

قياس المقاومة الكهربائية للاكياس الموصله للشحنات الكهربائيه المصنعة من مادة البولي فنيل كلورايد

وداد حمد شعبان

قسم الكيمياء ، كلية العلوم ، جامعة النهرين ، العراق.

الملخص:

تعتبر المواد البلاستيكية والمطاطية ومن ضمنها البولي فنيل كلورايد من المواد ذات العزل الكهربائي العالي ولهذا السبب فهي تستخدم بشكل واسع كعوازل، وبالرغم من ذلك فان اضافته بعض المواد وبالاخص انواع محددة من اسود الكربون الى البولي فنيل كلورايد تقوم بتقليل المقاومة الكهربائيه (Resistance) لهذه المادة بشكل كبير وتتراوح مدى المقاومة النوعية (Resistivity) المستحصلة بهذه الطريقة من $7.35 \times 10^3 \Omega.cm$ الى $46.08 \times 10^3 \Omega.cm$ حيث صنعت اكياس بلاستيكية من مادة البولي فنيل كلورايد (PVC) قادرة على تبديد الشحنات الكهربائيه المستقرة المتولدة نتيجة تداول مواد تولد شحنات مستقرة بشكل كبير مثل مادة النتروسيليلوز المستخدمة في صناعة الاصباغ.

المقدمة:

قيمة عليا مقبولة (maximum value) وقيمة دنيا مقبولة (minimum value).

انه ليس من الممكن وضع حدود ثابتة للمقاومة لكافة المواد ولكافة التطبيقات، ذلك ان حدود المقاومة حتى للمواد antistatic تختلف من تطبيق الى اخر وحتى في نفس التطبيق فأن قيمة حدود المقاومة تختلف باختلاف شكل المادة المصنعه وذلك كون العلاقة بين المقاومة (resistance) والمقاومة النوعية (resistivity) تعتمد على الشكل الهندسي للنموذج [3].

ان التوصيلية الكهربائيه للبوليمرات ذات اهمية كبيرة وذلك لاستخداماتها الواسعة في الوقت الحاضر وخصوصا في اجهزة (Thin film devices) وذلك للحاجة الى تبديد الشحنات الكهربائيه المستقرة [4].

القيمة العليا (maximum value)

القيمة العليا للمقاومة الكهربائيه هي قيمة مقاومه المادة التي تسمح للشحنات الكهربائيه بالتبديد والتسرب الى لمحيط، وتحدد قيمتها بمعدل توليد الشحنات الكهربائيه المستقره اللازم لتكوين أقل جهد كهربائي يعتبر خطرا في تطبيقات معينه.

القيمة الدنيا (minimum value)

القيمة الدنيا للمقاومة الكهربائيه هي أقل قيمة تمنع حدوث الصعقه الكهربائيه (electrical shock) للشخص الحامل للماده البلاستيكية الموصله عند ملامستها لماكنه كهربائيه غير معزوله بشكل جيد وبذلك فأن الحدود الدنيا

البولي فنيل كلورايد (PVC) متوفر تجاريا ورخيص ويتلائم مع العديد من المدنات (Plasticizers) مثل الداى بيوتيل فتالات (DBP)، الداى اوكتيل اديبات (DOA)، الداى اوكتيل فتالات (DOP) والبولي كاربونييت (PC). في هذا البحث تم استخدام مادة (DOP) المدنة في تحضير النماذج.

البولي فنيل كلورايد المدن يحمل صفات جيدة من حيث الشد الميكانيكي ويستخدم بشكل واسع في صناعة الاغشية البلاستيكية وتغليف السطوح وغيرها [1] وهو حساس للاشعة ذات الطاقة العاليه (X-ray, UV) وكذلك للحرارة العاليه التي تسبب فقدان (HCl) (Dehydrochlorination) وهذا بدوره يحدد بعض مجالات الاستخدام [2].

القيم العليا والدنيا لمقاومه المواد الموصله للشحنات

(Maximum and minimum values)

للمواد البلاستيكية ذات المقاومة الكهربائيه الواطئه تطبيقات صناعيه مهمه كثيره ومن اهم استخداماتها كمواد لتبديد الشحنات الكهربائيه المستقره. ان في معظم التطبيقات يكون هناك خطر اصابه الشخص الملامس للماده بالصدمه الكهربائيه التي من المحتمل ان تحدث في حاله كون هناك خلل في العزل الكهربائي لاحدى المكائن الكهربائيه الموجوده في الموقع في حاله تماس الماده معها. ولذلك فأن من باب السلامة ان تكون هناك حدود لقيم المقاومة للمواد المستخدمه في هذه التطبيقات ، أي يجب ان يكون هناك

المقاومة النوعية (Electrical Resistivity)

المقاومة الكهربائية النوعية هي قيمة المقاومة الكهربائية المحسوبة في الفقرة اعلاه محسوبة اشارة الى مكعب من المادة ابعاده الوحده الواحده ويمكن ان تعطى بالعلاقة التاليه :

$$R = \frac{V \times S}{I \times L} \dots\dots\dots (1)$$

R : قيمه المقاومه (مقاسه بالاولم .سم Ω.cm) .

V : قيمه الفولتيه المقاسه في تلك النقطه (مقاسه

بالفولت) .

I : التيار الكهربائي المار خلال العينه المفحوصه (مقاسه

بالامبير) .

L : المسافه بين قطبي قياس الفولتيه (Potentiometric

Electrodes) (مقاسه بالمليمتر) .

S : مساحه المقطع العرضي (Cross-sectional Area)

للعينه المفحوصه (مقاسه بالمليمتر المربع)

$$S = B \times C \dots\dots\dots (2)$$

B : عرض العينه بالمليمتر .

C : سمك العينه بالمليمتر .

طريقه قياس المقاومه الكهربائيه النوعيه

لقد تم اعتماد المواصفه البريطانيه BS 2044:1984 [2] كطريقه قياسيه لتحديد قيمه المقاومه الكهربائيه النوعيه للبلاستك الموصل للشحنات الكهربائيه المستقره موضوع هذا البحث . وقد تم استخدام الطريقه الثانيه Method 2 الخاصه بقياس المقاومه الكهربائيه النوعيه للبلاستك الموصل مثل بولي فنيل كلورايد .

الاجهزة والمواد المستخدمه

1 -مصدر تيار مستمر ذو مقاومه الى الارض لا تقل

عن $10^{12} \Omega$ ولا تسبب تبديد لطاقه اكثر من

100mw للعينه .

2 -جهاز اميتر لقياس التيار المستمر بحساسيه لا تقل

عن $\pm 5\%$.

3 -اقطاب التيار الكهربائي، وهي مصنعه من معدن

نضيف بعرض 5mm وعلى عرض النموذج

للمقاومه تحدد لسلامه العاملين او لمنع حدوث اشتعال في ماده نتيجته مرور تيار كهربائي ذو قدره عاليه فيها وليست هنالك علاقه بتوليد شحنات كهربائيه على ماده نتيجته

لمقاومته الكهربائيه الواطنه؛ ولا توجد هنالك تراكمات في الشحنه الكهربائيه في مناطق معينه على سطح ماده

البلاستيكيه بسبب كون قيمه المقاومه غير متجانسه الى حد ما على سطح النموذج بل ان جميع الشحنات الكهربائيه

سوف تتبدد خارج ماده طالما كانت المقاومه اقل من القيمه العليا (maximum value) والمعرفه في الفقره السابقه .

لقد حددت القيمه الدنيا المقبوله للمقاومه الكهربائيه للمواد

البلاستيكيه الموصله للشحنات المستقره البريطانيه بقيمه

$$\text{مقاومه} = 5 \times 10^4 \Omega \cdot [5]$$

حساسيه مقاومه المواد البلاستيكيه الموصله للضغط ودرجه

الحراره

تعتبر المقاومه الكهربائيه للمواد البلاستيكيه الموصله

المصنعه باضافه اسود الكاربون الى البوليمر حساسه جدا

للضغط (Strain) او التاريخ الحراري (Temperature

History) كون ان المقاومه الكهربائيه لهذه المواد تعتمد

على الطاقه الحركيه (Kinetic energy) والترتيب التركيبي

لجسيمات اسود الكاربون في الوسط البوليمري .

وعلى هذا الاساس فانه لاجل الحصول على قيم دقيقه

للمقاومه الكهربائيه للمواد البلاستيكيه الموصله فان هـ من

الواجب توخي الحذر في القياسات الكهربائيه حيث يجب ان

تقاس النماذج دون تعريضها الى ضغط ميكانيكي كما وان

قيمه المقاومه بين اقطاب القياس والماده ربما تزيد بالاف

المرات عن قيمه المقاومه الفعليه للنموذج المقاس مما يسبب

خطا كبير جدا في تحديد وقياس قيمه المقاومه مالم تتخذ

التدابير والاجراءات اللازمه لتجنب هذه الحاله .

المقاومه الكهربائيه (Electrical Resistance)

يمكن تعريف المقاومه الكهربائيه بعده طرق وواحد من

هذه التعريفات هو تعريف المقاومه الكهربائيه الوارده في

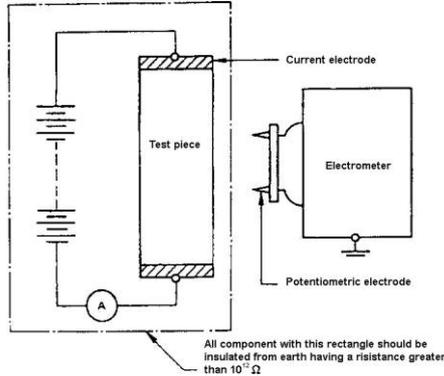
المواصفه البريطانيه BS : 2044 [2] وكالاتي :

المقاومه الكهربائيه هي حاصل قسمه قيمه الفولتيه

الناتجه بين قطبين على قيمه التيار الكهربائي المار على

طول العينه بين هذين القطبين .

B=10 mm	عرض العينة
C= 0.6-0.8 mm	سمك العينة



شكل (1) : طريقة ربط الدائرة الكهربائية [6].

النتائج والمناقشة

تم استخدام القيم المقاسة من النماذج المحضرة والمحسوبة من المنحنيات البيانية المرسومة للنماذج واستخدام العلاقة رقم (1) اعلاه في حساب قيمه المقاومه الكهربائيه النوعيه وكما مبين في الجدول ادناه:

الجدول (1)

ابعاد النماذج الخاضعة للفحص وقيم المقاومة (R) والمقاومة النوعية (Rho) الخاصة بها.

Sample No.	A mm	B mm	C (mm)	R (V / I) (Ω)	Rho k Ω.cm
Sample No.1	100	10	0.80	18×10^4	7.35
Sample No.2	100	10	0.65	34×10^4	11.35
Sample No.3	100	10	0.70	47×10^4	16.57
Sample No.4	100	10	0.75	76×10^4	28.55
Sample No.5	100	10	0.70	59×10^4	20.66
Sample No.6	100	10	0.72	64×10^4	46.08
Sample No.7	100	10	0.65	55×10^4	35.75
Sample No.8	100	10	0.75	52×10^4	39.00
Sample No.9	100	10	0.65	25×10^4	16.25
Sample No.10	100	10	0.70	33×10^4	23.10

R : تمثل قيمه المقاومه الكهربائيه للنموذج محسوبه من ميل الخط المستقيم في الرسم البياني بين التيار والفولتية.

المقاس مع مثبتات للاقطاب او استخدام طلاء موصل يغطي نفس مساحه القطب.

4 -اقطاب قياس الجهد الكهربائي، وهي مصممه لتسليط قوه لا تزيد عن 65 نيوتن/متر على العينه. قيمه مقاومه ماده العازله لحامل هذه الاقطاب يجب ان تكون مقاومته اكثر من $10^{12} \Omega$.

5 -فولتمتر، لقياس الجهد الكهربائي بحساسيه لا تقل عن $\pm 5\%$.

6 -بولي فينيل كلورايد/ مصدره شركة (BDH).

7 -سايكلوهكسانون/ مصدره شركة (MJB).

8 -ايثان داي كلورايد/ مصدره شركة (BDH).

9 -اسود الكربون {الحجم الحبيبي (30-35) نانومتر} / مصدره شركة (TET)

10 - مادة الدوب الملدنة/ مصدره شركة (BDH).

11 - شبكة قماش بولي استر/ شبكة نسيجية من الياف البولي استر.

طريقة تحضير النموذج

-تمزج 450 غم من مادة البولي فينيل كلورايد مع 1.6 لتر من مادة سايكلوهكسانون (مذيب) و 1.6 لتر من مادة ايثان داي كلورايد . تمزج هذه المكونات بدرجة حرارة 70^oم.

-يضاف 120 مل من مادة (DOP) الملدنة الى البولي فينيل كلورايد ويمزج مع 210 غم من اسود الكربون (المادة الموصلة).

-يستمر تحريك المحلول الى ان يبرد.

-تضاف نصف الكمية على شبكة القماش ويترك 24 ساعة الى ان يجف ثم تضاف الكمية الاخرى.

-تجري العمليات اعلاه بشكل يدوي وباستخدام النسب المبينة وهي افضل النسب المستحصلة من خلال سلسلة من التجارب العملية للحصول على قيمة المقاومة المطلوبة لهذا الاستخدام .

طريقه القياس

تم قطع عشره نماذج من مناطق مختلفه من الكيس

الموصل بالابعاد :

A=100mm

طول العينة

B (mm) =	10
C (mm) =	0.8
S (mm ²) =	8.0
R = Slope (Volt / Amp.) =183833.3 Ohm	
Rho = 7353.3 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.34
3.00E-06	0.70
4.00E-06	0.86
5.00E-06	1.04
6.00E-06	1.22
7.00E-06	1.38
8.00E-06	1.56
9.00E-06	1.73
1.00E-05	1.89

جدول (3)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (2).

Sample No.2	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.65
S (mm ²) =	6.5
R = Slope (Volt / Amp.) =349333.3 Ohm	
Rho = 1135.3 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.56
3.00E-06	0.90
4.00E-06	1.20
5.00E-06	1.50
6.00E-06	1.83
7.00E-06	2.16
8.00E-06	2.56
9.00E-06	3.0
1.00E-05	3.5

جدول (4)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (3).

Sample No.3	
-------------	--

Rho : تمثل قيمة المقاومة الكهربائية النوعية للنموذج محسوبة من قيمة المقاومة R وباستخدام العلاقة رقم (1).

ان قيم المقاومة المستحصلة للنماذج الواردة في جدول رقم (1) والتي تقع بين $104 \Omega \times 18$ و $104 \Omega \times 76$ جاءت بهذه الحدود لاختلاف قيم السمك لهذه النماذج (0.60 mm-080 mm) وهي ضمن الحدود المقبولة وان حدود السمك هذه تعطي مساحة اوسع عند تصنيع الاكياس بالطريقة المعملية (استخدام الدرفيل). كما ان استخدام شبكة الياف البولي استر تقوي البلاستيك وتزيد من تماسكه اضافة الى ضمان توزيع متجانس للشحنات الكهربائية المستقرة على سطح البلاستيك مما يسهل عملية تبديدها بشكل متجانس.

ان النتائج اعلاه تشير الى ان قيمة مقاومه النماذج المختلفه للبلاستيك الموصل كانت لا تقل عن القيمة الدنيا المقبولة حسب المواصفه البريطانيه [4] B2 2050:1978 اي انها لم تتجاوز $5 \times 10^4 \Omega$ كحد ادنى للمقاومه في اي عينه . وهذا يتلائم والغرض المطلوب لاستخدام هذه الاكياس لتداول المواد الحساسة كالنتروسيليلوز المستخدم في صناعة اصباغ السيارات او مصابيح الفلورسنت. تعتبر الحدود التي تقع ضمنها قيم المقاومات المحسوبة هي حدود المواد Antistatic وهي نوع المواد المطلوبه لتصنيع الاكياس الموصله للشحنات المستقره. ويمكن اعتماد هذه القياسات كنتائج فحص لمواصفات الاكياس البلاستيكيه المصنعة من مادة البولي فينيل كلورايد واسود الكربون كونها اعتمدت طرق عمل بمواصفات عالميه معتمده وباجهزه علميه دقيقه.

جدول (2)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (1).

Sample No. 1	
A (mm) =	20

A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.7
S (mm ²) =	7.0
R = Slope (Volt / Amp.) =590476.2 Ohm	
Rho = 2066.7 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
1.00E-06	0.70
2.00E-06	1.36
3.00E-06	1.95
4.00E-06	2.58
5.00E-06	3.26
6.00E-06	3.82
7.00E-06	4.4
8.00E-06	5.0
9.00E-06	5.7

جدول (7)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (6).

Sample No. 6	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.72
S (mm ²) =	7.2
R = Slope (Volt / Amp.) =642152.3 Ohm	
Rho = 4608.2 Ohm.cm	

R = Slope (Volt / Amp.) =642152.3 Ohm
--

Rho = 4608.2 Ohm.cm

I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.32
3.00E-06	0.52
4.00E-06	0.76
5.00E-06	0.97
6.00E-06	1.18
7.00E-06	1.35
8.00E-06	1.52
9.00E-06	1.71
1.00E-05	1.89

جدول (8)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (7).

A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.7
S (mm ²) =	7.0
R = Slope (Volt / Amp.) =473666.7 Ohm	
Rho = 1657.8 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
1.00E-06	0.47
2.00E-06	0.95
3.00E-06	1.50
4.00E-06	1.95
5.00E-06	2.4
6.00E-06	2.9
7.00E-06	3.3
8.00E-06	3.8
9.00E-06	4.3

جدول (5)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (4).

Sample No.4	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.75
S (mm ²) =	7.5
R = Slope (Volt / Amp.) =761309.5 Ohm	
Rho = 2854.9 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
1.00E-06	0.75
2.00E-06	1.5
3.00E-06	2.25
4.00E-06	3.0
5.00E-06	3.75
6.00E-06	4.5
7.00E-06	5.3
8.00E-06	6.1
9.00E-06	6.65
1.00E-05	7.6

جدول (6)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (5).

Sample No.5	
-------------	--

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (9).

Sample No. 9	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.65
S (mm ²) =	6.5
R = Slope (Volt / Amp.) =251923.6 Ohm	
Rho = 1625.2 Ohm.cm	

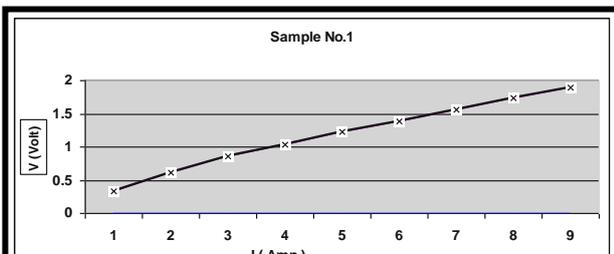
I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.74
3.00E-06	1.54
4.00E-06	2.26
5.00E-06	3.01
6.00E-06	3.76
7.00E-06	4.52
8.00E-06	5.31
9.00E-06	6.11
1.00E-05	7.38

جدول (11)

قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (10).

Sample No. 10	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.7
S (mm ²) =	7.0
R = Slope (Volt / Amp.) =336372.3 Ohm	
Rho = 2310.5 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.70
3.00E-06	1.50
4.00E-06	2.19
5.00E-06	2.85
6.00E-06	3.71
7.00E-06	4.5
8.00E-06	5.21
9.00E-06	6.06
1.00E-05	7.01



Sample No. 7	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.65
S (mm ²) =	6.5
R = Slope (Volt / Amp.) =553212.6 Ohm	
Rho = 3575.2 Ohm.cm	

I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.53
3.00E-06	0.74
4.00E-06	0.94
5.00E-06	1.17
6.00E-06	1.38
7.00E-06	1.55
8.00E-06	1.75
9.00E-06	1.92
1.00E-05	2.21

جدول (9)

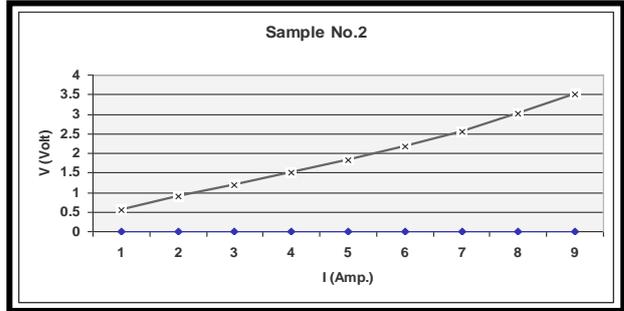
قيم الفولتية والتيار المسجلة للنموذج رقم (8).

Sample No. 8	
A (mm) =	20
B (mm) =	10
C (mm) =	0.75
S (mm ²) =	7.5
R = Slope (Volt / Amp.) =521305.2 Ohm	
Rho = 3900.2 Ohm.cm	

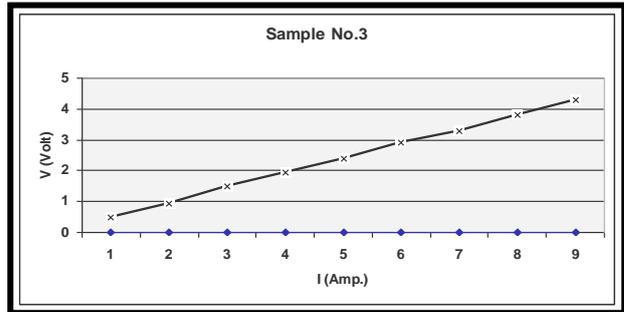
I (A)	V (Volt)
2.00E-06	0.75
3.00E-06	1.04
4.00E-06	1.44
5.00E-06	1.87
6.00E-06	2.21
7.00E-06	2.52
8.00E-06	2.85
9.00E-06	3.11
1.00E-05	3.31

جدول (10)

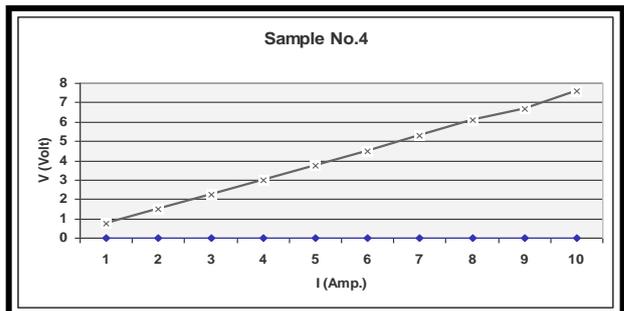
الشكل (2) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (1).



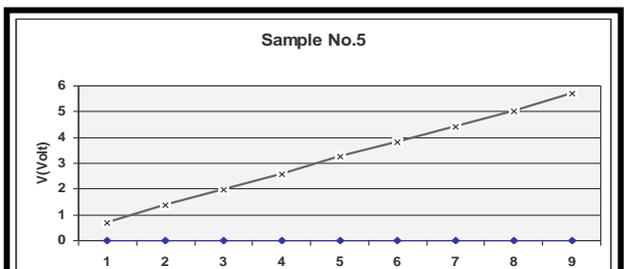
الشكل (3) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (2).



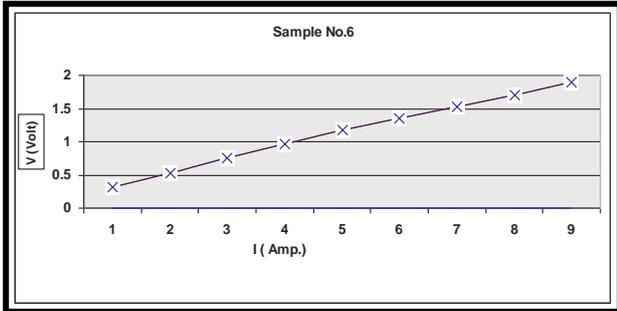
الشكل (4) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (3).



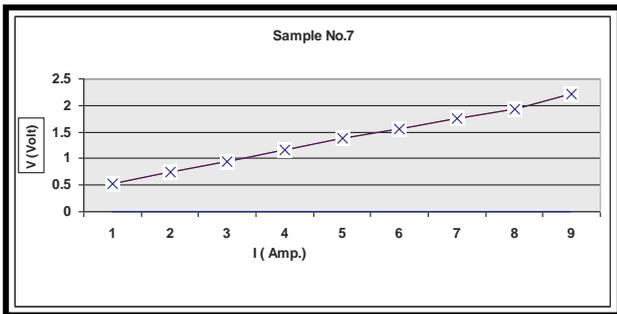
الشكل (5) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (4).



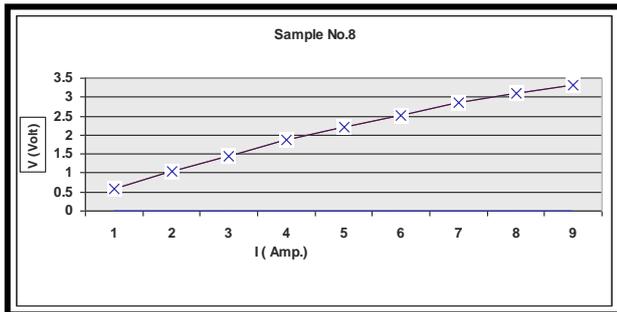
الشكل (6) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (5).



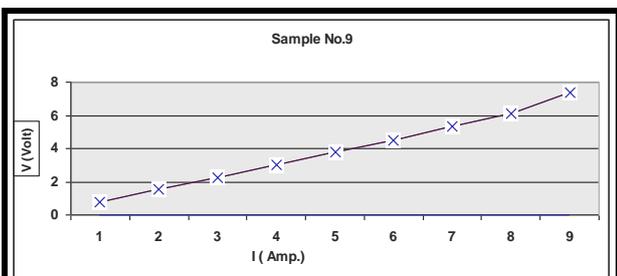
الشكل (7) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (6).



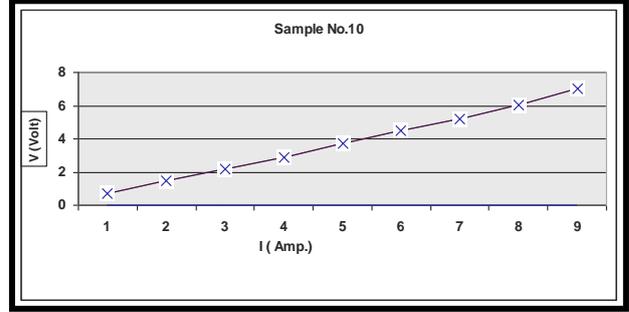
الشكل (8) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة
خطية لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (7).



الشكل (9) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية
لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (8)



الشكل (10) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (9).



الشكل (11) : يمثل العلاقة بين قيم الفولتية والتيار كعلاقة خطية لحساب المقاومة الكهربائية للنموذج رقم (10).

المصادر

- [1] CH. V. Subba, Quan-Yaozhu, J. Appl.electro., vol 36, 2006, 1051-1056.
- [2] S. Suzer, O. Birer, Monatshefte fur chemie, vol132, 2001,185-192.
- [3] British Standard BS 2044 :1984 Determination of Resistivity of Conductive and Conductive and Antistatic Plastic and Rubbers (Laboratory Methods).
- [4] S.H. Desshmukh, D.K. Burghate, Bull Mater Sci, Vol 30 , 2007, 51-56.
- [5] British Standard BS2050:1978 (Electrical Resistance of Conducting and Antistatic Products made from Flexible Polymeric Material).
- [6] International Standard ISO 1853 (Conducting and Antistatic Rubbers-Measurement of Resistivity).