكل (7 - 4 - 3 - 12) يوضح تحليل فوريه للعينة الرابعة.
- 69.....الشكل (7 - 4 - 3 - 13) يوضح تحليل فوريه للعينة الخامسة.
- 70.....الشكل (7 - 4 - 3 - 14) يوضح تحليل فوريه للعينة السادسة.

قائمة الجداول list of Tables

الصفحة	الجدول
18.....	الجدول (1 - 3) يوضح صفات (pvc).....
46.....	الجدول (1 - 3 - 7) يبين اختبار العينات.....
60.....	الجدول (1 - 3 - 4 - 7) يبين نتائج البولي ايتلين.....
64.....	الجدول (2 - 3 - 4 - 7) يبين نتائج عينات pvc.....

المصطلحات Glossary

المصطلح	معناه
PE	بولي ايتلين
PVC	بولي فينول كلورايد
Si	سيلسيوم
Polymer	بولي مير
χ	ناقلية طبقة التلوث

نص المشروع:

بدأت العديد من الشركات الأجنبية منذ الثمانينيات بتصنيع عوازل من مواد بوليميرية عضوية أو سيلكونية كبديل عن العوازل الزجاجية أو البورسلانية المستخدمة في شبكات التوتر العالي و المتوسط ويطلق على هذه العوازل اسم العوازل غير السيراميكية و التي تتمتع بالميزات التالية:

- ١- الخفة والمرونة.
 - ٢- سهولة النقل والتركيب.
 - ٣- عدم قابليتها للكسر.
 - ٤- خاصية رفض الماء والتي تساعد على تحسين أداء هذه العوازل في ظروف التلوث.
- إن استخدام هذه العوازل في شبكة ما يفرض أن تكون خواص و مزايا و أداء هذه العوازل على المدى الطويل وفي كافة الظروف بما في ذلك ظروف التلوث البيئي المختلفة ثابتاً وجيداً وإلا فإن فشل هذه العوازل بعد تركيبها في الشبكة سيتسبب في خسائر مادية كبيرة وفنية فادحة على مسيرة التنمية والاقتصاد القومي لذلك تم إجراء هذا البحث لتوضيح أبعاد هذه المشكلة وليكون مساعداً في إجراء بعض التوضيحات حول تقادم هذه العوازل في ظروف التلوث وذلك حسب IEC - 587.

الفصل الأول

الدراسة النظرية

1 - الدراسة النظرية

المقدمة:

نظرا للمعاناة المتزايدة في شبكات نقل وتوزيع القدرة في سورية بسبب التلوث المتفاحم الذي تتعرض له عوازل التوتر العالي والمتوسط في هذه الشبكات وما ينجم عن هذا التلوث من انهيارات مبكرة وأعطال وخسائر فنية واقتصادية، فقد بدأت منذ الثمانينات سلسلة من الأبحاث الميدانية والمخبرية لدراسة هذه المشكلة والبحث عن حلول لها.

وقد قدمت هذه الأبحاث نتائج علمية وعملية هامة حول أداء وصلاحيات النماذج المختلفة من العوازل البورسلانية والزجاجية المستخدمة في شبكات التوتر العالي والمتوسط في سورية. من أهم هذه النتائج التي تم الوصول إليها، أنه لا يمكن تعميم خبرات بلد على بلد آخر في هذا المجال دون مراجعة أو مناقشة.

أن العوازل التي قد تصلح في ظروف التلوث السائدة في بلد آخر، قد لا تصلح للاستخدام في ظروف التلوث السائدة لدينا. بل ربما يكون لها عكس هذا الأداء.

وبناء على ذلك فإن المعلومات أو المواصفات المقدمة من الشركات الصانعة حول أداء عوازل معينة في ظروف التلوث يجب أن تقم بهذا المنظار الموضوعي.

يتم التحقق من صلاحيتها ومدى ملاءمتها لظروف العمل والتلوث السائدة في مواقع الاستخدام في شبكاتنا أولاً، لا أن تؤخذ كمسلمات لا مناقشة فيها.

ومن ناحية أخرى فقد بدأ العديد من الشركات في السنوات الأخيرة بطرح عوازل مصنوعة من مواد بوليميرية عضوية أو سيليكونية، كبديل عن العوازل الزجاجية والبورسلانية المستخدمة في شبكات التوتر العالي والمتوسط.

وقد أطلق على هذه العوازل اسم العوازل غير السيراميكية لتمييزها عن العوازل الزجاجية والبورسلانية. وتتمتع هذه العوازل إضافة لمزايا الخفة والمرونة وسهولة النقل والتكيب وعدم القابلية للكسر بخاصة رفض الماء التي تساعد على تحسين أداء هذه العوازل في ظروف التلوث طالما حافظت هذه

العوازل على تلك الخاصة. بالرغم من هذه المزايا للعوازل غير السيراميكية ونجاح استخدام مثل هذه العوازل في عدد من مناطق العالم فان اتخاذ قرار باستخدام مثل هذه العوازل في شبكات التوتر العالي في القطر أو استبدال العوازل الزجاجية والبورسالانية المركبة على امتداد عشرات الألوف من الكيلو مترات من خطوط هذه الشبكات

لا يجوز أن يتم لمجرد أنه تم تصنيع هذه العوازل في شركات مشهورة استخدمها كبديل عن العوازل الزجاجية، بل لابد من التوصل إلى قناعة علمية موضوعية أكيدة حول حسن أداء هذه العوازل وخاصة على المدى الزمني الطويل، وفي كافة ظروف وشروط التشغيل والاستخدام، بما في ذلك ظروف التلوث البيئي الشديد الذي تتعرض له أجزاء من شبكاتنا [1].

حيث أن فشل أداء هذه العوازل بعد تركيبها في الشبكة، سيتسبب في خسائر مادية وفنية فادحة على مسيرة التنمية وعلى الاقتصاد القومي، ولن تقتصر على الثمن الباهظ لهذه العوازل. إنما ستتجاوزها أضعافا مضاعفة، بسبب الخسائر الإضافية لانقطاع التغذية وكلف الفك و التركيب. ومما يدعم هذا الموقف موضوعيا:

وكذلك من ناحية ثانية فإن كثرة الأنواع المعروضة في الأسواق من العوازل غير السيراميكية من مصادر متنوعة، يستلزم إيجاد طرق موضوعية لتقييم نوعية وأداء هذه العوازل قبل البت في استخدامها، ومن هذا المنطلق تم إنجاز هذا البحث ليكون مساعدا في إجراء بعض التوضيحات حول تقادم العوازل غير السيراميكية في ظروف التلوث.

الفصل الثاني

الأسس النظرية

2 - الأسس النظرية :

صنفت العديد من الدراسات المطاط السيليكوني على أنه من أفضل المواد العازلة غير السيراميكية وأكثرها استخداما. وبينت بأن الأداء الكهربائي لعوازل غير سيراميكية جديدة مصنوعة من المطاط السيليكوني أفضل من أداء عوازل مصنوعة من البورسلان أو الزجاج في شبكات التوتر العالي المعرضة للتلوث ويفسر هذا الأداء المتميز بخاصة رفض الماء للمطاط السيليكوني التي تعيق تشكل شريط مائي ناقل متصل على سطح العوازل الملوثة، مما يؤدي إلى الحد من نشوء انهيار زاحف مبكر على هذه العوازل، وبالتالي إلى رفع توتر انهيارها الزاحف وبين الشكل (2 - 1) خاصية رفض الماء على العوازل السيلوكونية.



الشكل (2 - 1) يبين خاصية رفض الماء على العوازل السيليكونية

لكننا نلاحظ من جهة أخرى أن ذلك قد يحد ولكن لا يمنع، عند استخدام هذه العوازل في شبكات التوتر العالي، من حدوث انفراغات وأقواس كهربائية جزئية عند الأقطاب بلامسة سطح العازل المطاطي، وذلك بسبب تركيز الملوثات الكهربائية وحدث تشوهات موضعية لشدة الحقل في تلك المواقع

نتيجة لعدم انتظام بنية أقطاب العازل، ووجود رؤوس مؤنفة عند حوافها. ويتوقع في هذه الحالة أن تكون البنية البوليميرية لسطوح هذه العوازل غير السيراميكية أكثر عرضة للتغير والتقادم من العوازل السيراميكية غير العضوية، وبالتالي إلى تعرضها للتآكل والتشقق، واحتمال حدوث تراجع واضح في خواصها وبصورة أساسية خاصة رفض الماء مع الزمن.

إن دراسة مشكلة التقادم في العوازل البوليميرية غير السيراميكية، وإمكانية حدوث تغير في خاصة رفض الماء مع مرور الزمن، وبالتالي احتمال تغير الأداء الكهربائي لهذه العوازل في ظروف التلوث، تعتبر ذات أهمية كبيرة بالنسبة لمؤسسات الكهرباء عند رغبتها باستخدام عوازل غير سيراميكية على هذه الخطوط، لانعكاس ذلك على موثوقية واقتصادية عمل خطوط شبكات التوتر العالي.

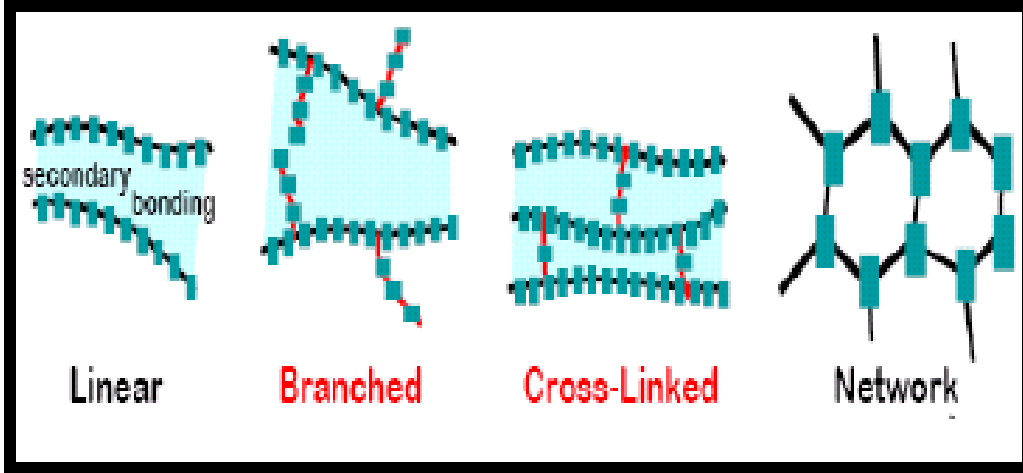
قبل الدخول في الاختبارات التي أجريت من خلال هذا البحث، واستعراض ومناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، لابد من استعراض سريع لعدد من المفاهيم النظرية الأساسية في هذا المجال. وهذا يشمل التعرف على ماهية المواد العازلة غير السيراميكية المستخدمة في عوازل شبكات التوتر العالي وفي هذه الاختبارات، وعلى بنيتها الجزئية، ودور هذه البنية في نشوء خاصة رفض الماء. وكذلك تقديم تصور أولي عن التغيرات التي يمكن أن تتعرض لها هذه المواد، وبنيتها الجزئية تحت تأثير الشرارات الزاحفة والأقواس الابتدائية في ظروف التلوث عند تطبيق توترات عالية عليها.

الفصل الثالث

المواد العازلة البوليمرية

3- المواد العازلة البوليمرية:

إن كلمة بوليمير Polymer مشتقة من أصل يوناني وتعني " متعدد الجزيئات " ويطلق عليها أيضاً اسم الجزيئات الكبيرة أو العملاقة Macromolecules. ويتألف البوليمير بشكل عام من عدد كبير من الوحدات الأولية المتكررة المسماة مونومير Monomer ، والمرتبطة بعضها ببعض بروابط مشتركة، و بأشكال مختلفة لتعطي نواتج مختلفة ذات خواص متباينة. فجزيئات البوليمرات هي جزيئات كبيرة ذات بنية خطية أو بنية متفرعة أو بنية متشابكة (متصالبة) أو شبكية [2] كما في الشكل (3 - 1):



الشكل (3 - 1) يوضح ارتباط جزيئات البوليمير مع بعضها البعض

تختلف السلاسل البوليمرية في أطوالها وعدد الوحدات التركيبية منها وأن أطوال هذه السلاسل يعتمد على اعتبارات إحصائية فنجد في البوليمر نفسه سلاسل طويلة جداً عالية الوزن الجزيئي وسلاسل أخرى قصيرة منخفضة الوزن الجزيئي لذلك نجد أنه هناك تعابير مختلفة للوزن الجزيئي للبوليمرات معتمدة على الطرائق المستخدمة في تعيين الوزن الجزيئي.

أسهمت البوليميرات منذ فجر التاريخ في حياة الكائنات الحية وبناء الحضارة، فالبروتينات وجزئيات متعددة السكريات ومواد طبيعية أخرى كالكتان والحريير والمواد السيللوزية استعملها الإنسان لغذائه وكسائه وصنع أدواته وما هي في الحقيقة إلا نماذج عن هذه البوليميرات الطبيعية.

ولقد استخدمت المواد البوليميرية كمواد عازلة كهربائياً منذ وقت طويل وبدأت تأخذ مكان العوازل التقليدية السيراميكية نظراً لما تتمتع به من خواص كهربائية وفيزيائية جيدة كخاصة صد الماء و الخفة والمرونة وعدم القابلية للكسر.

مع تطور تقنيات تصنيع المواد البوليميرية العضوية، فقد طرأ تطور ملفت في تصنيع مواد عازلة جديدة للاستخدامات الكهربائية. وكبديل عن المواد العازلة الطبيعية غير العضوية أو العضوية مثل المواد الفخارية والزجاجية أو الأسبست والورق والحريير والكتان الخ، ولقد كان العامل المساعد في توسيع استخدام المواد العازلة البوليميرية المصنعة وهو إمكانية الحصول (عن طريق عمليات التصنيع أو التقاعلات) على مركبات بوليميرية ذات مواصفات كهربائية أو حرارية أو ميكانيكية أو فيزيائية خاصة بحسب مركباتها. مما يجعل تلك المركبات ملائمة لغرض معين أو ظروف عمل خاصة.

إن التزايد الكبير في عدد وأنواع المواد العازلة العضوية كبيرة الجزئيات وتحسين مواصفاتها وخواصها الكهربائية بصورة تتلاءم مع متطلبات واحتياجات المجالات الهندسية المختلفة جعلتها تحتل مكانة هامة في مجال هندسة التوتر العالي. وقد مكن دخول المواد العازلة العضوية كبيرة الجزئيات مجال هندسة التوتر العالي من إحداث تطور سريع في صناعة تجهيزات التوتر العالي وخاصة في الاستخدامات الداخلية، وتصغير أبعاد وحجوم العديد من هذه التجهيزات بالمقارنة مع التجهيزات التي تستخدم العزل الهوائي مثلاً، وذلك نظراً للمتانة الكهربائية العالية لهذه المواد كما هو الحال في مادة البولي فينول كلورايد حيث تصل متانتها الكهربائية إلى أكثر من $20-30$ kV/mm) وكذلك مادة البولي إيثيلين.

من أهم تلك الاستخدامات العملية نجدها في استخدام مادة البولي فينيل كلورايد (pvc) ومادة البولي اتيلين (PE) والبولي اتيلين المشبك XLPE في عزل كابلات التوتر المنخفض والمتوسط والعالي و علب الوصل و النهاية العائدة لها، و قد ساعد استخدام هذه المواد و تطوير مواصفاتها الكهربائية وغير الكهربائية على تحسين أداء هذه التجهيزات و زيادة التوفير الاقتصادي بسبب إنقاص سماكة العزل ويؤدي ذلك إلى إنقاص قطر الكابل ووزنه.

تصنف المواد العازلة العضوية إلى [3]:

1- المواد العازلة العضوية صغيرة الجزيئات: وتشمل

الزيوت العازلة: حيث تصنف المواد العازلة السائلة إلى أربع مجموعات رئيسية والتي يمكن أن تصنف بدورها إلى مجموعات فرعية. أما المجموعات الرئيسية فهي:

1- الفحوم الهيدروجينية وتشمل هذه الفحوم على:

• البارافينات.

• الأوليفينات.

• العطريات.

• النفثينات أو الهيدروعطريات.

2- الفحوم الهيدروجينية الكلورية التي تشمل على زيوت الكلوفين.

3- الفحوم الهيدروجينية الفلورية.

4- الزيوت السيليكونية.

2- المواد العازلة العضوية كبيرة الجزيئات:

أ- المواد البلاستيكية: (اللدائن الاصطناعية): وتصنف حسب بنيتها الكيميائية إلى:

(a) بلاستيك الفحم: وأهم المواد التي تتضمنها هذه المجموعة:

- 1- البولي أوليفينات: وتضم البولي إيثيلين - البولي بوتيلين - بولي ايزوبوتيلين.
- 2- البولي سيترول.
- 3- متكررات البوتادين.
- 4- البولييمرات (المتكررات الحاوية على هالوجينات): وأهم مكوناتها البولي فينيل الكلوريد (pvc).

(b) بلاستيك أكسيد الفحم: والمركبات البلاستيكية العائدة لهذه المجموعة:

- 1- البلاستيك الفينولي.
- 2- راتنجات الإيبوكسيد.
- 3- البولي استر.
- (c) بلاستيك الفحم الأزوتي.
- (d) بلاستيك الفحم الكبريتي.
- (e) بلاستيك أكسيد السيليوم.

ب- السيليكونات:

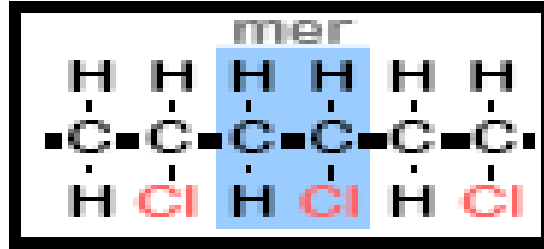
وهي من مشتقات السيليسيوم، ويمكن أن تصنف المواد العازلة السيليكونية إلى:

- 1 - الزيوت السيليكونية.
- 2 - الشحوم والكتل المعجونة السيليكونية.
- 3 - الراتنجات السيليكونية.
- 4 - الكاوتشوك السيليكوني (السيليكونات المرنة).

و تعتبر مركبات البولي فينيل كلورايد (pvc) والبولي إيتيلين (pE) من أهم المواد العازلة العضوية المطروحة للاستخدام في مجال هندسة التوتر العالي [4]:

(a) مركبات البولي فينيل كلورايد (PVC):

وهي عبارة عن مواد عازلة واسعة الانتشار ، متينة مقاومة للتآكل سهلة المزج مع مواد مطرية أو مواد حشو أو مواد ملونة تستحصل بالتكاثر بالتكرار لمادة الفينول كلوريد التي تنتج من توضع حمض كلور الماء على الاتستلين (CH=CH).



الشكل (3 - 2) يوضح فيه PVC

لا تشتعل مركبات البولي فينيل كلورايد بسهولة، ومتانتها الكيميائية جيدة وكذلك تجاه الأوزون. وتتعلق خصائصها الميكانيكية بدرجة الحرارة. فهي في درجات حرارة أقل من 40 درجة صلبة وقلييلة المرونة، وتجاوز هذه الدرجة من الحرارة تنخفض المتانة وتزيد المرونة مع الحرارة إلى أن تصبح بلاستيكيات حرارية في درجات حرارة 160 درجة فما فوق. أما مركبات البولي فينيل كلورايد الممزوجة مع مادة ملينة فيمكن استخدامها بدرجات حرارة تصل إلى 80 درجة ومتانتها الكيميائية أقل من مركبات البولي فينيل كلورايد القاسية الممزوجة. يعتبر البولي فينيل كلورايد ومشتقاته من المواد البلاستيكية الحرارية أي أنها تلين بالحرارة ثم تصبح عند درجات حرارة عالية بلاستيكية تأخذ أي شكل مطلوب.

ومن أهم صفات البولي فينيل كلورا يد (pvc) هي:

الجدول (3 - 1) يوضح صفات (pvc)

الخواص	pvc
الكثافة (g/cm^3)	1.2- 1.5
متانة المادة (kv/mm)	20- 30
المقاومة الحجمية	10^{12} - 10^{15}
ثابت العازلية	5- 9
عامل الفقد	4%- 12%

تستخدم مركبات البولي فينيل كلورا يد اللينة بصورة رئيسية كعوازل للأسلاك والكابلات وذلك عوضاً عن الكاوتشوك اللين الأقل مقاومة للشيخوخة. أما المركبات القاسية البولي فينيل كلورا يد وخلائطه فيتم تصنيعها في آلات الصب بالحقن للحصول على هياكل أجهزة كهربائية وصناديق البطاريات. ويبين الشكل (3 - 3) نموذجاً لكابل يستخدم عند التوتر المنخفض بغلاف مصنوع من البولي فينيل كلورا يد.

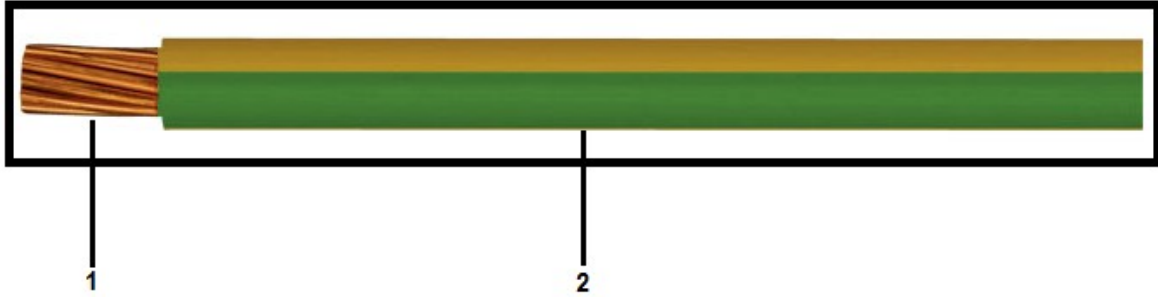


1- الناقل مصنوع من النحاس.

2- الناقل معزول بمادة PVC.

3- الغلاف الخارجي PVC.

الشكل (3 - 3) يبين كابل يستخدم عند التوتر المنخفض بغلاف pvc.



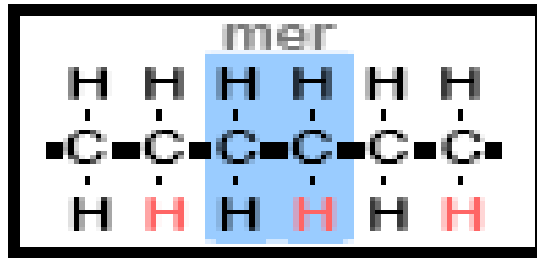
1- ناقل مصنوع من النحاس

2- الغلاف الخارجي من PVC

الشكل (3 - 4) يوضح كوابل توتر منخفض بغلاف مصنوع من البولي فينيل كلورا يد (PVC)

مركبات بولي اوليفينية (PO):

تتنتمي هذه المواد إلى مجموعة المواد البلاستيكية الفحمية التي تحتوي على جزيئات كبيرة من الفحم الهيدروجينية. وتضم هذه الفئة البولي اتيلين الذي يعد المادة الرئيسية في هذه الفئة والبولي بوتيلين والبولي ايزوبوتيلين. ومادة البولي اتيلين هي مادة بلاستيكية حرارية رخيصة، واسعة الانتشار وله أبسط بنية جزيئية بين جميع المواد البلاستيكية.



الشكل (3 - 5) يبين بنية جزيئية للبولي اتيلين

فالمادة الأولية هي الإيثيلين ($CH_2=CH_2$) الذي يستحصل من غاز الإضاءة حيث يوجد فيه بنسبة 4%. تتم عملية التكاثر في حرارة وسطية وضغوط عالية أو وسطية أو عادية، وكلما زاد الضغط كلما زاد الوزن الجزيئي، وكلما كان الناتج أثمن. ويمكن أن يضاف في هذه العملية للايثيلين كمية قليلة من الأوكسجين كمنشط.

إن البولي أيتيلين قريب للبارافين الطبيعي من حيث البنية الكيميائية Constitution ومن حيث الصفات ولكنه يتميز على ذلك الناتج الطبيعي نتيجة لوزنه الجزيئي الأكبر بارتفاع درجة حرارة انصهاره، ومتانته وطرأوته، أما أهم صفاته الأخرى فهي خواص عزل كهربائية جيدة حيث تبلغ:

• المتانة الكهربائية (Electrical Strength) له [35] $E_d=100$ (kV/mm)

• مقاومة نوعية عالية أكبر من $(10^9 \Omega \text{cm})$ [37]

• ثابت العازلية لمادة البولي أتلين $\epsilon_r = 2.3$ [38]

• عامل فقد صغير ويبلغ $\text{tg } \delta = 0.001$ [38]

و يتميز البولي أتلين بقابلية جيدة للانحناء، وذو متانة كيميائية عالية إزاء التيارات الزاحفة. وهو يتميز بقابلية الجيدة للانحناء مع متانة عالية وذلك دون الحاجة لإضافة أي مادة ملينة ولهذا السبب فإن خواص هذه المادة لا تتغير عملياً مع الزمن وتبقى لمدة غير محدودة تقريباً.

وهو ذو متانة كيميائية عالية (متانة تجاه الأوزون وتجاه الحوض، الأسس، ومقاومة الشخوخة) وهو قليل النفاذية للرطوبة، وامتصاصه للماء صفر عملياً ووزنه النوعي صغير، وله تحمل جيد للحرارة العالية وله قابلية جيدة للتشكيل والتصنيع واللحام، ولكن لا يمكن لصقه بقوة عديم اللون والرائحة والطعم وقابل للصبغة بسهولة.

من مساوئ مادة البولي أيتيلين الرئيسية التي تحدد بعض مجالات استعماله هي قابلية للاحتراق، وانخفاض متانته الكهربائية عند تعرضه للانفراغات الجزئية الداخلية مما يؤدي لعمليات التشجر و الانهيار فيه.

يستخدم البولي إيتلين في عزل أسلاك كابلات التوتر المنخفض والمتوسط والعالي كما يستخدم في صنع الغلاف الخارجي للكابلات.

ويبين الشكل (3 - 6) نموذجاً لكابل بناقل نحاسي معزول بمادة البولي فينيل كلورايد.



1- ناقل مصنوع من النحاس.

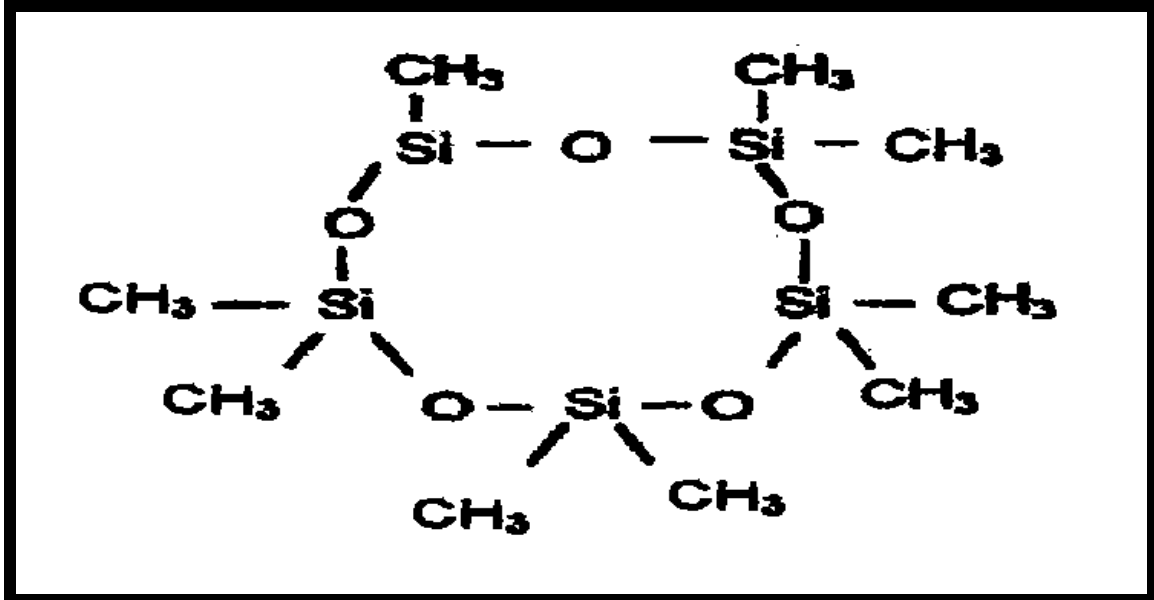
2 - مادة معزول بمادة PE.

3 - الغلاف الخارجي PVC.

الشكل (3 - 6) كابل معزول بـ PE وغلاف PVC.

(b) مركبات سيليكونية:

تشمل المواد المطاطية السيليكونية عائلة كبيرة من المواد المطاطية التركيبية المكونة من جزيئات عملاقة خيطية أو حلقية، يتكون عمودها الفقري من سلاسل غير عضوية من السيليسيوم والأوكسجين، وترتبط ذرات السيليسيوم جانبا بزمرة عضوية مختلفة. ويبين الشكل (3-7) البنية الكيميائية لأنواع مختلفة من المطاط السيلكوني



الشكل (3-7) يبين البنية الكيميائية الأساسية لأنواع مختلفة من المطاط السيلكوني

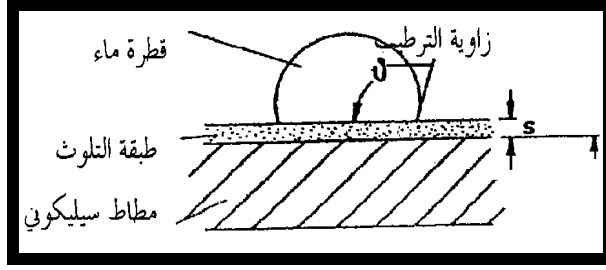
ويؤدي اختلاف الزمر العضوية الجانبية إلى اختلاف في خواص المواد

السيلاكونية المطاطية الناتجة. وتعتبر مادة بولي دي ميثيل سيلوكسان P D M S التي ترتبط فيها زمر الميثيل مع سلسلة خطية من السيليسيوم و الأكسجين من أكثر المواد المطاطية السيلايكونية شيوعاً، حيث ترتبط زمر ميثيلية CH₃ مع العمود الفقري للجزيئات العملاقة O - Si

كما يمكن أن تحتوي المواد المطاطية السيلكونية على مركبات من زمر حلقية وتصنف السيلكونات غالباً حسب درجة حرارة الفلكنة (وبالرغم من أن آلية عملية الفلكنة قد تكون مختلفة) إلى ثلاثة أصناف:

- 1- المطاط السيلكوني المفلكن عند درجة الحرارة النظامية الاعتيادية RTV.
 - 2 - المطاط السيلكوني المفلكن عند درجة حرارة منخفضة لكن أعلى من درجة الحرارة النظامية LTV
 - 3- المطاط السيلكوني المفلكن عند درجات حرارة عالية HTV الذي يتميز بسلاسل جزئية طويلة وأداء جيد وتميز.
- عادة يضاف إلى المطاط السيلكوني عند صناعة عوازل التوتر العالي مواد مألثة من الألمنيوم لزيادة متانتة الميكانيكية وتحسين مقاومته إزاء التآكل والتشقق.

يتم ربط خاصة رفض الماء في المواد العازلة المطاطية السيلكونية مع النسبة توتر التماسك للماء tension - Cohesive بين المادة العازلة المطاطية والماء. tension - Adhesive وتوتر الالتصاق ويتحدد شكل قطرة الماء على سطح المادة العازلة نتيجة لتوازن قوى التماسك والالتصاق والجاذبية. لذلك نعتمد مفهوم زاوية الترطيب بين مماس نقطة ارتكاز قطرة الماء و سطح العازل تحت القطرة كمقياس لظاهرة رفض الماء للمادة العازلة الصلبة ويبين الشكل (3-8) التعريف زاوية الترطيب.



الشكل (3 - 8) التعريف زاوية الترطيب.

إلى أن الزمر الميثيائية هي المسئولة عن خاصة رفض الماء في المواد السليكونية المطاطية كما تشير أبحاث أخرى إلى أن خاصة رفض الماء قابلة للانتقال من جسم المادة العازلة إلى السطح بواسطة الجزيئات صغيرة الوزن الجزيئي حيث أننا نجد أن (وزن جزيئي اقل من 1000) المكونة من عدد محدود من الأحجار الأساسية من مادة البولي دي ميثيل سيلوكسان حيث تتراوح كمية هذه الجزيئات صغيرة الوزن الجزيئي من 2 إلى 7 بالمائة في بعض العوازل السليكونية. ويفسر وجودها بعدم قيام كافة الجزيئات بتشكيل سلاسل طويلة خلال عملية الفلكنة. وبناء على ذلك فإذا كانت الجزيئات صغيرة الوزن الجزيئي الموجودة على سطح المادة العازلة هي المسئولة عن خاصة رفض الماء.

فإن هذا يعني أن حدوث نقص في عدد هذه الجزيئات نتيجة لنشاط الأوس الابتدائية مثلاً في ظروف التلوث سيعني حدوث تغير دائم في خاصة رفض الماء لهذه العوازل إذ أن زوالها من على سطح المادة العازلة سيجعل الملوثات الشرهة للرطوبة وجزيئات المادة المائنة تمتص الماء، وتكون طبقة مائية متصلة وسميكة.

مما يؤدي بالتالي إلى ازدياد في ناقلية الطبقة السطحية وتيار التسريب في مواد المطاط السليكوني المتقدمة بالمقارنة مع المواد الجديدة.

الفصل الرابع
السلوكية الكهربائية للعوازل
في ظروف التلوث

4 - السلوكية الكهربائية للعوازل في ظروف التلوث:

للحكم على مدى ملائمة عازل ما للاستخدام في مجال من المجالات الكهربائية لابد من معرفة السلوكية الكهربائية لهذا العازل في ظروف العمل الفعلية تحت التوتر وتأثره وبالتالي تغير سلوكيته بالمؤثرات السائدة.

وبمأن: الانفراغات الجزئية والانهيارات السطحية المطرية والزاحفة في حالات المطر أو الرطوبة والتلوث هي من أهم وأخطر الظواهر المميزة لسلوكية عازل ما والتي يمكن بنفس الوقت إن تغير خواص هذه العوازل العضوية مع مرور الزمن كان لابد من معرفة آلية هذه الانفراغات والانهيارات ومدى مشاركة مادة العازل من هذه العملية عند استخدام العوازل العضوية بالمقارنة مع العوازل غير العضوية كالزجاج والبورسلان مثلا ووضع تصنيف نموذجي يمكننا من تقييم نتائج بحثنا المخبري على أسس علمية سليمة

ونظرا لإمكانية نشوء الانفراغات على سطوح العوازل عند توترات منخفضة جدا في ظروف التلوث ونظر لإمكانية تأثير هذه الانفراغات الجزئية على مادة العازل في تعجيل حدوث الانهيار السطحي الزاحف فان لابد من دراسة كيفية واثر نشوء الانفراغات والانهيار السطحي الزاحف عند استخدام النماذج المختلفة من العوازل العضوية وغير العضوية.

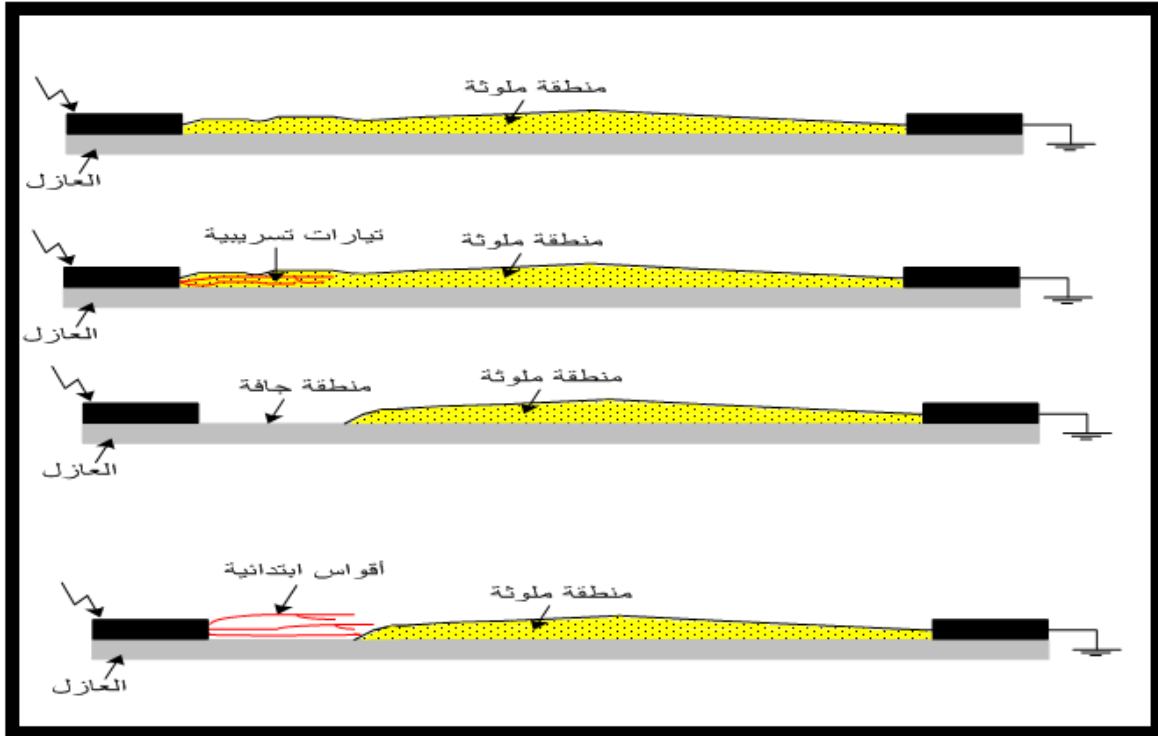
وقد أظهرت الدراسات والبحوث والاختبارات انه يمكن وبحسب مادة العازل السطحية تصنيف ثلاثة نماذج مختلفة من آليات الانهيار السطحي الزاحف في حالة الرطوبة والتلوث على العوازل العضوية وغير العضوية علما بأن هذه الآليات قد تتداخل في حالات خاصة ومحددة.

4 - 1 : الانهيار على العوازل غير العضوية (النموذج الأول):

نفترض وجود عازل قضيبى مثلا وقد تكونت على سطحه طبقة تلوث شبه متجانسة حيث يتم نشر (فرد) السطح بين المسريين فإننا نلاحظ أن الانهيار السطحي الزاحف في هذه الحالة يتم نتيجة لنشوء قوس كهربائي ابتدائي في المناطق الجافة من طبقة التلوث على سطح العازل ونمو وتحرك هذا القوس نحو القطب المقابل.

ليس لسطح العازل الذي يجري عليه الانهيار السطحي في هذه الحالة أي تأثير عملي على نشوء وتطور هذا الانهيار.

كما أن قيمة الانهيار لا تتعلق إلا بالقيم المميزة لطبقة التلوث كناقليه طبقة التلوث مثلا كما أن المناطق التي حدث عليها ان فراغات سطحية سابقة لا تؤثر على عملية الانهيار السطحي وكذلك لا تظهر على سطح المادة العازلة السطحية أية آثار تقادم ويبين الشكل (4 - 1 - 1) آلية حدوث الانهيار على هذا النموذج.

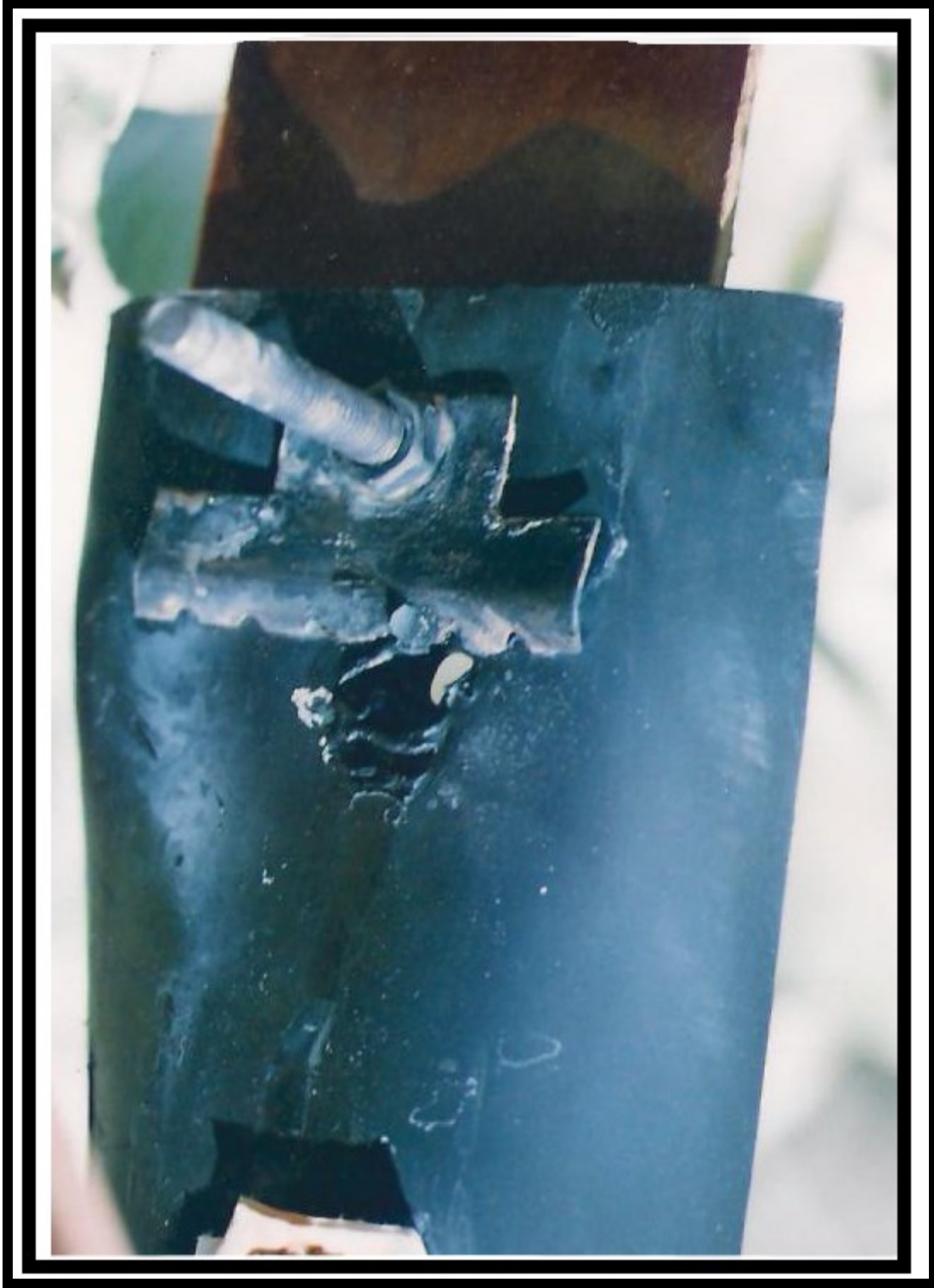


الشكل (4 - 1 - 1) يوضح آلية حدوث الانهيار

4-2 الانهيار على العوازل العضوية القابلة للتآكل (النموذج الثاني):

ونلاحظ هنا أن الطبقة السطحية للمادة العازلة العضوية والتي كانت في الأصل ملساء ومقاومة للماء لتجمع الماء عليها كسطح العوازل المصنوعة من الأيوكسيد الراتنجي مثلا ستتغير وتتآكل للانفراغات الجزئية الجارية المناطق الجافة من طبقة التلوث على سطح العازل ويصبح بذلك سطح العازل أكثر قابلية لتجمع الماء والشوائب عليه. فنلاحظ في العوازل المصنوعة من الأيوكسيد الراتنجي المخلوط مع الطحين الرملي "الكوارتزي" مثلا.

إن الانفراغات الجزئية تحلل جزيئات الأيوكسيد الراتنجي ويصبح سطح العازل خشنا نتيجة لظهور حبيبات الكوارتز ويأخذ لونا أبيضاً أو رمادياً وتتكون عليه مناطق متصلة ناقلة رطبة عند تواجد جو رطب أو ندى مثلا. ونتيجة لذلك سوف يتغير شكل توضع طبقة التلوث الموجودة على سطح العازل، ويتكون في المنطقة الجافة أصلاً، طبقة تلوث جديدة وهذه الطبقة أكثر ناقلية من طبقة التلوث السابقة وذلك لأنها قابلة لامتصاص الرطوبة والتبلل أكثر من الطبقة القديمة، ولوجود مركبات الأزوت والأوكسجين المنحلة فيها والقابلة للتحلل والناجمة عن الانفراغات الجزئية الناشئة على السطح في هذه المنطقة، لذلك تزداد قيمة شدة التيار المار في الانفراغات الجزئية الجارية على السطح مما قد يؤدي لنشوء قوس كهربائي ابتدائي، وهذا قد يؤدي بدوره إما إلى انهيار سطحي نتيجة لحركة وتقدم نقطة ارتكاز القوس الكهربائي الابتدائي أو إلى انهيار سطحي أو إلى تغير طبيعة سطح العازل بصورة تزيد من نشوء طبقات تلوث أكثر ناقليه عليه. ويمكن لهذه العملية أن تتم بسرعة أو ببطء شديد وقد تستمر على مدى أعوام. ويصنف ضمن هذه المجموعة أيضاً العوازل السيليكونية التي تظهر قابلية أقل للتآكل ومتانة أكبر تجاه الشرارات الزاحفة وكذلك راتنجات البولي استر غير المشبعة والمحشوة بمواد مانعة غير عضوية. ويبن الشكل (4 - 2 - 1) مادة عازلة مصنوعة من الأيوكسيد الراتنجي يظهر على التآكل.



الشكل (4 - 2 - 1) مادة عازلة مصنوعة من الايبوكسيد الراتنجي يظهر على التآكل

4-3 الانهيار على العوازل العضوية التي تنفذ عبرها الشوائب (النموذج الثالث):

عند استخدام مواد عازلة تنفذ فيها مواد شائبة "كالماء مثلاً" وحتى الطبقات الداخلية فإن خطورة الانهيار السطحي الزاحف تزداد بصورة كبيرة إذ أنه ينشأ بالإضافة للمسار عبر طبقة التلوث أيضاً مسارا آخر للتيار تحت الطبقة السطحية للعازل عبر ما يسمى بالطبقة الذاتية وتحدث عملية "نفوذ" الماء والشوائب هذه والتي تسبب تقادم العازل في حالة عدم تطبيق التوتر أيضاً ويمكن أن تزداد كثافة شدة التيار المار في الطبقة الذاتية "تحت تأثير ناقليتها التي تتعلق بدرجة الحرارة ومرور التيار عبر طبقة التلوث المربوطة معها على التفرع" إلى قيمة كبيرة كافية لحدوث "خرق حراري جزئي". عبر هذه المنطقة وبنفس الوقت يمكن للانفراغات الجزئية على السطوح الحديدية أن تتسبب في تلف الطبقات السطحية للعازل المستخدم ويظهر هذا التلف والخراب الذي يصيب المادة العازلة في هذه الحالة على شكل "آثار زاحفة" متضخمة خيطية تصل بين المسريين وتتسبب في نشوء أقواس كهربائية سطحية تؤدي إلى انهيار سطحي كامل. ونلاحظ هذه الآلية بصورة خاصة على سطوح المواد العازلة العضوية الشرهة لامتصاص الماء "كالورق المقوى وPVC وأيضاً البولي ستيرول.

ويجدر التنويه هنا إلى أنه من غير الممكن دائماً وضع تصنيف واضح وغير متداخل للمواد العازلة العضوية وفق نماذج آليات الانهيار السطحي الزاحف المبينة. إذ أننا نجد العديد من العوامل الأخرى التي تلعب دوراً هاماً في عملية حدوث الانهيار كقيمة الاجهادات الكهربائية المطبقة وشدة التلوث ورطوبة طبقات التلوث مثلاً كما أن تآكل الطبقة السطحية للعازل " النموذج الثاني " لا يؤدي فقط إلى زيادة إمكانية تجمع الشوائب إنما قد يؤدي أيضاً إلى التسبب في نشوء آثار زاحفة متفحمة [5] والشكل (4-3 - 1) يبين مادة عازلة من PVC يظهر عليها التآكل.



الشكل (1 - 3 - 4) يبين مادة عازلة من pvc

الفصل الخامس

مصادر التلوث

5 - مصادر التلوث:

من وجهة النظر الكهربائية تعتبر جميع الشوائب المحمولة في الهواء على أنها ملوثات سواء كانت أملاحاً بحرية أو غازات أو أبخرة أو رمال أو غبار وبناءً على ذلك فإنه يمكن تقسيم مصادر التلوث إلى:

1-5 التلوث الساحلي:

ينشأ هذا النوع من التلوث نتيجة لتطاير رذاذ المياه المالحة من البحار أو البحيرات المالحة بسبب الضباب المحلي ونتيجة لذلك تترسب ذرات الملح على سطح العوازل وتعتمد شدة التلوث المحلي على معدلات حدوث النواة البحرية وسرعة الرياح ومدى وجود الضباب أو الندى أو معدلات رذاذ المياه المالحة ومعدلات حدوث الأمطار وكثافتها من حيث مقدرتها على تنظيف العوازل أو عدم تنظيفه. ويحدث هذا النوع من التلوث في المناطق الساحلية القريبة من البحار والبحيرات المالحة. ويمتد تأثير هذا النوع إلى مسافات قد تصل إلى عشرات الكيلومترات من الساحل. وهذا النوع من التلوث يعتبر من الأنواع الخطرة لسرعة تكون طبقة تلوث ملحية عالية الناقلية ويعتبر هذا النوع من الأنواع التي عرفت مبكراً منذ إنشاء الخطوط الهوائية.

2-5 التلوث الصناعي:

ينشأ هذا النوع من التلوث نتيجة لتطاير المخلفات والعوادم والغازات التي تصدر من المنشآت الصناعية وكذلك أتربة التلوث من المحاجر والمناجم والأدخنة التي تصدر من محطات إنتاج الكهرباء الحرارية وتعتمد شدة التلوث الصناعي على معدلات تراكم المخلفات والأدخنة على سطح العوازل وقرب المنشآت الصناعية والمحاجر والمناجم من العوازل ونوع الأبخرة والعوادم والغازات الصادرة من تلك المنشآت. ويعتبر التلوث الناشئ من الأبخرة الكيميائية في معظم الأحوال خطيراً لاحتوائه على أملاح تؤدي إلى تكون طبقة ذات ناقلية عالية. وقد يكون هذا النوع سائداً في المناطق الصناعية الكبيرة أو يكون مختلطاً بأنواع أخرى من التلوث إذا ما تم إنشاء مصنع في منطقة

زراعية أو ساحلية أو صحراوية والحل الأمثل لتقليل تأثير هذا النوع من التلوث هو العمل على تخفيض معدلات صدور العوادم والغازات من المصانع إلى الهواء وترك مسافات كافية بين المصانع وخطوط الكهرباء.

3-5 التلوث الزراعي:

ينشأ هذا النوع من التلوث في المناطق الزراعية والمزارع الممتدة وتتراكم ذرات المخلفات الزراعية طبقاتاً لنوع المحاصيل المزروعة وحجم ذرات تلك المخلفات وقد تحتوى على أنواع من الأملاح التي عادة ما تذوب وتؤدي إلى نشوء طبقة ذات ناقلية على سطح العوازل وذلك بسبب تكون الندى أو الرطوبة أو الضباب أو الأمطار الخفيفة. وقد تتأثر طبقة التلوث المتراكمة بالمواسم الزراعية وسرعات الرياح السائدة.

4-5 التلوث الصحراوي:

عرف هذا النوع من التلوث في أواخر الستينات حيث كان من المعتقد سابقاً أن ذرات الرمال المتراكمة على سطح العوازل لن تتسبب في تكوين طبقة ذات ناقلية عالية وقد أوضحت الدراسات والأبحاث التي أجريت أن هذا النوع من التلوث من الممكن أن يمثل خطورة شديدة بسبب العوامل التالية:

- مواد طبقة التلوث الصحراوي المتراكمة على سطح العوازل ذات حجم صغير جداً و تقل حجم حبيباتها عن 74 ميكرون كما أن 95% من مواد طبقة التلوث الصحراوي يقل حجم حبيباتها عن 44 ميكرون.
- هناك نسبة غير قليلة (قد تصل إلى 20%) من وزن مواد التلوث الصحراوي تذوب في المياه (أملاح) تتكون من الكلوريدات والكبريتات.
- تحمل الرياح ذات السرعات الشديدة و العواصف مواد عالقة من مصادر بعيدة.

- تتراكم مواد التلوث بشكل تدريجي على سطح العوازل ونظرا لندرة وقلّة الأمطار في المناطق الصحراوية تتكون طبقة تلوث بمعدلات عالية نظرا لعدم إزالة هذه الطبقة بواسطة المطر الشديد.
- تختلف ظروف الترطيب في المناطق الصحراوية عن باقي المناطق الأخرى بسبب تكون الندى في ساعات الصباح الباكر والذي ينشأ بسبب الفرق الكبير بين درجة الحرارة أثناء الليل والنهار والتي قد يصل إلى 25 درجة مئوية كما أن بعض المناطق تتميز بارتفاع الرطوبة الشديدة وخاصة أثناء الليل والصباح الباكر.
- هبوب الرياح العاصفة مما يتسبب في تراكم طبقة تلوث في أوقات زمنية قليلة وقد تحتوى تلك الرياح على مواد بها نسبة من الأملاح القادمة من أماكن بعيدة.

5-5 التلوث المختلط:

يعتبر هذا النوع من التلوث هو النوع الشائع في معظم الأحوال حيث ينشأ نتيجة لوجود تلوث صناعي في منطقة ساحلية وكذلك تلوث صناعي في منطقة زراعية وكذلك تلوث صناعي في منطقة صحراوية ويتكون هذا التلوث من نوع أو أكثر من أنواع التلوث المشار إليها سابقا وهو أخطر أنواع التلوث والذي يجب التعامل معه وإجراء التحليلات الكيميائية وحجم مواد التلوث وظروف الترطيب المختلفة.

الفصل السادس


مشكلة التلوث في سوريا

6 - مشكلة التلوث في سوريا:

تفاقت مشكلة التلوث في القطر العربي السوري، بعد الانتقال إلى سويات توتر أعلى، وبعد توسع الشبكات الكهربائية إلى مناطق معرضة لمثل هذا التلوث الصناعي أو البحري أو الصحراوي، وبعد أن تركزت بعض محطات التوليد الرئيسية في تلك المناطق. فاكتملت هذه المشكلة بذلك أهمية خاصة، لأن أعطال التلوث على هذه الخطوط تعني فصل مصدر رئيسي من مصادر التوليد عن الشبكة، وانقطاع التغذية عن أجزاء هامة من مراكز الاستهلاك، وانخفاض موثوقية عمل هذه الشبكة. وينعكس ذلك كله خسائر اقتصادية قد تكون فادحة بالنسبة للمستهلك وللاقتصاد القومي.

ازداد التلوث البيئي مع ازدياد التطور الصناعي وقد بدأ ذلك بالتحديد منذ عام 1969 عندما وضع أول خطي نقل بتوتر 230 Kv بين حمص - حلب وحمص - دمشق بالخدمة. وصارت تسجل أعطال وانهيارات على الشبكة في مناطق معينة. وقد تفاقت هذه المشكلة في الثمانينات وبداية التسعينات من حيث الشدة والانتشار بحيث أصبحت تشمل مناطق واسعة من القطر بعد أن كانت محصورة على هذه الخطوط وعند توترات أدنى من توترات العمل الاسمي لهذه الشبكات.

و كمثل على المناطق التي تعاني من ظروف تلوث شديدة في سوريا منطقة قطينة حيث أثبتت الدراسات المحلية وجود علاقة شديدة وأكيدة بين الانهيارات المسجلة على عدد كبير من العوازل في هذه المنطقة ونواتج المصانع الموجود في هذه المنطقة والتي تصدر مخلفات كيميائية وأبخرة مثل معامل الأسمدة والمحطات الحرارية ووجود الرطوبة.



الفصل السابع
الدراسة المخبرية

7- الدراسة المخبرية:

إن تعرض سطح العوازل غير السيراميكية إلى المواد الملوثة يؤدي إلى نشوء انهيارات زاحفة مبكرة على هذه العوازل وبالتالي فإن سطوح هذه المواد تكون أكثر عرضة للتقادم والتغير من العوازل الزجاجية والبورسلانية وإلى تعرضها للتآكل والتشقق واحتمال حدوث تراجع واضح في خواص مقاومة العازل لتأثير التلوث مع الزمن وللحكم على مدى ملائمة عازل ما للاستخدام على المدى الطويل لابد من معرفة السلوكية الكهربائية لهذا العازل في ظروف العمل الطبيعي وبما أن الانفراغات الجزئية والانهيارات السطحية المطرية والزاحفة من أهم وأخطر الظواهر المميزة لسلوكية عازل فقد أجريت هذه الاختبارات على عينات مختلفة من مواد عازلة غير سيراميكية تستخدم في تجهيزات التوتر العالي وقد تمت جميع الاختبارات وفق توصيات النظم الهندسية الكهربائية العالمية IEC - 587.

1-7 عينات الاختبار:

تم تصنيع عدة عينات من مادة البولي ايثيلين PE ومادة PVC وهذه المواد هي مواد عازلة بوليميرية مستخدمة في شبكات التوتر العالي حيث تستخدم أو كمواد عازلة في الكابلات الكهربائية أو تستخدم كمواد عازلة لصنع سلاسل التعليق. ويبين الشكل (1-1-7) أبعاد العينة المستخدمة في عملية الاختبار.



الشكل (1-1-7) أبعاد العينة

وقد تم تصنيع ٦ عينات منها ثلاثة مصنوعة من مادة PE وثلاثة عينات مصنوعة من مادة PVC

7-2 دائرة الاختبار:

يبين الشكل (7-2 - 1) دائرة الاختبار بموجب النظم الهندسية الكهربائية IEC - 587 .

حيث تتألف دائرة الاختبار من [6] :

SP: عينة الاختبار

R: مقاومة الحد من التيارات

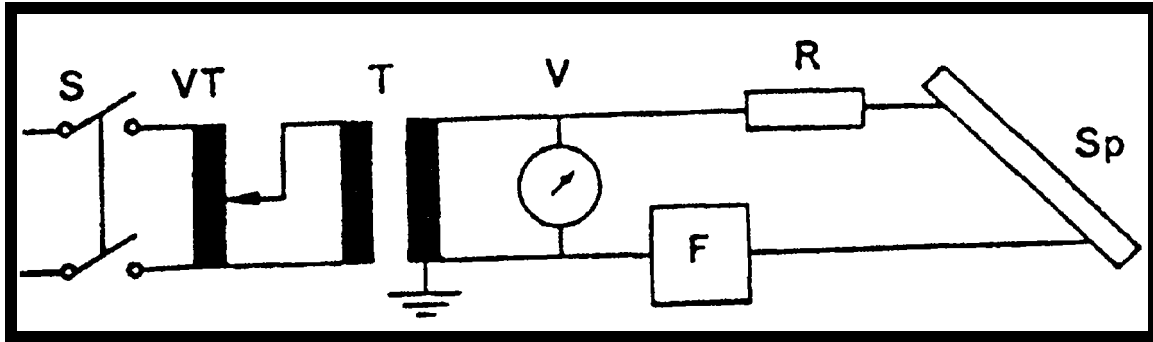
F: دائرة حماية زيادة التيار عن قيمة أكبر من 100 mA

V: مقياس فولت

T: محول توتر عالي من (0 ÷ 100 KV)

VT: محولة قيادة

S: قاطع

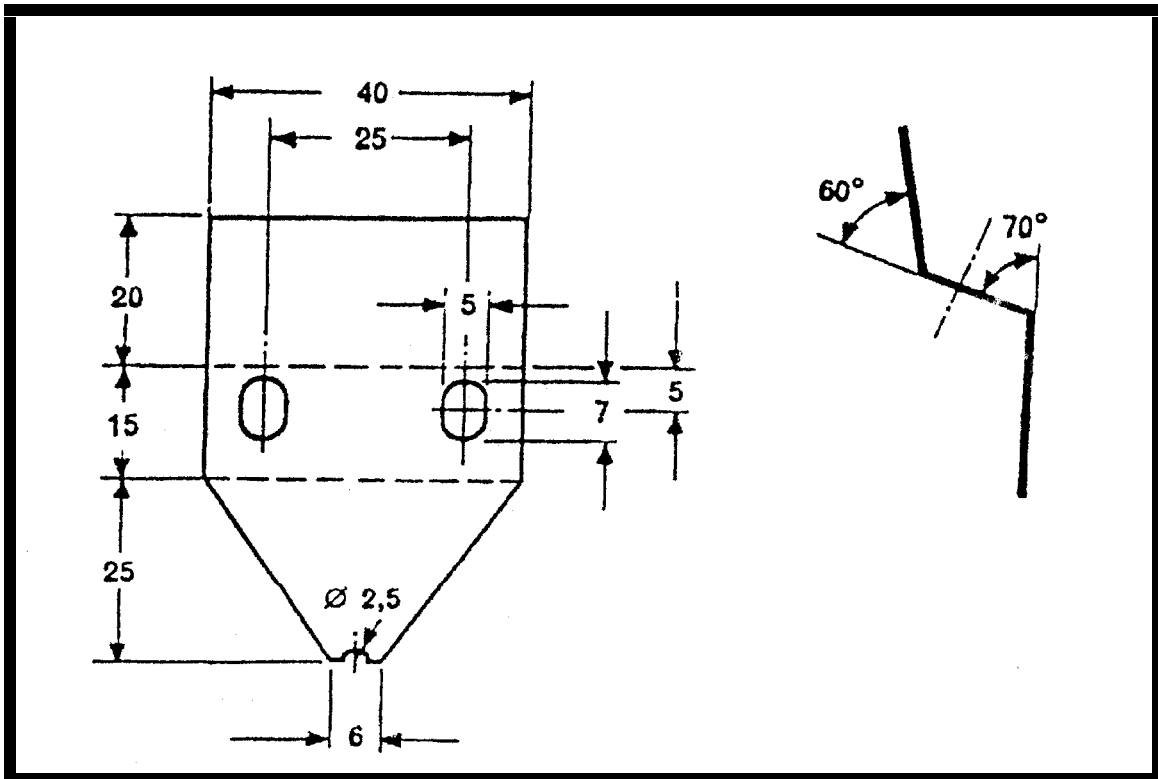
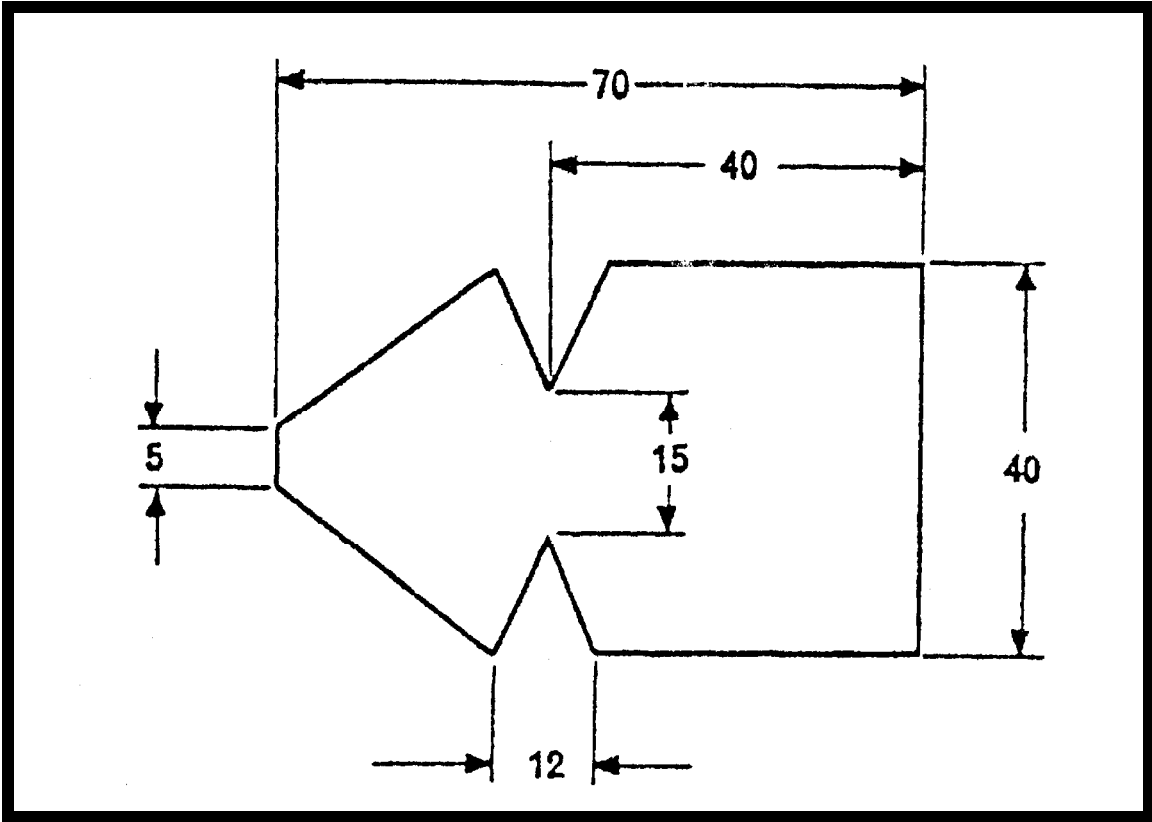


الشكل (7-2 - 1) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC

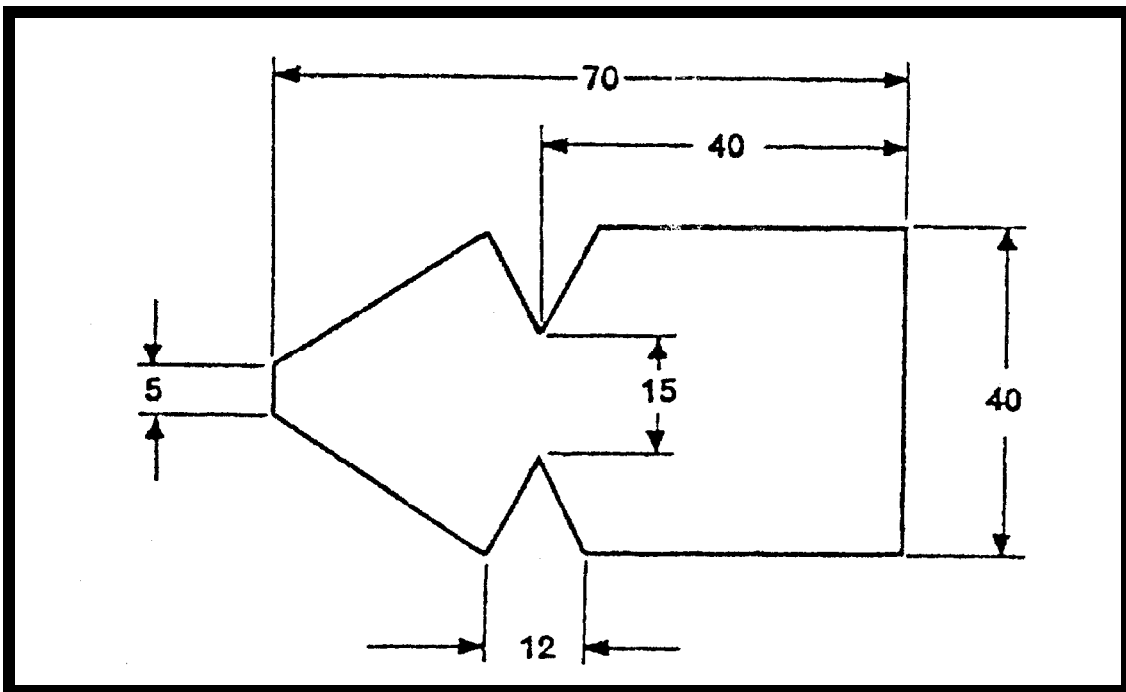
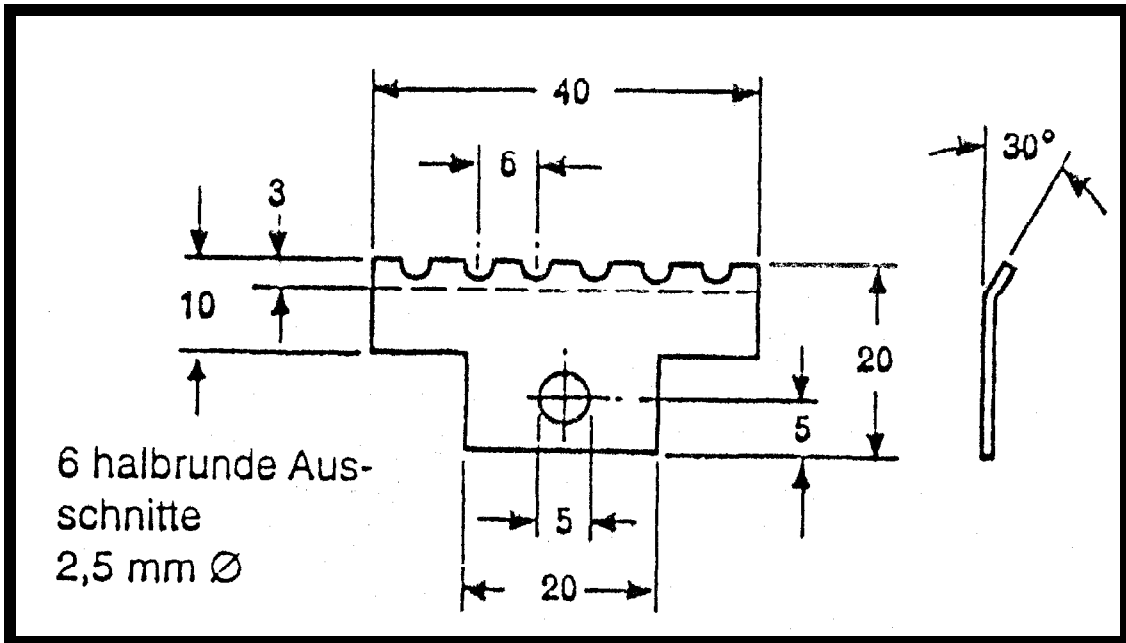
يتم تغذية العينة المختبرة بالتوتر المتناوب عن طريق محول توتر عالي بخرج متغير من kv (0 ÷ 100) وبغزارة السائل الملوث 0.6 mL/min وعند درجات ناقلية مختلفة.

وقد تم تطبيق توتر قدره (4kv) لمدة ست ساعات وتم وضع مقاومة على التسلسل قيمتها 10KΩ من اجل قياس تيار التسريب على العينات ومشاهدتها على راسم الإشارة.

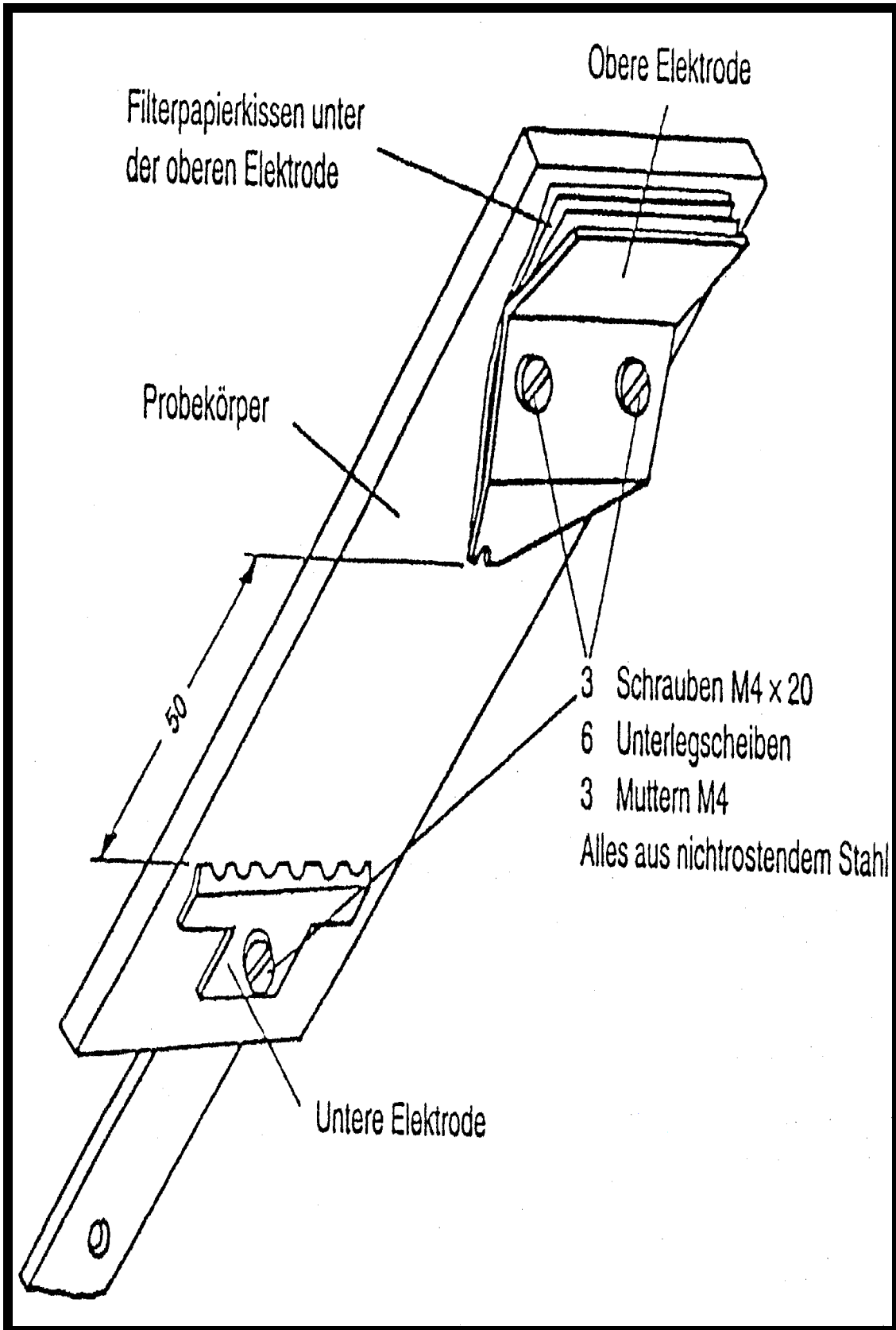
وقد نفذت اختبارات التقادم الاصطناعي بتطبيق التوتر العالي وبوجود ملوثات اصطناعية وفق بنود
نظم الهندسة الكهربائية العالمية IEC-587
وتبين الأشكال (2 - 3 - 4) التابعة (7 - 2) أقسام الجهاز وفق IEC-587 مع كافة الأبعاد
لأجزاء الجهاز مقدر ب mm



الشكل (7 - 2 - 2) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC



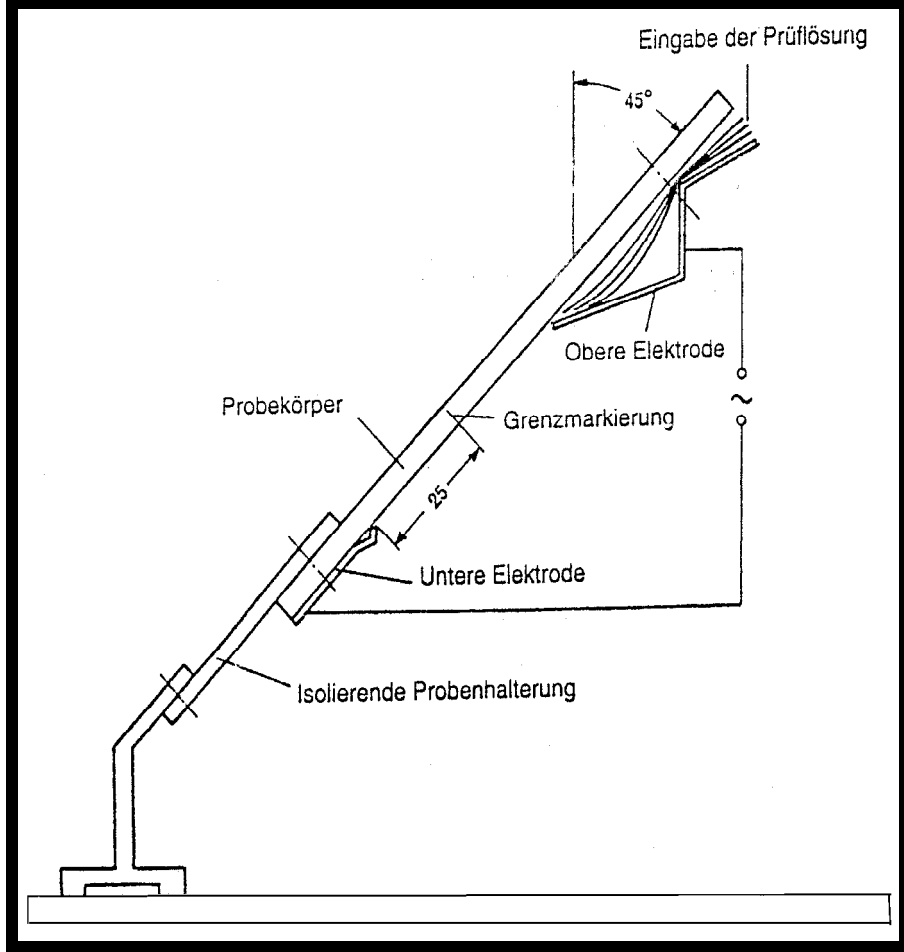
الشكل (7 - 2 - 3) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC



الشكل (7 - 2 - 4) يبين جهاز الاختبار المستخدم حسب IEC

3-7 نتائج الاختبار:

أجريت اختبارات التقادم الاصطناعي بوضع العينة المراد اختبارها على حامل خاص بزاوية 45° بين فكين علوي وسفلي كما في الشكل (7 - 3 - 1).



الشكل (7 - 3 - 1) يبين جهاز اختبار التقادم الاصطناعي

ويتم ترطيب سطح العازل بمادة ملوثة (ماء عادي مضاف إليه ملح الطعام) وتركب طبقات من الورق النشاف تحت المسرى العلوي تكون كخزان احتياطي لمحلول التلوث.

وتجرى الاختبارات باستخدام دارة الاختبار المبينة بالشكل (12) حيث تتم التغذية عن طريق محول بخرج متغير من (0 ÷ 100) kv ومقياس فولت ودارة

حماية لفصل دائرة التوتّر العالي عند مرور تيار أكبر من 100 mA لمدة (2) ثانية وتصنع جميع المساري ومثبتات من الفولاذ الغير قابل للصدأ. يتم الاختبار لكل مادة عازلة عند درجة حرارة محيطيّة وسيمر المحلول من المسرى العلوي حتى المسرى السفلي لمدة 10 دقائق على الأقل بعدها يتم رفع التوتّر المطبق إلى قيمة (4KV) ويجب المحافظة على قيمة التوتّر ثابتة خلال مدة 6 ساعات. سيتم مراقبة نشوء الشرارات بواسطة راسم الإشارة على مقاومة مربوطة على التسلسل في دائرة حماية زيادة التيار وقد تم اختبار العينات التالية:

الجدول (7 - 3 - 1) يبين اختبار العينات

$\chi = 0 \mu S$	PE	العينة الأولى
$\chi = 965 \mu S$	PE	العينة الثانية
$\chi = 1153 \mu S$	PE	العينة الثالثة
$\chi = 0 \mu S$	PVC	العينة الرابعة
$\chi = 965 \mu S$	PVC	العينة الخامسة
$\chi = 1153 \mu S$	PVC	العينة السادسة

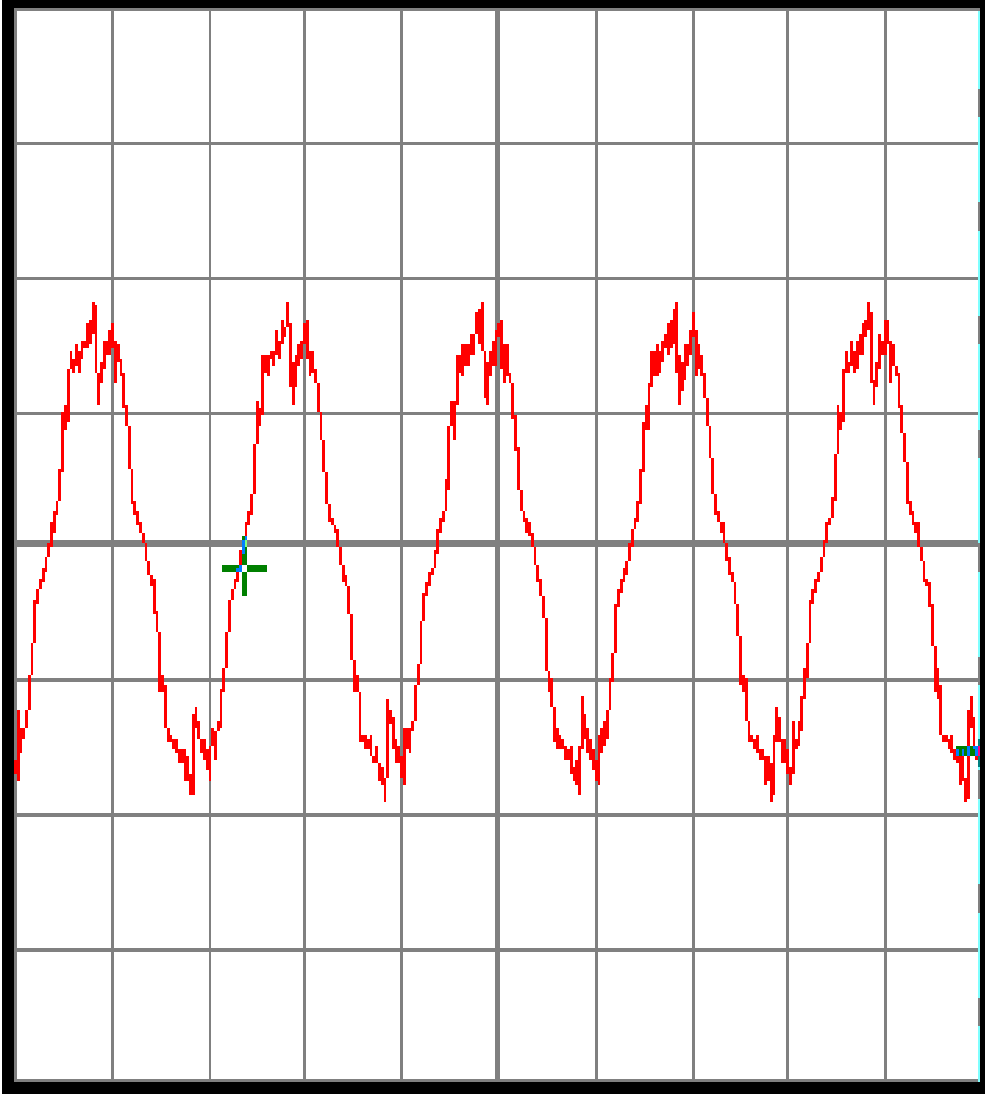
وقد حصلنا بواسطة راسم الإشارة على شكل تيار التسريب وأخذ الشكل إلى الحاسب من أجل تخزينه وإظهاره كما في الأشكال (2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7) التابعة للقسم (3 - 7)

وكانت نتائج قياس التيار التسريبي كما يلي:

العينة الأولى :

مادة عازلة مصنوعة من PE و $\chi = 0 \mu\text{S}$

مقياس الرسم $R = 10 \text{ K}\Omega - 2 \text{ mv}$

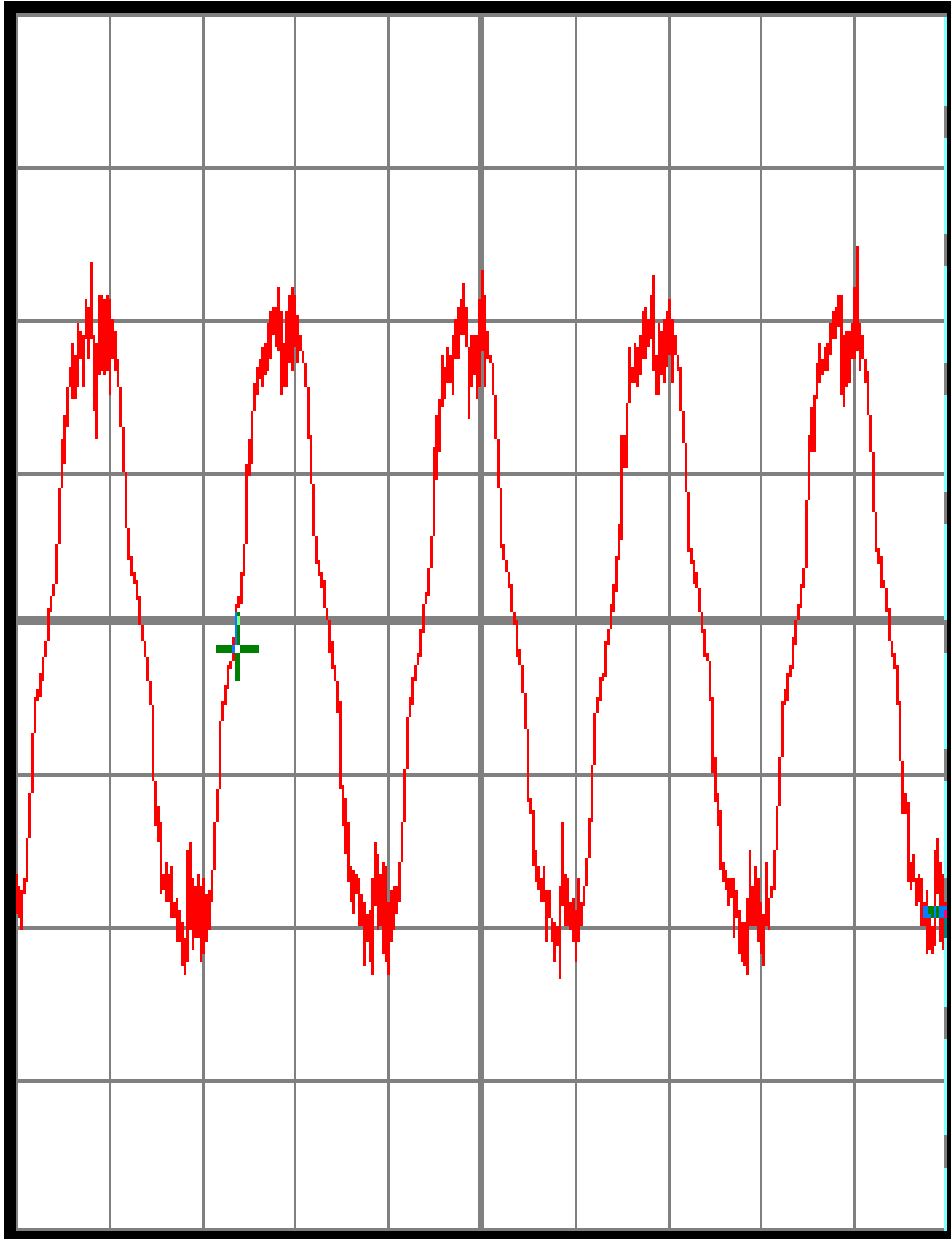


الشكل (7 - 3 - 2) يبين شكل تيار التسريب للعينة الأولى

$$I = \frac{1.8 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.36 \mu\text{A}$$

العينة الثانية:

مادة عازلة مصنوعة من PE و $\chi = 965 \mu\text{S}$

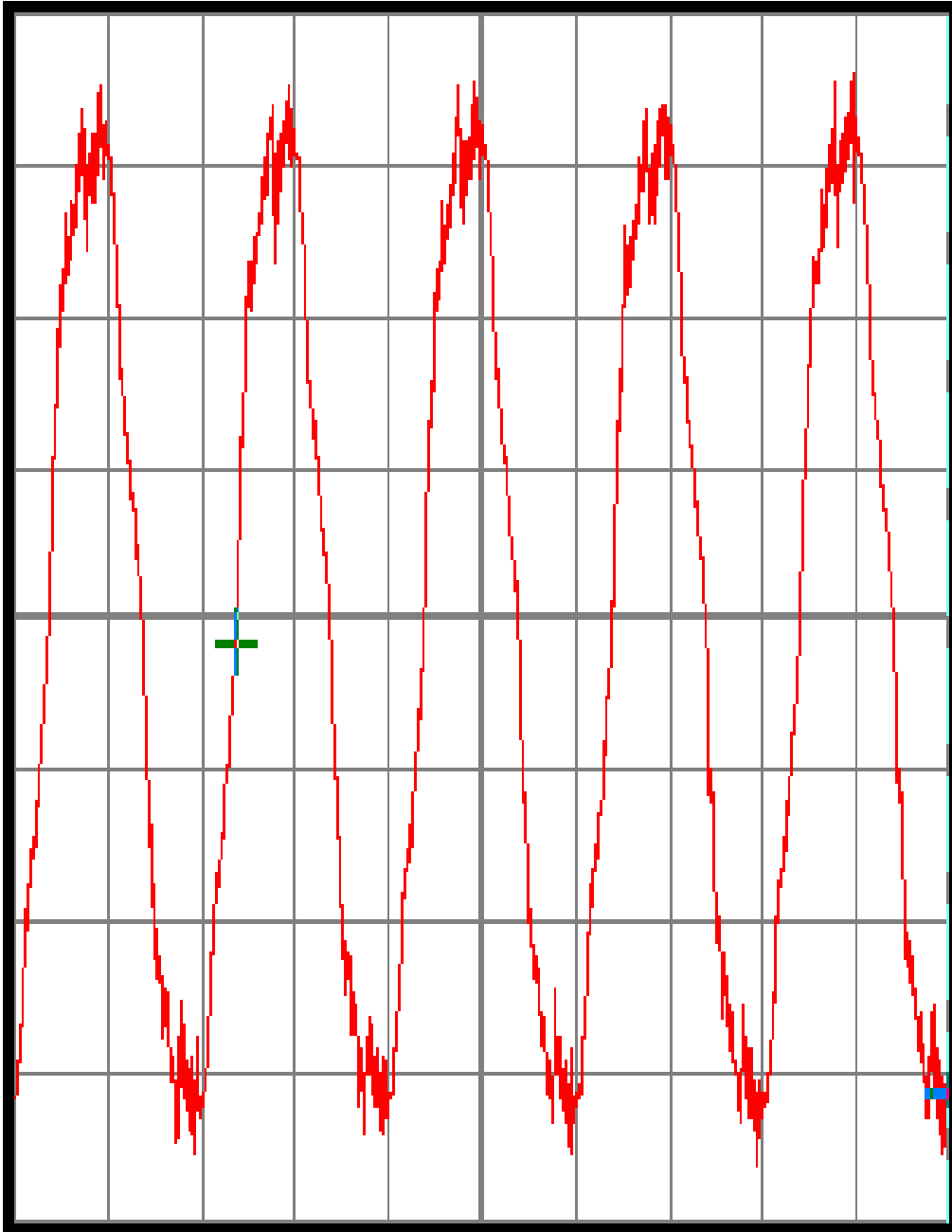


الشكل (7 - 3 - 3) يبين شكل تيار التسريب للعينة الثانية

$$I = \frac{2.2 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.44 \mu\text{A}$$

العينة الثالثة:

مادة عازلة مصنوعة من PE و $\chi = 1156 \mu\text{S}$

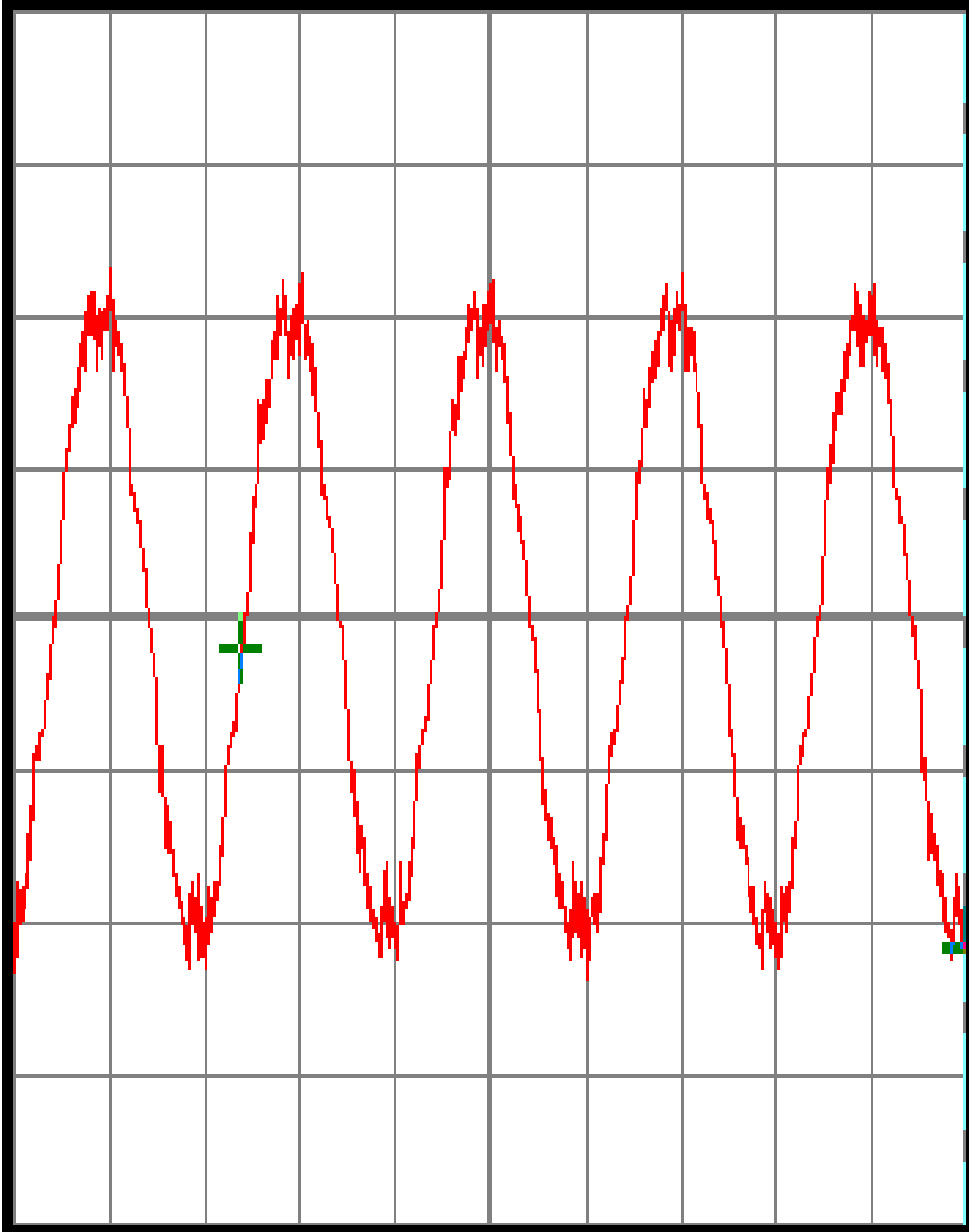


الشكل (7 - 3 - 4) يبين شكل تيار التسريب للعينة الثالثة

$$I = \frac{3.4 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.68 \mu\text{A}$$

العينة الرابعة:

مادة عازلة مصنوعة من PVC و $\chi = 0 \mu\text{S}$

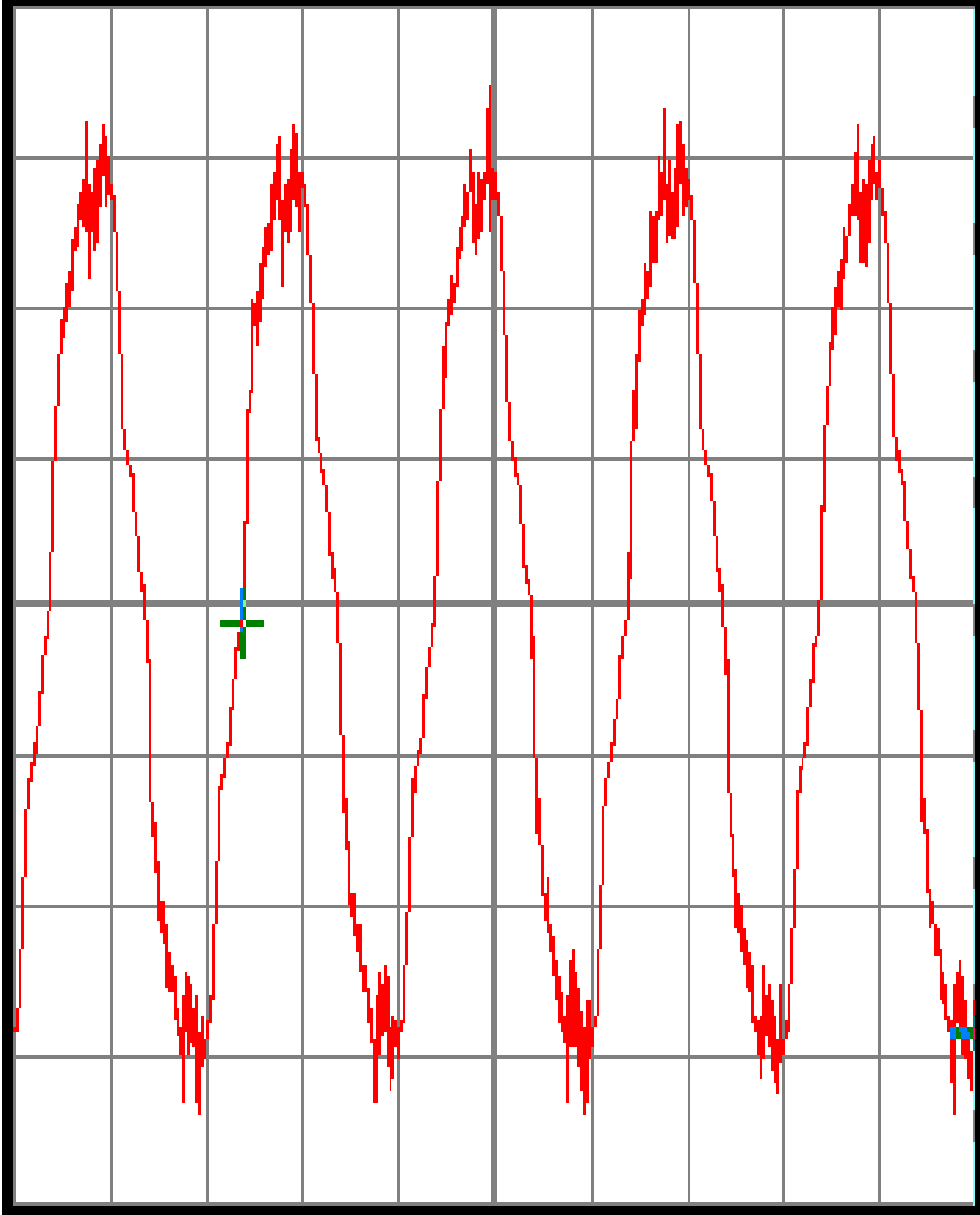


الشكل (7 - 3 - 5) يبين شكل تيار التسريب للعينة الرابعة

$$I = \frac{2.1 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.42 \mu\text{A}$$

العينة الخامسة:

مادة عازلة مصنوعة من PVC و $\chi = 965 \mu\text{S}$



الشكل (7 - 3 - 6) يبين شكل تيار التسريب للعينة الخامسة

$$I = \frac{3.2 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.64 \mu\text{A}$$

العينة السادسة:

مادة عازلة مصنوعة من PVC و $\chi = 1156 \mu\text{S}$



الشكل (7 - 3 - 7) يبين شكل تيار التسريب للعينة السادسة

$$I = \frac{4 \times 2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^3} = 0.8 \mu\text{A}$$

4-7 تحليل ومناقشة النتائج:

تم التوصل بعد إجراء اختبارات التقادم الاصطناعي حسب النظام العالمي IEC - 587 على عينات المذكورة إلى النتائج التالية:

4-7-1 التغيرات الميكروسكوبية:

بينت الاختبارات على كافة العينات المختبرة حدوث تغيرات ميكروسكوبية متفاوتة الشدة على سطح المادة العازلة التي تعرضت لحدوث انفراغات جزئية وأقواس ابتدائية عليها وقد تمثلت بتشقق المادة العازلة وأصبح سطحها خشنا وقد تفاوتت درجة الخشونة على سطح المادة العازلة.

حيث نلاحظ أن سطح العينة الأولى والعينة الرابعة كان أملساً و ناعماً بينما عندما تعرضت العينة إلى التلوث ونشوء تيار تسريبي أكبر على سطحها أصبح سطح المادة العازلة خشنا كما في العينة الثانية والخامسة وتزايدت درجة الخشونة في العينة الثالثة والسادسة عند درجة ناقلية أكبر لمادة التلوث، وقد كما من المفروض أن يتم تصوير العينات بعد إجراء الاختبارات بواسطة المجهر الإلكتروني بدرجات تكبير تسمح لنا بمعرفة ماذا حدث على سطح المادة العازلة عند تعرضها إلى التلوث وحدثت القواس الكهربائية على سطحها ولكن للأسف لن نتمكن من ذلك وإنما اكتفينا بمشاهدة ما حدث على سطح العينات بالعين المجردة وبواسطة الملمس.

4-7-2 اختبارات التحليل الطيفي:

بعد أن تم إجراء الاختبارات على العينات المطلوبة حسب نظام IEC - 587 كان من المفروض إجراء اختبارات التحليل الطيفي لسطوح المادة العازلة قبل وبعد تعرضها للانفراغات والأقواس الابتدائية وذلك ضمن وخارج مناطق التآكل.

وقد شملت الاختبارات التالية:

- ١- اختبارات التحليل الطيفي بطريقة EDX
- ٢- اختبارات التحليل الطيفي بطريقة TRFA
- ٣- اختبارات التحليل الطيفي بطريقة XPS
- ٤- اختبارات التحليل الطيفي بطريقة DR-IR

ولم نتمكن تحقيق أي اختبار من الاختبارات السابقة لا في الكلية ولا في إحدى الكليات الثانية.

لذلك ولمعرفة ماذا حدث على سطح هذه العينات عن تعرضها الى الاقواس الابتدائية نتيجة المادة الملوثة ثم الاستعانة بقياس متانة الشد لكل عينة وقياس نسبة الاستطاعة وأيضا بواسطة تحليل فورييه لمقارنة النتائج.

4-7-3 قياس متانة الشد:

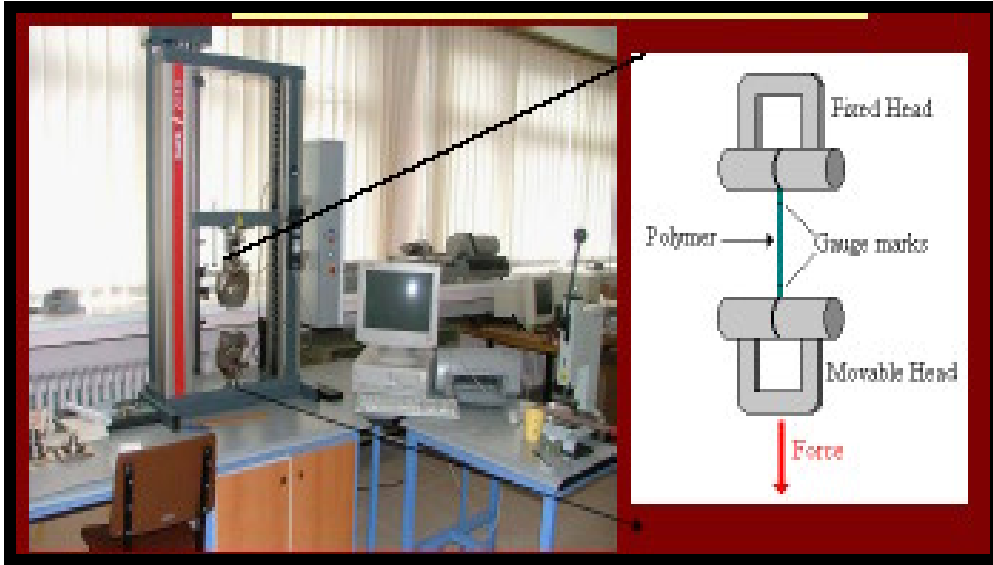
يتم هذا النوع من الاختبار بواسطة جهاز قياس متانة الشد للعينات وهو عبارة عن جهاز كهروميكانيكي ويتم تصنيع العينات المختبرة بشكل محدد ويبين الشكل (7 - 4 - 3 - 1) شكل العينة المختبرة في جهاز الشد الكهروميكانيكي.



الشكل (7 - 4 - 3 - 1) يوضح شكل العينة المختبرة

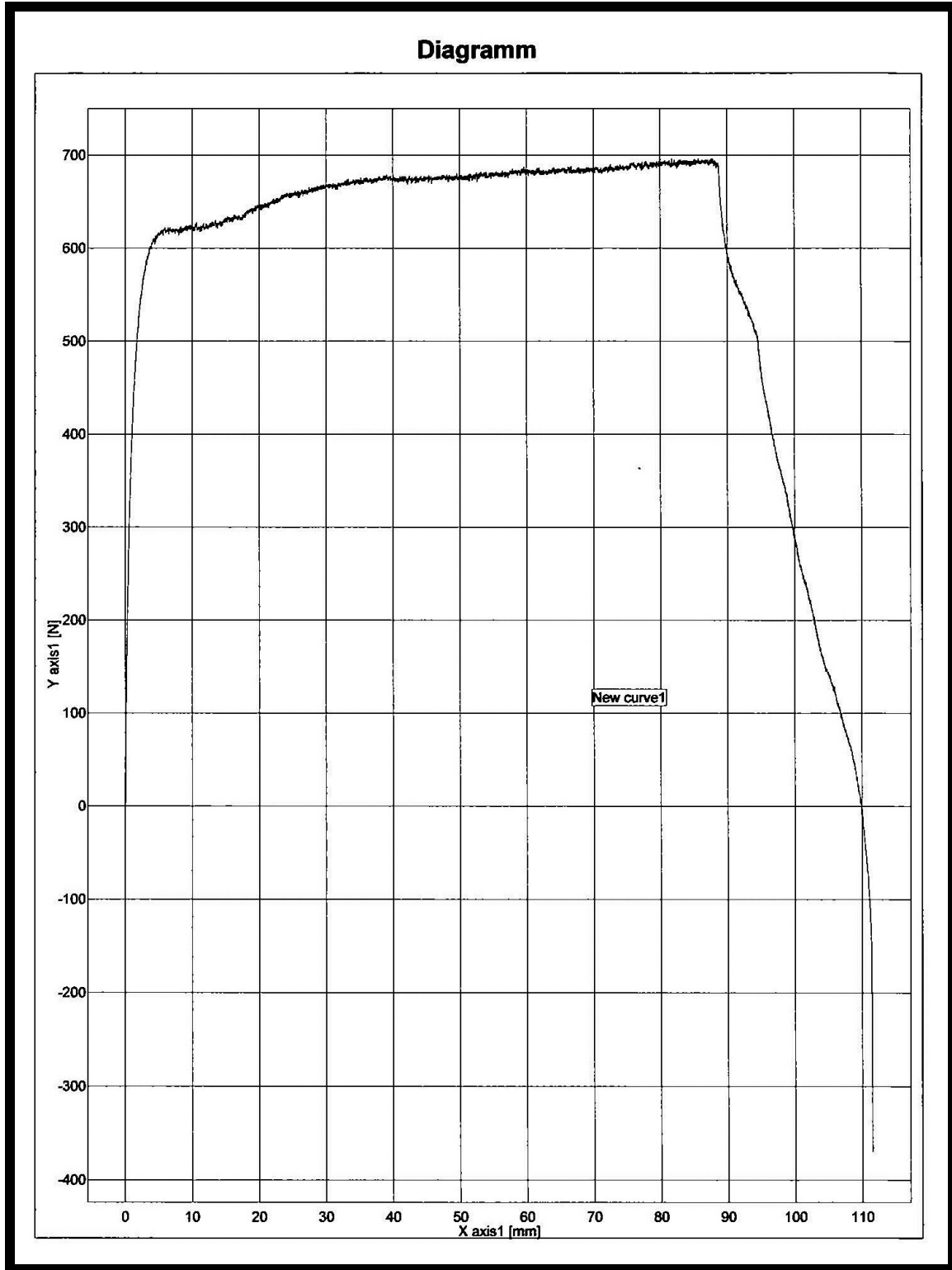
ويتم الاختبار كما يلي:

نثبت عينة الاختبار بين القاعدة الصلبة والرأس المتحرك للجهاز (فكي الشد) ويتم تحريك فكي الشد وعن طريق نظام تحكم يقاس الحمل المطبق على العينة باستخدام حساسات موصولة بين القاعدة والرأس، حيث ترفع قوة الشد من حتى يتم قطع العينة وذلك بسرعة مقدارها 10 min/mm ثم تظهر نتائج الاختبار على الشاشة الموجودة على لوحة الإظهار أو على شاشة الحاسب ويبين الشكل (2 - 3 - 4 - 7) جهاز الشد الكهروميكانيكي.



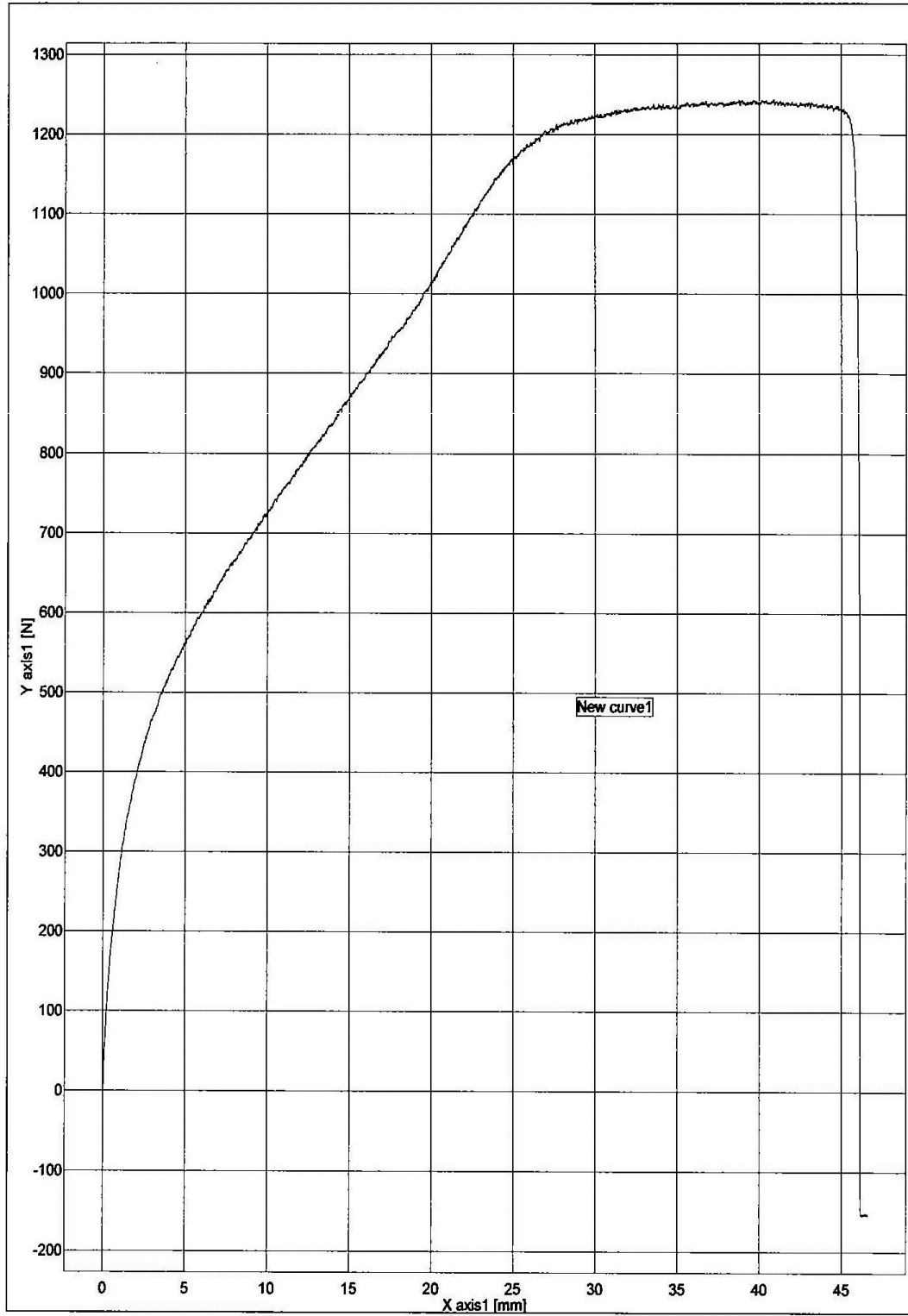
الشكل (2 - 3 - 4 - 7) جهاز الشد الكهروميكانيكي

وقد حصلنا على نتائج العينات الستة وهي مبينة بالأشكال التالية:

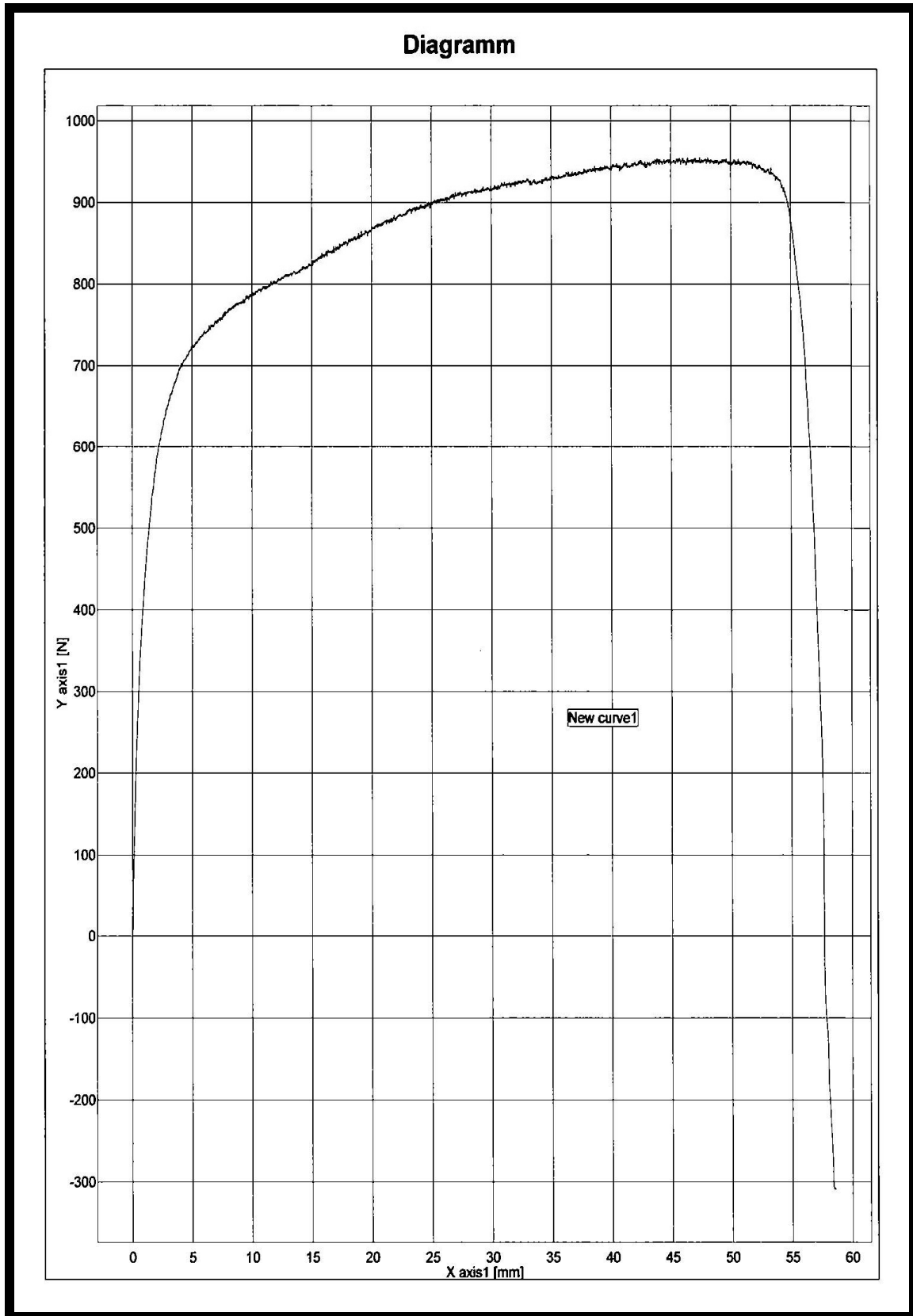


الشكل (7 - 4 - 3 - 3) يوضح متانة الشد للعيينة الأولى

Diagramm



الشكل (7 - 4 - 3 - 4) يوضح متانة الشد للعينة الثانية



الشكل (7 - 4 - 3 - 5) يوضح متانة الشد للعيينة الثالثة

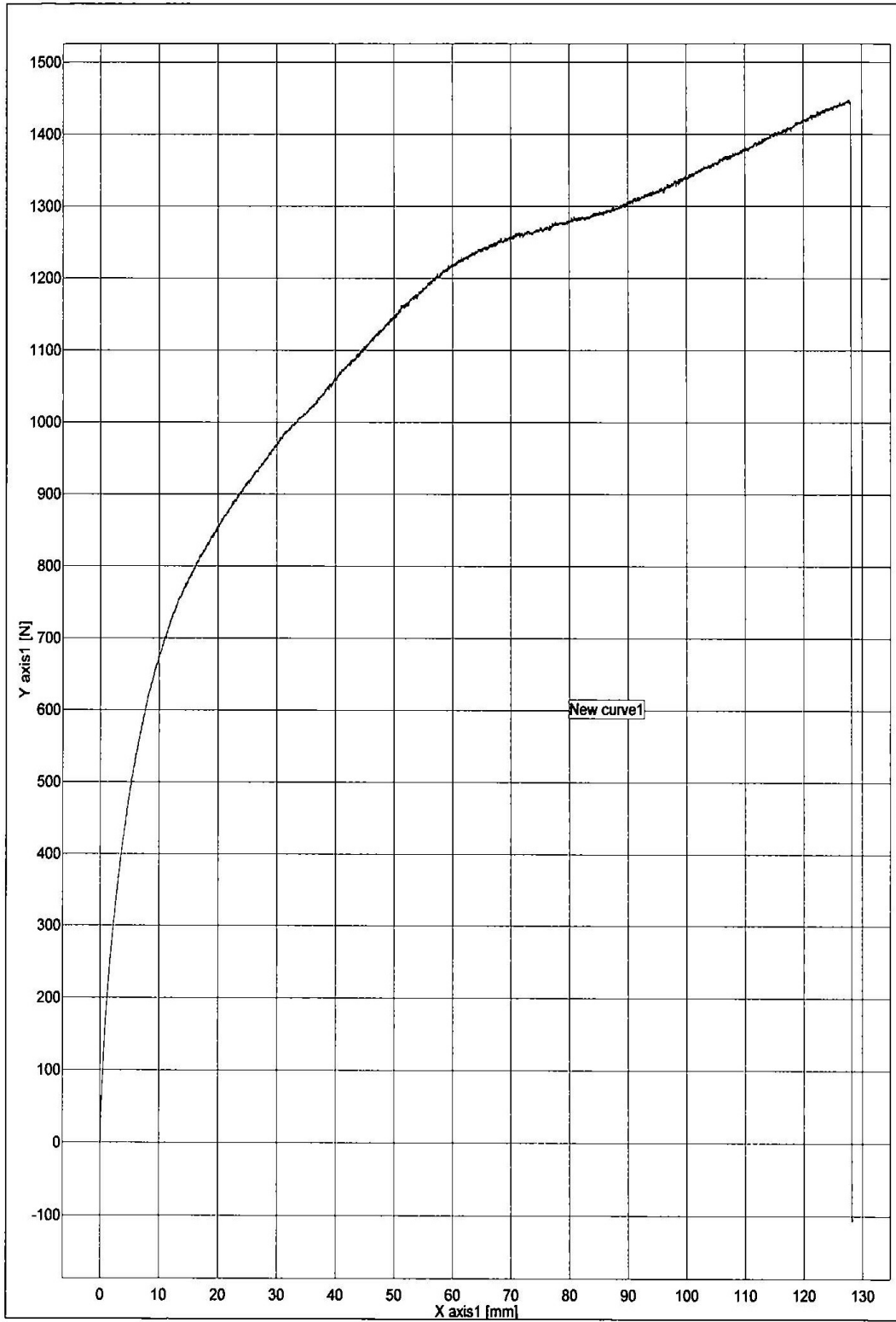
وقد تم الحصول على النتائج التالية من الأشكال السابقة بالنسبة لمادة البولي
اتيلين كما في الجدول التالي:

الجدول (7 - 4 - 3 - 1) يبين نتائج البولي ايتلين

النسبة %	مقدار الاستطالة	قوة الشد	
277.5 %	82.25 mm	1275 N	العينة الاولى $\chi = 0 \mu s$
155.3 %	46. 6 mm	1224 N	العينة الثانية $\chi = 965 \mu s$
195.3 %	58.6 mm	955.27 N	العينة الثالثة $\chi = 1156 \mu s$

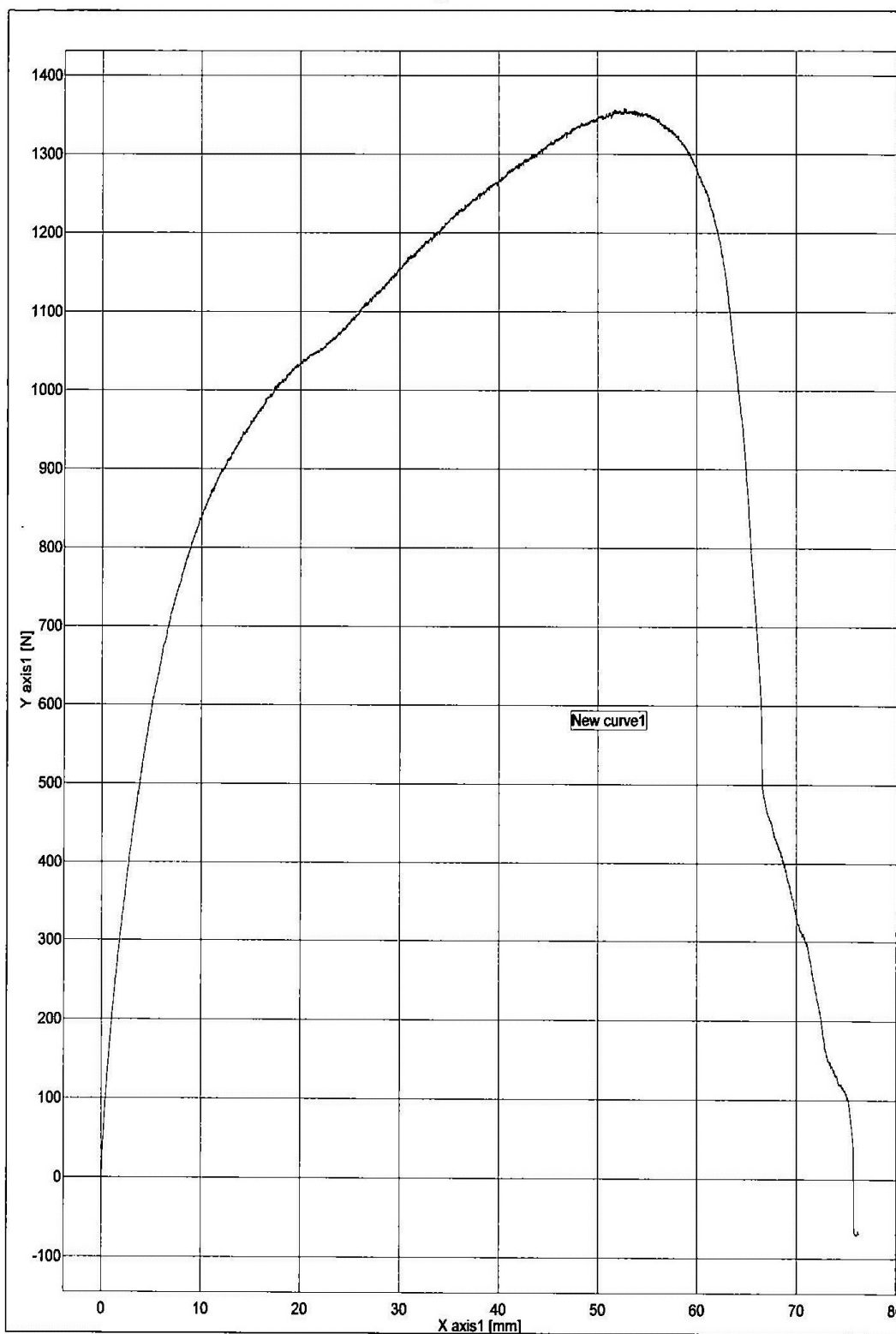
من هذه النتائج نرى انه عندما تزداد درجة التلوث فإن الاقواس الناشئة على سطح المادة العازلة
تصبح أكثر فعالية وتفقد المادة قوى ترابط ذراتها مع بعضها البعض مما يجعل قوة الشد اقل وهذا
مؤشر على أن سطح المادة العازلة قد تخرب و تعرض للتآكل.

Diagramm



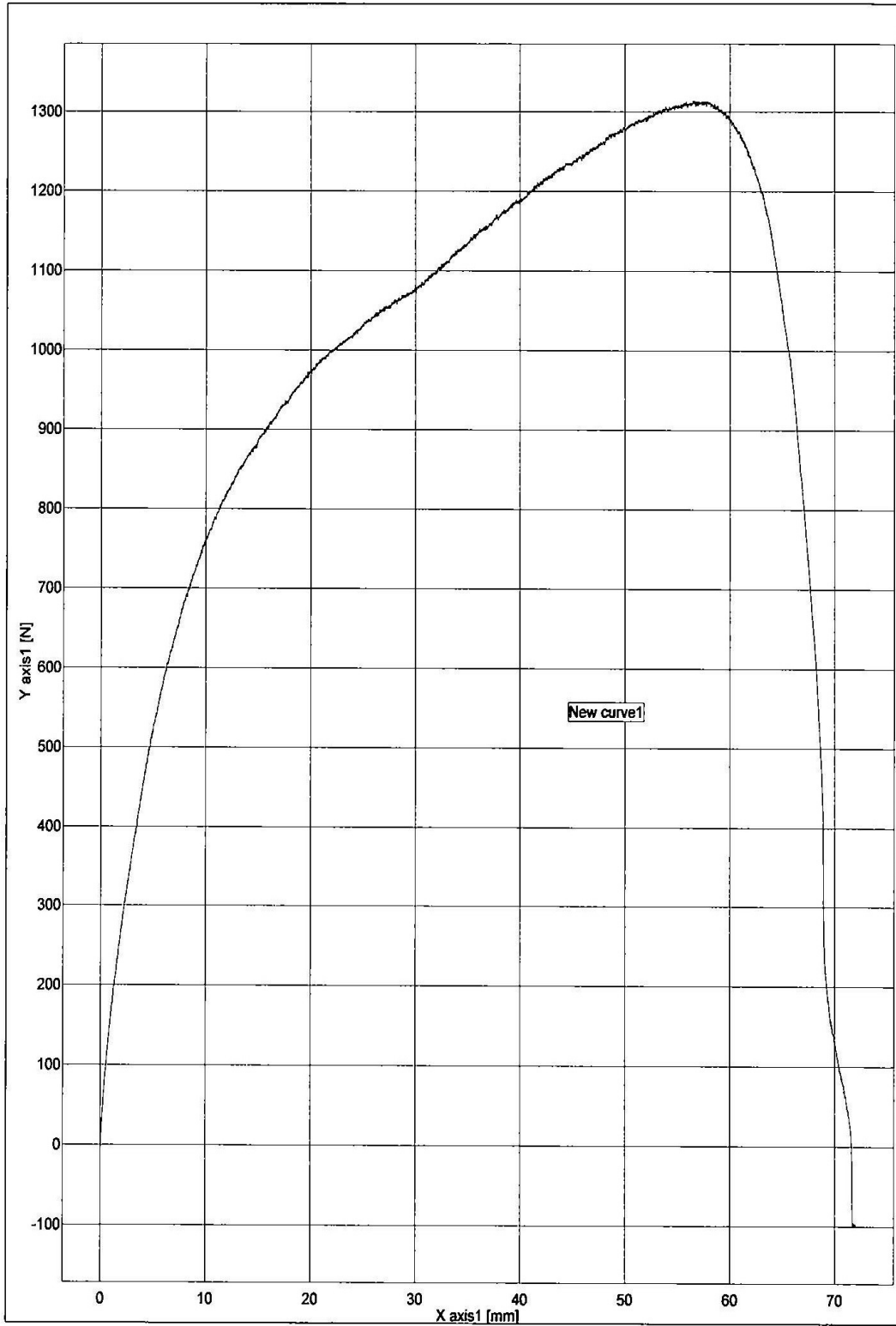
الشكل (6 - 3 - 4 - 7) يوضح متانة الشد للعينة الرابعة

Diagramm



الشكل (7 - 3 - 4 - 7) يوضح متانة الشد للعينة الخامسة

Diagramm



الشكل (8 - 3 - 4 - 7) يوضح متانة الشد للعينة السادسة

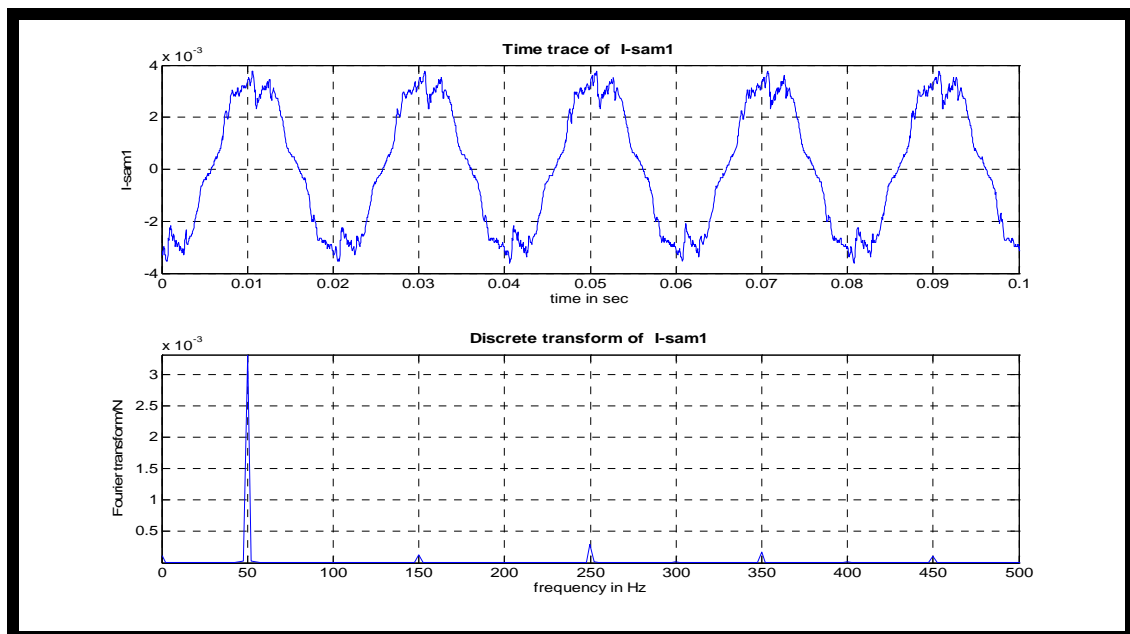
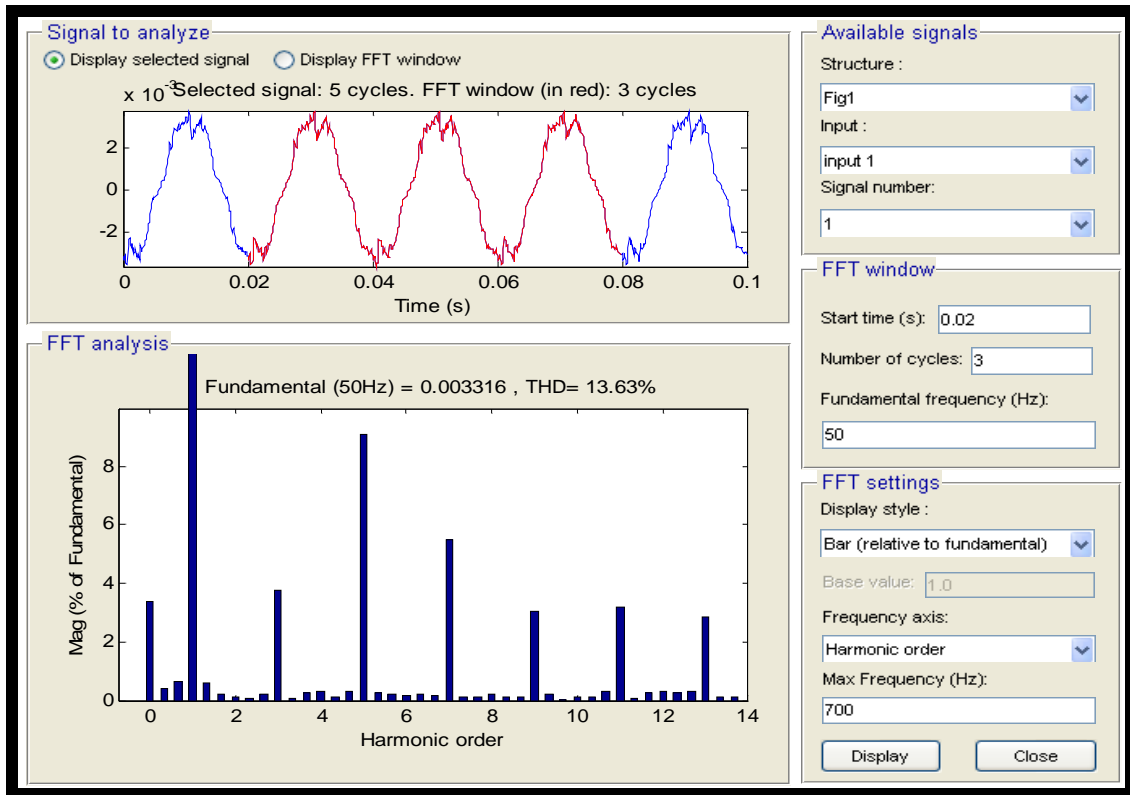
أما بالنسبة لمادة الـ pvc نلاحظ ما يلي:

الجدول (7 - 4 - 3 - 2) يبين نتائج عينات pvc

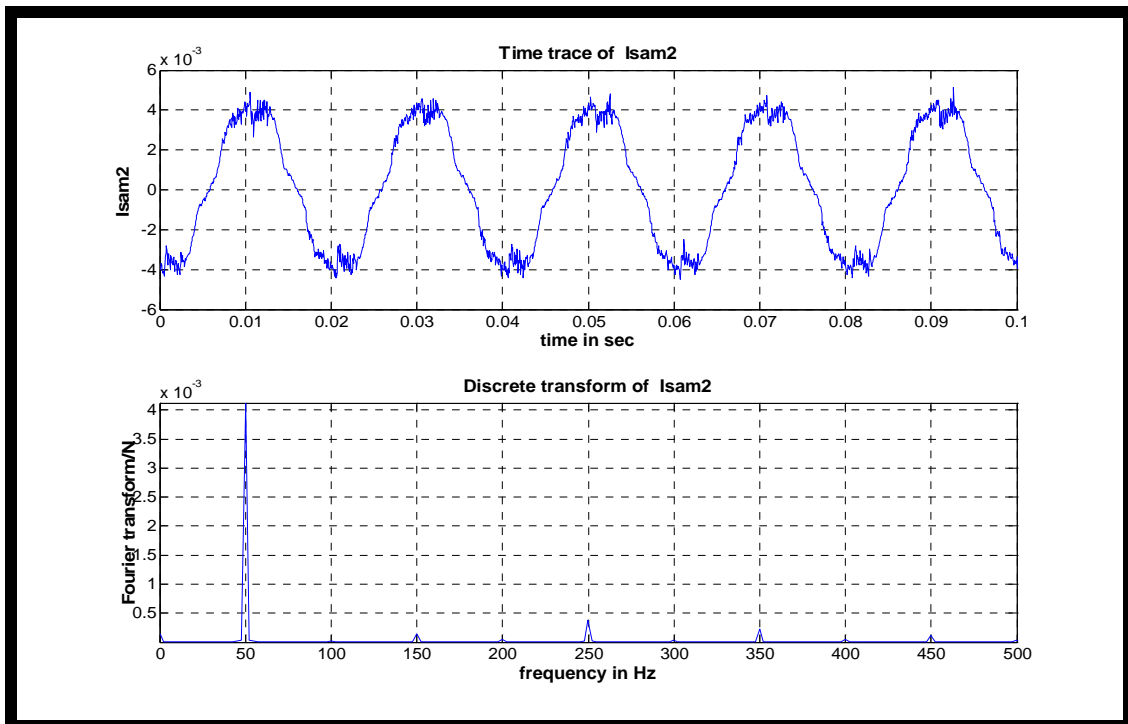
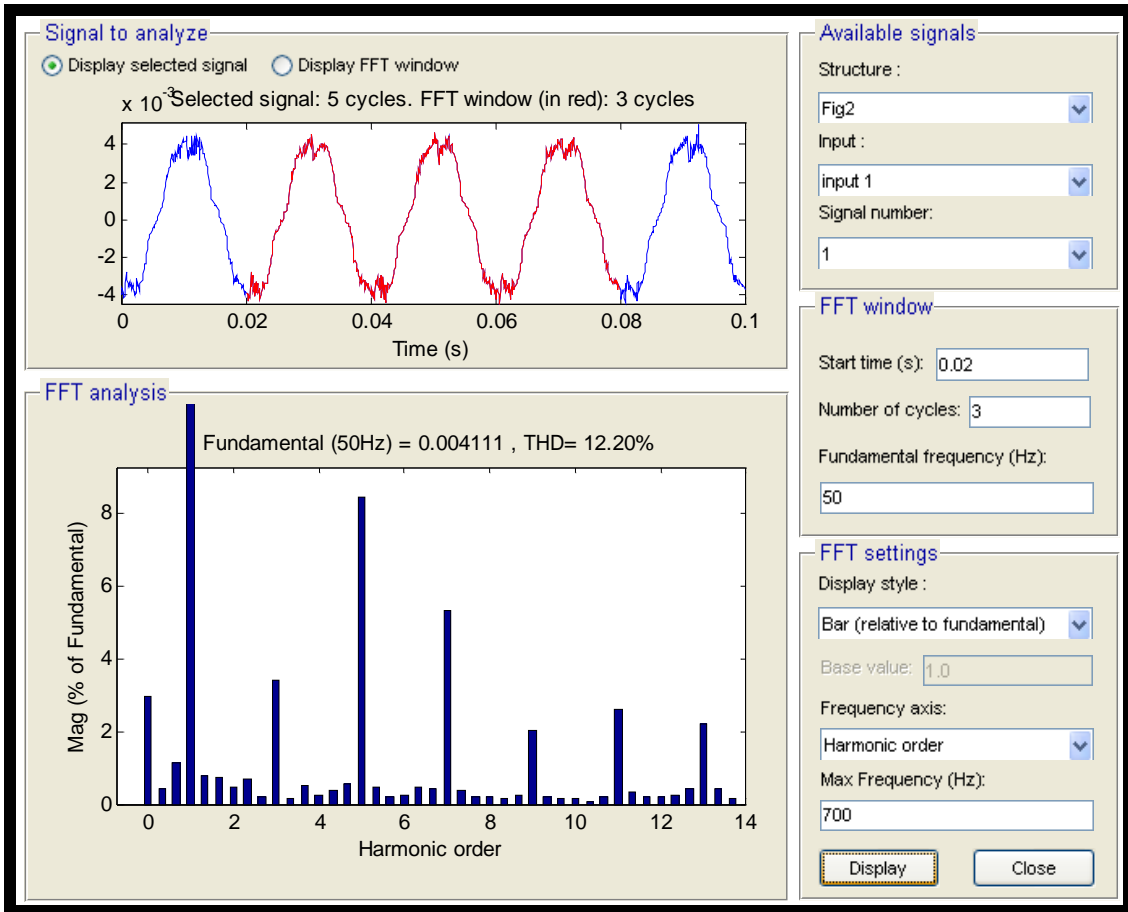
النسبة %	مقدار الاستطالة	قوة الشد	
427.6 %	128.3 mm	1447.6 N	العينة الرابعة $\chi = 0 \mu s$
254.3 %	76.3 mm	1359.5 N	العينة الخامسة $\chi = 965 \mu s$
240.09 %	72.03 mm	1314.6 N	العينة السادسة $\chi = 1156 \mu s$

من هذه النتائج نرى إنه عندما تزداد درجة ناقلية طبقة التلوث فإن الاقواس الناشئة على سطح المادة العازلة تزداد قوتها وشدها مما يعرض سطح المادة للتآكل والتخريب لذلك تقل القوة اللازمة لانقطاع هذه المادة وأيضا تقل المسافة اللازمة للإمتطاط حتى تنقطع وهذا مؤشر على ان الاقواس الابتدائية تزداد بإزدياد درجة التلوث ويؤدي الى تفكك قوى الترابط على سطح المادة.

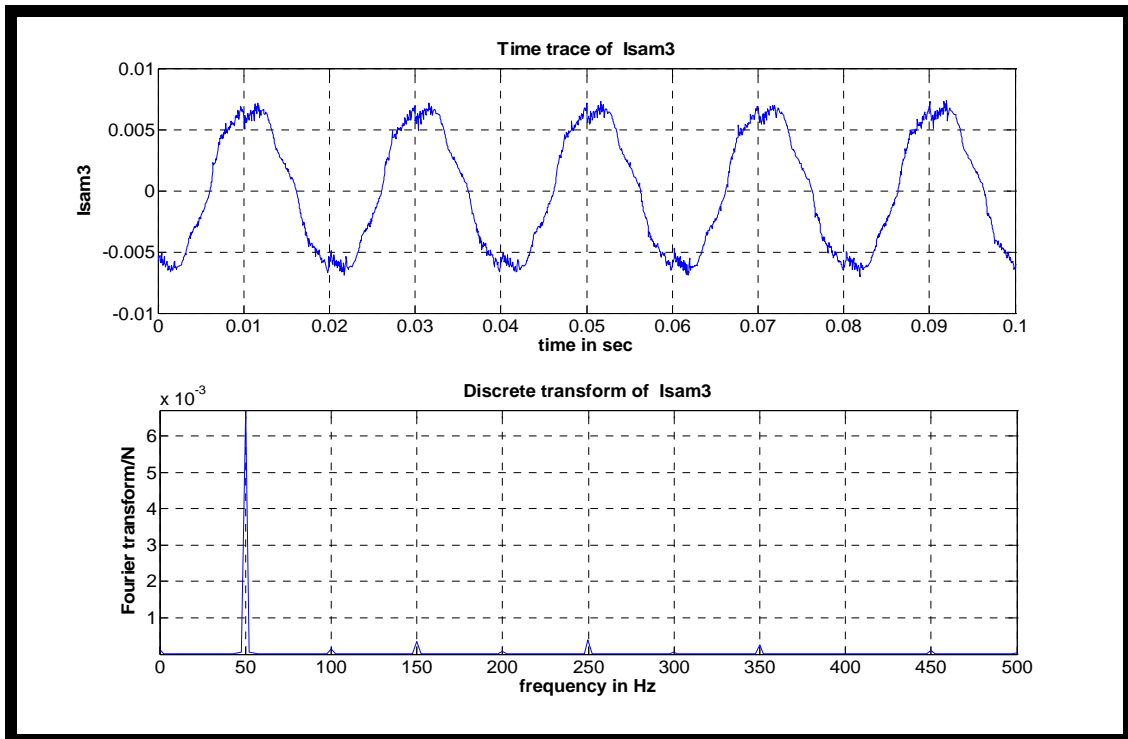
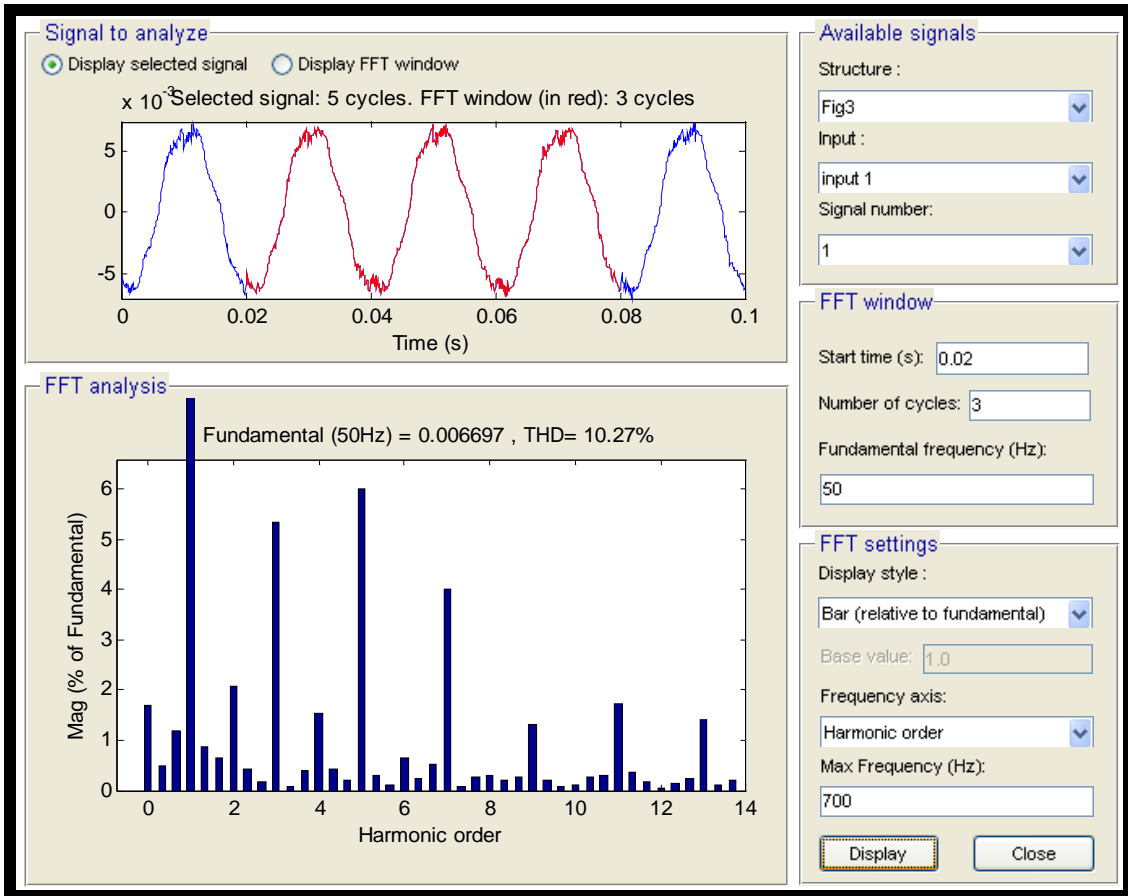
وأخيراً تم تحليل النتائج أيضاً للحصول على وثيقة أكثر في العمل عن طريق تحليل فورية كما تبينه الأشكال التالية :



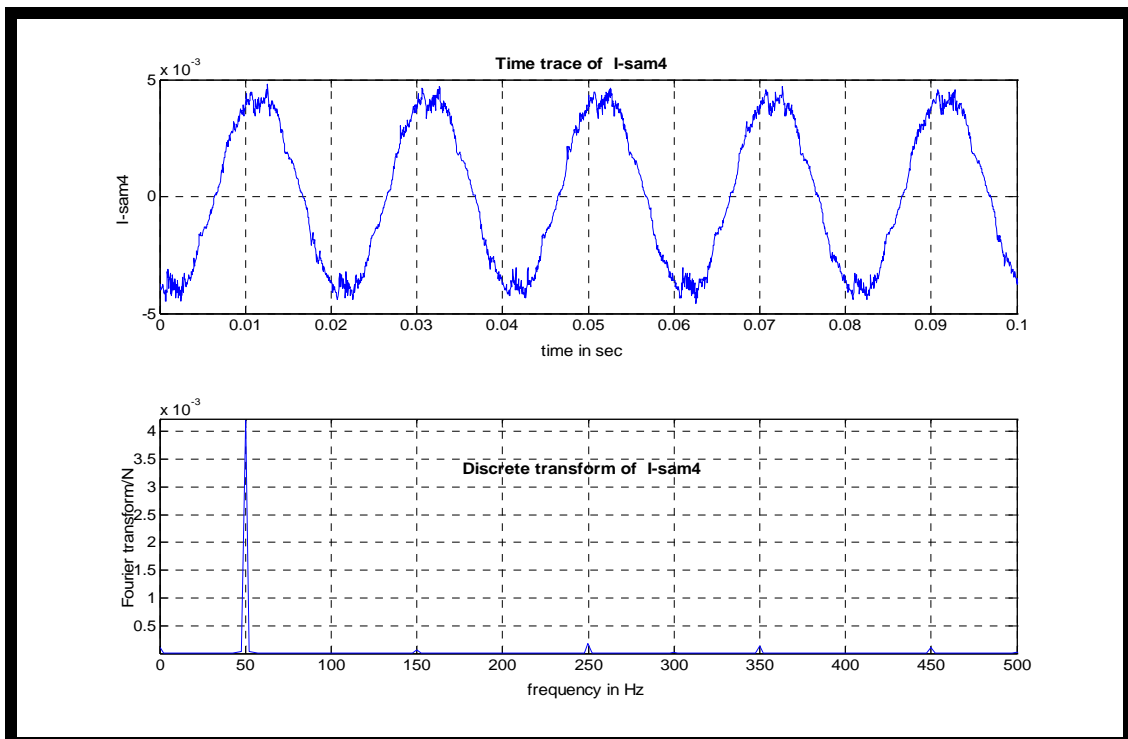
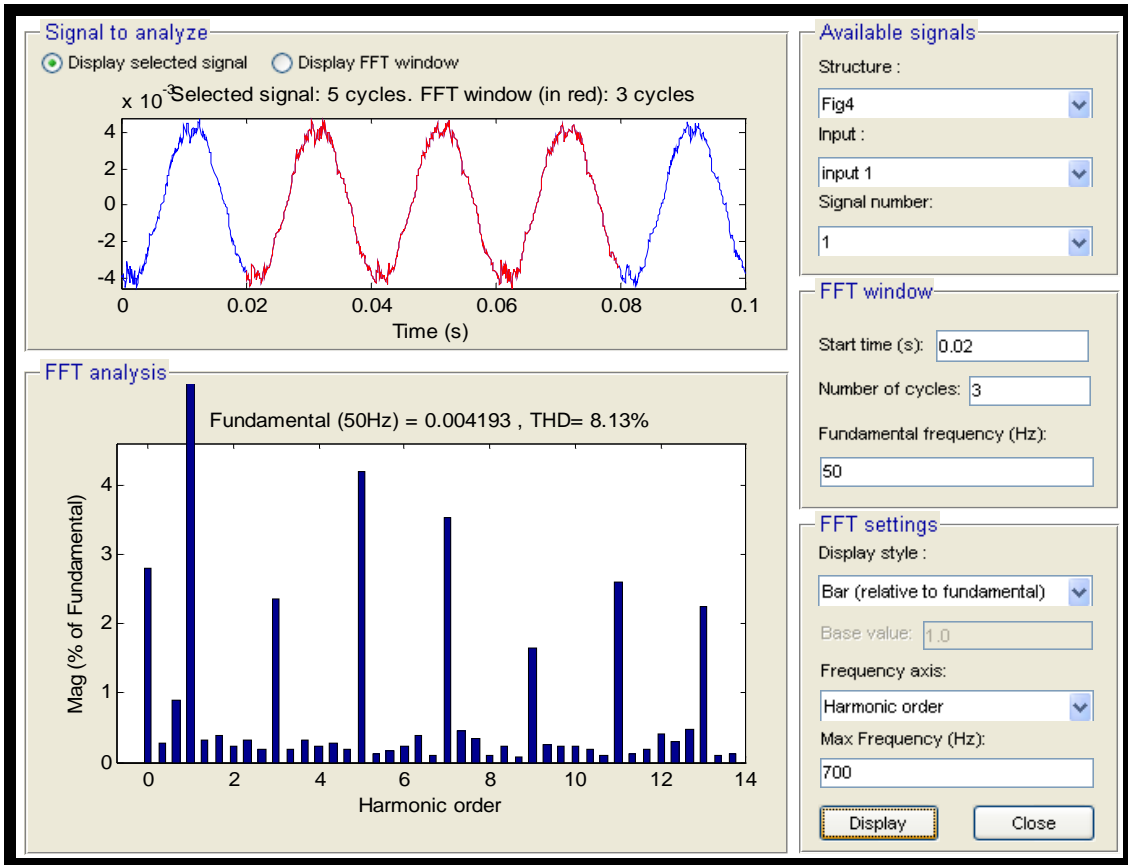
الشكل (7 - 4 - 3 - 9) يوضح تحليل فورييه للعينة الأولى



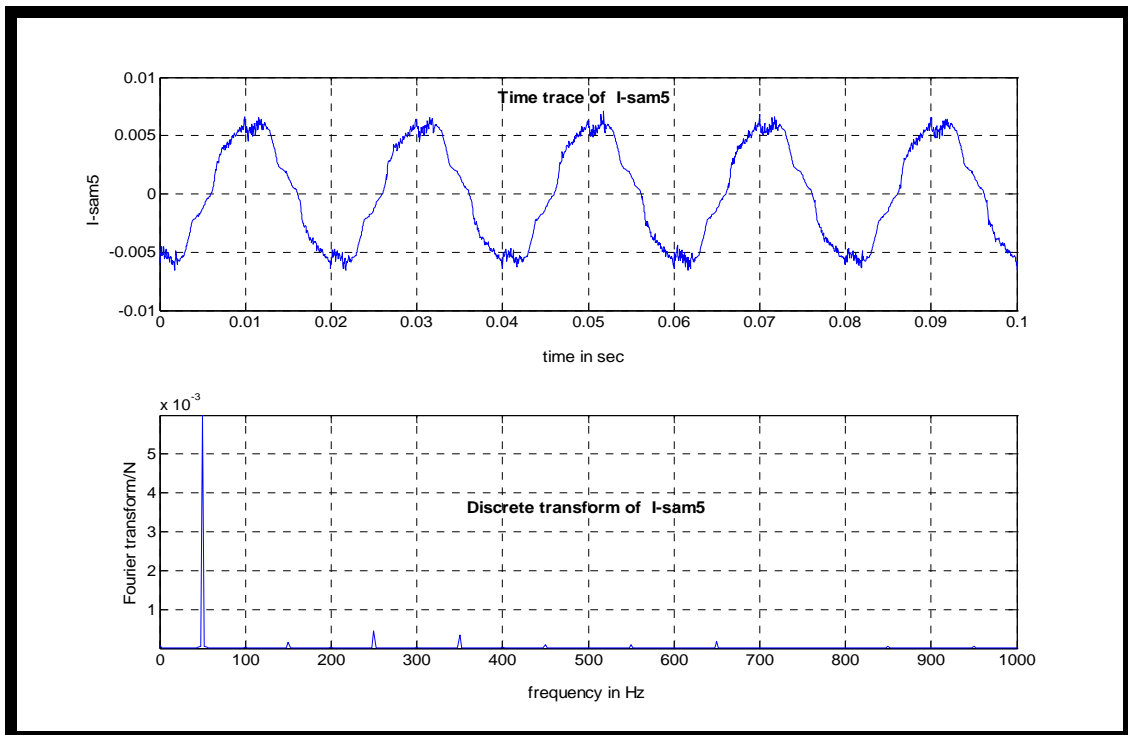
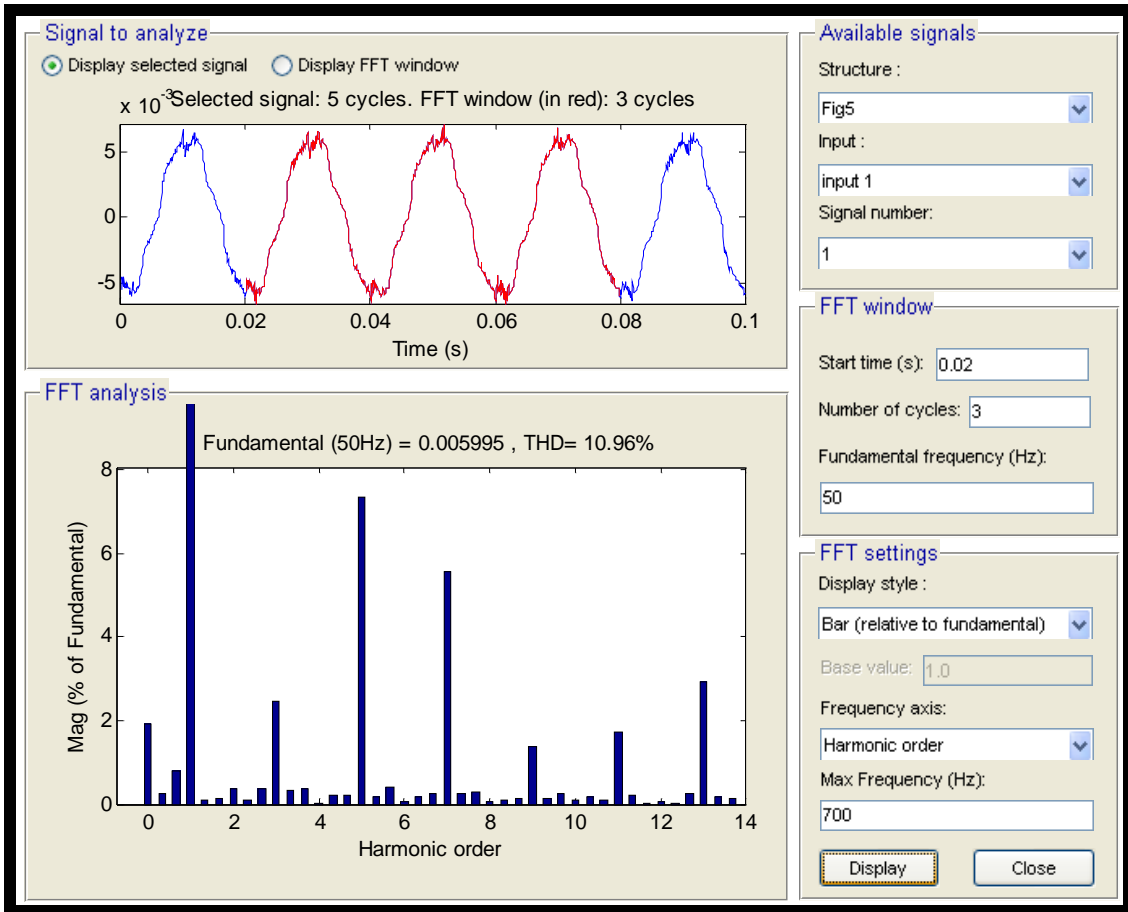
الشكل (7 - 4 - 3 - 10) يوضح تحليل فورييه للعينة الثانية



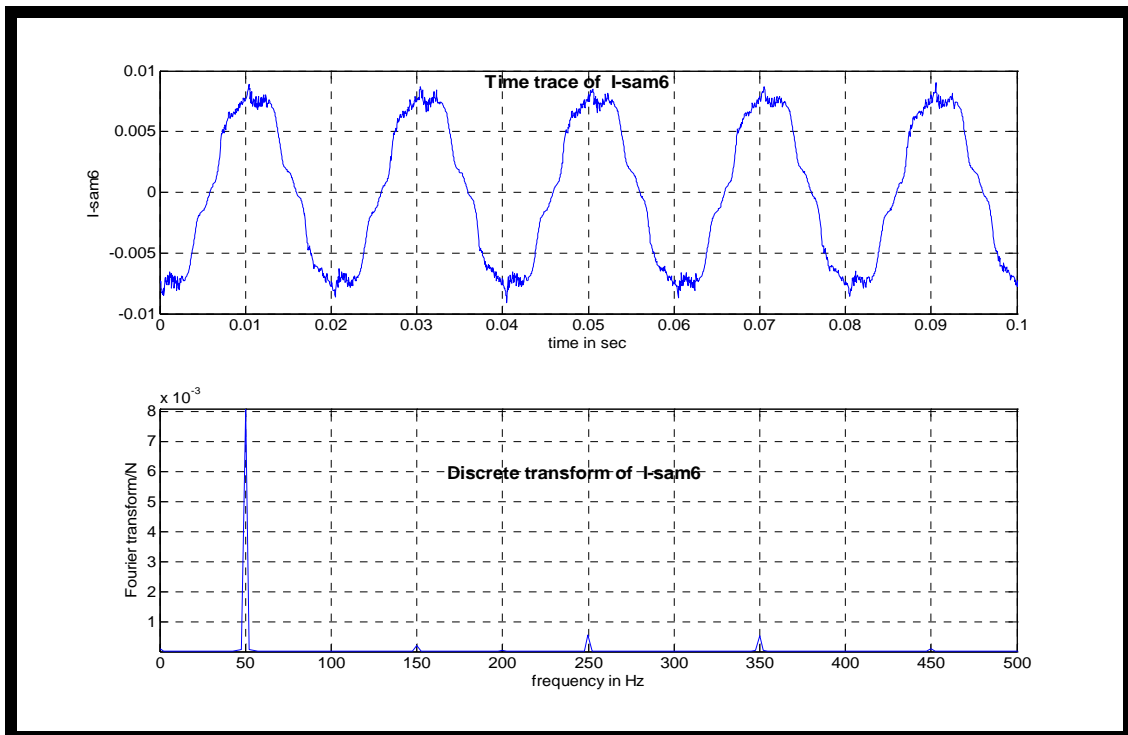
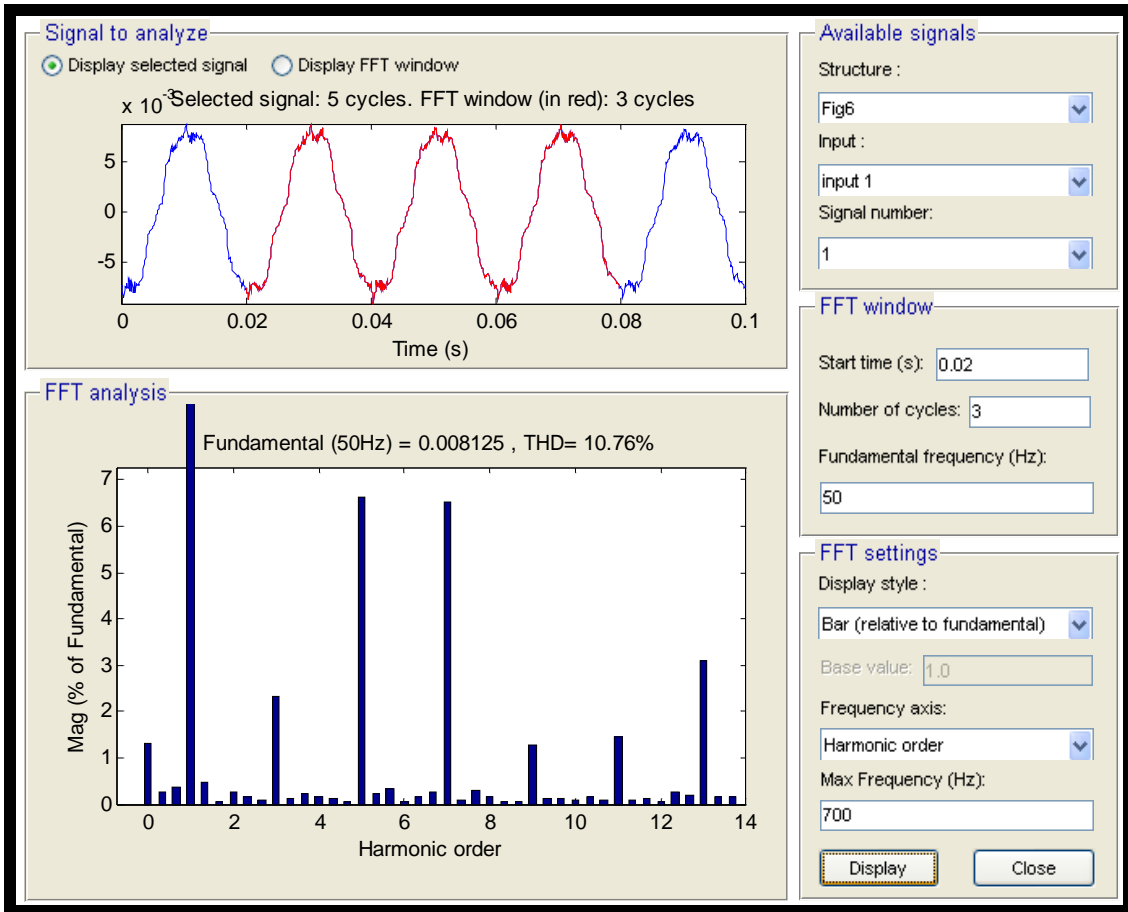
الشكل (7 - 4 - 3 - 11) يوضح تحليل فورييه للعينة الثالثة



الشكل (7 - 4 - 3 - 12) يوضح تحليل فورييه للعينة الرابعة



الشكل (7 - 4 - 3 - 13) يوضح تحليل فورييه للعينة الخامسة



الشكل (7 - 4 - 3 - 14) يوضح تحليل فورييه للعينة السادسة

أما بالنسبة لمناقشة النتائج فإننا نلاحظ أنه بالنسبة للعينة الأولى فقد ظهرت لدينا التوافقية الأولى والثالثة والخامسة بينما للعينة الثانية وعند تزايد درجة التلوث فإن مطال التوافقية الأولى قد تزايد وكذلك الثالثة والخامسة وأيضاً بالنسبة للعينة الثالثة فإن مطال التوافقيات الأولى والثالثة والخامسة قد تزايدت وهذا يدل على إن تيارات التسريب على سطح المادة العازلة قد أدى إلى تخريب هذا السطح و تفكك الروابط بين جزيئاته فأصبح هشاً أكثر.

و كذلك بالنسبة للعينات المصنوعة من pvc نجد أن مطال التوافقية الأولى يتزايد عند تزايد درجة ناقلية.

الخاتمة:

- ١- المواد العازلة العضوية تتعرض للتآكل والتقادم الزمني بصورة متفاوتة عند استخدامها في تجهيزات التوتر العالي وتعرضها للتلوث المختلف.
 - ٢- يمكن من خلال هذه الدراسة أن نؤكد على أن تآكل المواد العازلة العضوية يتفاوت بشكل كبير وذلك بحسب نوعية وتركيب هذه المواد. ويتراوح ذلك بين ظهور خشونة على طول مسار الانفراغ أو نشوء أخاديد وتشققات أو آثار تفحم.
 - ٣- إن ازدياد درجة التلوث يؤدي الى تزايد الاقواس الناشئة على سطح المادة العازلة وبالتالي الى حدوث عمليات تآكل على سطح المادة العازلة وظهور الخشونة العالية.
- لذلك نؤكد على أن تتحمل المادة العازلة للتيارات التسريبيه والاقواس الابتدائية وذلك من قبل وضعها في الاستخدام في شبكات التوتر العالي.

المراجع :

[1] : " بحث مخبري حول تقادم عوازل التوتر العالي غير السيراميكية في ظروف التلوث "

د . محمد نضال الرئيس

[2] : " Polymer Engineering " Roberts B.E NewYork,1975 "

[3] : " Polymer Materials " Hall c .Landon , 1988 "

[4] : " خواص المواد للدكتور: محمد نضال الرئيس "

[5] : " Polymer Degradation " Schnabel W. New York ,1981 "

[6] : " IEC – 587 "

[7] : " Testing of Polymers "Schmitz J.V . New York ,1979 "