ISSN: 1991-8941

تأثير الحرارة على الخواص العزلية الكهربائية لنماذج محضرة من الراتنج

وليد بديوي صالح
جامعة الانبار - كلية طب الاسنان

تاريخ الاستلام: 2008/2/12 تاريخ القبول: 2009/2/4

الخلاصة: تم في هذا البحث دراسة تاثير التغير في درجات الحرارة (80Ċ,50Ċ,30Ċ) على الراتنج (pure unsaturated polyester) . من خلال قياس قيم المعالم الكهربائية (الممانعة , ثابت العزل , عامل الفقد والتوصيلية المتناوبة) . اظهرت النتائج ان هنالك نقصانا في الممانعة وزيادة في ثابت العزل , عامل الفقد والتوصيلية المتناوبة نتيجة زيادة درجة الحرارة التي تسبب تشابكا (cross-linking) لجزيئات النماذج .

كلمات مفتاحيه: حرارة ،خواص عزلية كهربائية ، الراتنج

المقدمة

استخدمت اللدائن تجاريا على نحو واسع عام 1961 م حيث تمثلت بالصناعة البسيطة كالالياف والرقائق والمواد البلاستيكية (1) . ان معظم اللدائن تمتلك مواصفات جيدة , اذ تمتاز بكثافة واطئة من شأنها تقليل وزن النماذج المصنعة مقارنة بالحديد . كما انها تمتلك خواص فيزيائيه وميكانيكة جيدة بحيث اصبحت متطورة تكنولوجيا وان تكون منتجاتها ذات فائدة كبيرة ومتطورة , هذا الامر جعلها متفوقه صناعيا كما انها سهلة التصنيع ولا تحتاج الى عمليات تكميلية (2). استخدمت اللدائن في مجلات صناعية متعددة منها الصناعات الالكترونية وطلاء الاسلاك وفي التوصيلات الكهربائية كمواد لاصقة ومقاومة للحرارة كما استخدمت في تنقية المياه وغيرها من الاستخدامات المهمة . ان جزيئة البوليمر هي عبارة عن جزيئة كبيرة تتكون من عدد كبير من الجزيئات الصغييرة مرتبطة مع بعضها بهيئة وحدات متكررة عن طريق اواصر تساهمية (3) اما الجزيئات الصغيرة تدعى المونوميرات (Monomers) او التي لها القابلية على الدخول في التفاعلات مع الجزيئات الاخرى المتشابهة اوغير المتشابهة لتكوين البوليمر عن طريق عملية تعرف بالبلمرة (Polymerization) كما ان ابعادها تكون باشكال متعددة .الجريئة الكبيرة تكون خطية (Liner) متفرعة (branched) ومتشابكة (cross Linking) . يهدف البحث الى دراسة تاثير درجة الحرارة على العزل الكهربائي للراتنج من خلال قياس الممانعة وثابت العزل والتوصيلية المتناوبة .

ا لجانب النظري :

دخلت المواد العازلة في الكثير من المنظومات الكهربائية حيث حيث استخدمت في الكثير من المجالات سواء اكانت على مستوى الالكترونيات الدقيقة او في مجالات الضغط العالي. المواد العازلة تختلف على المواد الموصلة وشبه الموصلة حيث ان حزمة التوصيل خالية تقريبا من الالكترونات الطليقة[5] , وفي حالة تواجدها فان هذه الالكترونات قد تقع ضمن جزر موصلة تفصل الواحدة عن الأخرى ومناطق عازلة خالية تقريبا من الكترونات وبذا لايمكن للتيار الكهربائي العالي ان يسري خلالها عند تسليط مجال كهربائي لان عدد الالكترونات الواصلة الى حزمة التوصيل تكون محدودة . وعلى الرغم من من محدودية عدد الالكترونات وبالتالي عدم سرين تيار محسوس في المادة فان لهذا السلوك اهمية كبرى في تحديد خواص العزل في المادة .

يشار عادة الى خواص العزل في المواد بخواص العزل (Dielectric properties) وتتحد هذه الخواص ضمن إطارين هما :

الاول يرتبط بنوعية الشحنات المقيدة في المادة ويصف كيفية تأثرها وحدود حركتها لدى تسليط مجال كهربائي مستمر او متناوب ويشار الى هذا العنصر الذي يتناول هذه الخواص بالمساحية (permittivity) .

الثاني فانه يصف مدى تحمل العازل بجهد كهربائي مسلط عليه فلكل عازل قابيلة محدودة في تحمل الجهد الكهربائي وعند تجاوز هذا الحد ينهار العازل ويصبح موصلا .

الخواص الكهربائية للبوليمرات

عندما يكون الجهد المسلط على مادة عازلة متغيرا مع الزمن سينشأ تيارا متناوبا لذا فان المادة العازلة يمكن إن تغير جزئا من دائره كهربائية وتمثل بشكل مقاومة كبيرة جدا ومتسعة مربوطتان على التوازي او مقاومة صغيرة مع متسعة مربوطتان على التوالي. فأن قيمة التيار الكلي يمكن تمثيله بالمعادله التاليه:

$$I = I_P + jI_q$$

حيث ان I_p, I_q يمثل التيار المار في المتسعة والتيار المار في المقومة على التوالي

$$I_g = jWCV$$

$$I = \frac{V}{R} + jWCV$$

$$I^2 = \frac{V^2}{R^2} + W^2C^2V^2$$

$$I = V\left[\left(\frac{1}{R}\right)^2 + C^2W^2\right]^{\frac{1}{2}} = \frac{V}{Z}$$

ان الممانعة يمكن تمثيلها بالمعادلة التالية [6] :

$$|Z| = \frac{R}{\sqrt{1 + R^2W^2C^2}} \text{ ---------(1)}$$

Z : هي الممانعة لدائرة (RC) على التوازي .

اما في المقاومة فان التيار يكون في نفس طور الفولتية المسلطة وبالتالي فانه عند ربط ممانعة مع متسعة على التوازي فان قيمة التيار الكلي يمكن تمثيله بالمعادلة التالية :

$$I = I_r + jI_c \text{ ---------(2)}$$

حيث:

I_C التيار المار في المقاومة

I_R التيار المار في متسعة مثالية C

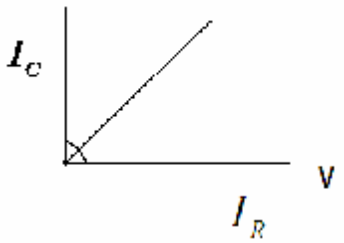
ان التيار المتناوب (I) والناشئ من تسليط فرق الجهد متناوب (V) يسبق هذه الفولتية بزاوية مقدارها (90) درجة ويعبر عنا رياضيا :

$$Ir = jWCV \text{ ------(3)}$$

من الناحية العملية وجد ان الزاوية بين التيار والفولتية في المتسعة c تكون اقل من (90) درجة ويمكن تمثيلها بالشكل الاتي :

من هذا المعادلة يتضح ان التيار (I) يتكون من مركبتين

الاولى (I_C) والتي تكون باتجاة الفولتية والثانية (I_R) وتكون عمودية على الفولتية



.

ولو افترضنا ان المتسعة تتكون من لوحتين بمساحة A تفصل بينهما مسافة d وبين اللوحتين عازل سميك سماحيته (ε) لذى فان قيمة المتسعة :

$$C = \frac{x \; x_{\circ} \; A}{d} \text{ ------(4)}$$

$$C = z\,\frac{A}{d}$$

$$x = x_{\circ}x_r$$

$$C = x_r x_{\circ}\,\frac{A}{d}$$

$$x_r = \frac{x}{x}$$

حيث ان : $x_{\circ}$ السماحية النسبية وتمثل سماحية الوسط / سماحية الفراغ .

ان العلاقة بين ثابت العزل (x') وعامل الفقد (x'') والممانعة يمكن ان تمثل بالعلاقتين [7] :

$$x' = \frac{Z_C}{2pC_{\circ}(Z_R^2 + Z_C^2)} \text{ ------(5)}$$

$$x'' = \frac{Z_R}{2pC_{\circ}(Z_R^2 - Z_C^2)} \text{ ------(6)}$$

حيث ان Z_R : هي المركبة الحقيقية للممانعة

Z_C هي المركبة الخيالية للممانعة .

$$Z_R = ZCOSj$$

$$Z_C = ZSINj$$

ويمكن كتابتها كما يلي :

$$\tan j = \frac{x''}{x'}$$

لان

ان التوصيلية المتناوبة في العازل هي مقياس للحرارة التي تتولد نتيجة دوران ثنائيات الاقطاب في مواضعها وتعتمد على قيمة التردد .

$$s = Wx_{\circ}x' \text{ ---------(7)}$$

وعند الترددات الواطئة تتكون مركبتين [8]

$$s = s_{a.C} + s_{d.C}$$

حيث ان ك ($s_{D.C}$) توصيلية التيار المستمر وتساوي

$$s_{d.c} = wx_{\circ}x'$$

($S_{a.C}$) توصيلية التيار المتناوب وتساوي $S_{a.c} = wx_{\circ}x''$

الأجهزة

لأجل دراسة تأثير الحرارة على الخواص الكهربائية لقيم الممانعة, ثابت العزل ,عامل الفقد , التوصيلية المتناوبة للمادة العازلة . تم استخدام أجهزة قياس مناسبة والتي تتألف من :

1-استخدام مكبرين تشغيليين للإشارة الداخلة والخارجة نوع (i.c ml 747 Cp) ضمن ترددات (33Hz-700Hz) وتم بناء هذه المنظومة في المختبر .

2-منظومة حمل النماذج : تتألف من قرصين مصنوعين من التفلون الذي يتمتع بصفة العزل الكهربائي الجيد وتحمله درجات حرارة عالية ضمن نطاق تجربة البحث الحالي . غرس في وسط قرصي التفلون قرصين صغيرين من مادة البراص مع حلقة حماية لاحدهما وقد صقلت هذه القطع المعدنية صقلا جيدا .

3-استخدام مولد النبضات (signal phase meter) نوع (1FG-1300,Leader) انكليزي المنشا للحصول على ترددات عالية , حيث يغذي هذا المولد دائرتي المضخم التشغيلي وهي :

1 – نبضة تتغذى بها منظومة حمل النماذج عبر النموذج المراد دراسته خصائصه الكهربائية ومن ثم الى المضخم التشغيلي الاول .

2 – يغذى المضخم التشغيلي الثاني بقيمة النبضة نفسها للمضخم التشغيلي الاول

4- جهاز قياس كسب الطور (gain phase meter) : استخدم جهاز مقياس كسب نوع (Hewlett- Packard 3575 A) ذو تردد (1Hz-13Hz) لقياس النسبة بين الاشارة الخارجة من المضخمين التشغيليين بوحدات (dB) وحدة مقياس الكسب اضافة الى لقياس زاوية الطور بين الاشارتين الخارجيتين .

5-المزدوج الحراري (Thermocouple) : يتكون من مادة النحاس – كونستانتن (copper-constantan) يلامس سطح النموذج وربط طرفه الاخر بمقياس فولتية رقمي نوع (Mebgerat 4-1 PHYWE , Temp)

6-قياس الترددات : تم قياس الترددات بمقياس رقمي (Universal counter) نوع (Hewlett- Packard 3575A) .

7-استخدام فرن كهربائي نوع (Heraeus T 502 B) لتسخين النماذج بدرجات حرارية ثابتة .

8-تم فحص النبظات الخارجة من مضخمي التشغيل بالراسمة الكاثودية (Oscilloscope Cathode Ray) (CRO) نوع (KEENWOOD 20 KHz CS-1021)

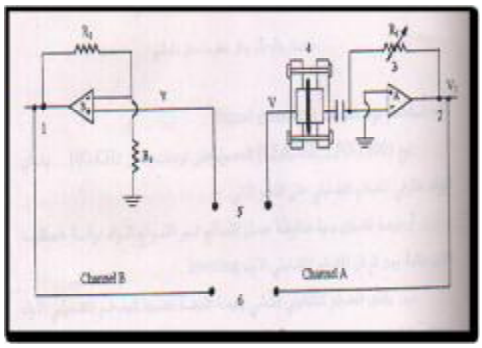
تحضير النماذج :

يحضر محلول الراتنج (Resin) في دورق دائري القعر مزود بمحرك ميكانيكي ومكثف . يذاب الوزن المناسب من العنصر الانتقالي والراتنج (البوليمر المذاب في كمية قليلة من الأستون) , يسخن المزيج من الى درجة حرارة (80Ċ) مع التحريك لمدة ثلاثون دقيقة حتى تذوب المادة تماما ويصبح متجانس , بعد ذلك يزال الأستون المذيب بواسطة التبخير وتفصل الاملاح المتبقية غير المذابة لحساب كمية الاملاح المتفاعلة مع الراتنج بعد ذلك يبرد المزيج لدرجة حرارة الغرفة .

بعد ذلك يضاف المزيج كمية مناسبة من (بيروكسيد المثيل اثيل كيتون) (methel ketone peroxide ethal) و (0.5%) من اوكتونات الكوبل (Co-octoate) يحرك المزيج وتزال الفقاعات الهوائي بواسطة وضعه في جهاز الطر المركزي (300 cycle /min) (Centrifuging) ثم يصب في قوالب من الزجاج والمعالجة بطبقة رقيقة من مادة متعددة فاينيل الكحول (Polyvinyl alcohol) ويجب ان تكون عملية الصب بعناية كبيرة لتجنب حصول الفقاعات الهوائية واختلاف السمك للنماذج ويترك القالب لمد ة (24) ساعة لكي تتم عملية التصلب للنماذج . قطعت النماذج المعدة للدراسة على شكل اقراص ذات قطر (25ml) وبسمك (1.3ml) , باستخدام جهاز القطع الدوار وذلك للحصول على نماذج ذات حافات دقيقة خالية من التعرجات والخدوش .

طريقة العمل :

لغرض القياس تم تهيئة دائرة مكونه من مضخمين تشغيليين للاشارة الداخلة . ان الإشارة الداخلة (a.c V2 signal) صغيرة تساوي (0.5V) قمة الى قمة ضمن التردد المستخدم (60KHz-300Hz) وذلك لمنع حاله الاضطراب الذي يحدث للنموذج . ان الاشارة الداخلة تستخدم كإشارة لكلا المضخمين التشغيليين . ان احد مضخمي التشغيل يربط كمضخم عاكس (inverting op.amp) مع مقاومة تغذية خلفية (Rf) وتساوي (5.6MΩ) مع ممانعة (Z) النموذج الموجود في منظم حمل النماذج . والشكل التالي يوضح الدائرة المستخدمة في القياس .



1-B output ,2-A output , 3- Rf, 4-cell holder ,5- Generator ,6- Gain phase meter

ان زاوية الطور بين الاشارتين فتقاس بواسطة جهاز كبس الطور , ان قيم الكسب (A) لهذا المضخم التشغيلي في الدائرة يمكن ان يعطى بالمعادلة التالية :

$$A = \frac{V_2}{V_1} = \frac{-R_f}{Z}$$

$$Log = Log \frac{V_2}{V_1} - - - - - - - (9)$$

لكن

$$Log \frac{V_2}{V_1} = \frac{(B/A)\,dB}{20} - - - - - - - - (10)$$

حيث ان B/A)dB) هي النسبة بين الإشارتين الخارجة الى الداخلة بوحدات الديسبل وتقاس بواسطة جهاز كبس الطور [9] وعلى هذا يمكن كتابة معادلة (9) على النحو التالي :

$$Z = R_f 10^{\frac{B/A}{20}} - - - - - - (11)$$

اما المضخم التشغيلي الثاني فيربط على انه مضخم غيرعاكس (non-converting) مع مقاومة R2,R1 وبهذا يكون الكسب لهذا المضخم (A)

$$A = \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} - - - - - - - (12)$$

ان هذا المضخم ربط بحالة خاصة بحيث تكون $R_1 >> R_2$ ولهذا يمكن التعبير عن المعادلة (12) على النحو التالي :V2/V1=1 وبالتالي فان :V1=V2

طريقة القياس :

تم قياس الممانعة للنموذج والذي بسمك كل نموذج (1.3mm) وبقطر (25mm) . حسبت الممانعة من خلال قياس قيمة النسبة بين الإشارتين الداخلة والخارجة بجهاز كسب الطور ومن استخدام المعادلة (11) . اما ثابت العزل فقد حسب على ضوء المعادلة (5) وحسب عامل الفقد والتوصيلية المتغيرة على ضوء المعادلتين (6),(8) وعلى التوالي .

النتائج والمناقشة :

الممانعة (impedance) :ادت زيادة درجة الحرارة الى انخفاض في قيم الممانعة كما موضحة في جدول (1-7) . , ويوضح الشكل رقم (1-7) انخفاض الممانعة لنموذج رقم (1) , ضمن المدى الحراري (80,50,30C) . حيث كان الانخفاض واضحا عند الترددات الواطئة (F<1 KHz) اما عند الترددات العالية (F>>10KHz) فتأثير الحرارة كان قليلا . ويعزى سبب الانخفاض في قيم الممانعة عند زيادة درجة الحرارة الى تكسر الأواصر المكونه للنموذج واطلاق الكترونات حرة تزيد من ميكانيكية التوصيل . اما في الشكلين (2-7) و (3-7) للنموذجين (2) و (3) نلاحظ تغير الممانعة مع تغير درجات الحرارة .

-ثابت العزل :عند ثبات درجة الحرارة لم تتغير قيم ثابت العزل عند الترددات (F≤4KHz) وبزيادة التردد بلغ ثابت العزل قيمته العظمى ~11KHz ثم انحدر بعدها بشدة والسبب في ظهور القمم هو حدوث الاستقطاب الرنيني . جدول (2-7) يوضح قيم ثابت العزل للنماذج المحضرة عند درجات حرارية مختلفة .

ونلاحظ من الاشكال (4-7) و (5-7) و (6-7) عند زيادة درجة الحرارة من (30-80) درجة مئوية فأن قيمة ثابت العزل تزداد عند الترددات (F<11 KHz) والسبب يعود الى حدوث اكبر احتمالية لظاهرة الاستقطاب .

وعند زيادة درجة الحرارة من (30-80) درجة مؤية فان قيمة ثابت العزل تزداد على نحو واضح وللترددات (F<11KHz) وبعد هذه القيمة يكون تأثير درجة الحرارة ضعيفا والشكل (2) يوضح ذلك .

عامل الفقد :عند ثبات درجة الحرارة وبزيادة التردد -3) 14)KHz ازدادت قيم عامل الفقد وبلغت قيمتها العظمى عند نقاط الانقلاب بالطور ثم انحدر بعدها بشدة والسبب في ظهور القمة يعود الى عمليات الاسترخاء للنموذج , جدول (3-7) يوضح قيم معامل الفقد عند درجات حرارية مختلفة وبترددات مختلفة . اما عند ارتفاع درجة حرارة فقد ازدادت قيم عامل الفقد زيادة طفيفة عند القيم نفسها من التردد وتبن الاشكال (7-7) و(8-7) و (9-7) ذلك .

التوصيلية المتناوبة :عند ثبات درجة الحرارة فان التوصيلية المتناوبة تزداد بزيادة التردد فقد بلغت قيمتها العظمى عند نقاط الانقلاب في الطور بسبب مساهمة الأنواع المختلفة من الاستقطاب الاشكال (10-7) و (11-7) و(12-7) توضح ذلك.والجدول (4-7) يبين قيم التوصيلية للنماذج المحضرة بدرجات حرارية مختلفة وبترددات مختلفة.

المصادر

1- محمد ,اكرم عزيز(كيمياء اللدائن) جامعة الموصل الطبعة الاولى 1993 مترجم .

2-Schultz Polymer material science , 2nd , addi academic press, P(429-433)1974.

3- مالكولم أم. ب –ستيفين- كيمياء البلمرة- جامعة البصرة- كلية العلوم ترجمة قيس غبد الكريم , د. كاظم فياض الامي (1984) .

4- د. علي فالح عجمان , د. نبيل محمد العبيدي (الكيمياء الصناعية وخاماتها) جامعة البصرة (1989) .

5- Lovell. M.C. A.j. Avery and M.W.Vernon ." Physical properties of materials " Van Nostrand Company Ltd .London, 1979 .

6-Rouse B. .M,Resin, T.Tsatsas , and A.Eisenberg polymer, Sci.17.81 ,(1971)

7- Rama M. Roa , D. Roy and J.K.D, Verma. J. Phys. D,18 ,517,(1986).

8- Condom .E.V.Ph.d , and Hugh Odishaw , D.Sc " hand book of Physics " second edithin .

9- صبحي سعيد الراوي – فيزياء الكترونيات – جامعة الموصل (1987) .

جدول (7-1) يمثل قيم الممانعة عند درجات حرارية مختلفة وبترددات مختلفة

رقم النموذج	مكونات النموذج	الممانعة عند درجة 10^7 80c		الممانعة عند درجة 10^7 30C		الترد KHz
1	Resin 100%	2.06	0.14	20.78	0.21	1 10
2	Resin 97.6%+0.4Fecl2	1.87	0.21	2.63	0.72	1 10
3	Resin 96%+0.4FeSo4	1.92	0.56	2.72	0.71	1 10

جدول (7-2) يوضح قيم ثابت العزل للنماذج المحضرة عند درجات حرارية مختلفة .

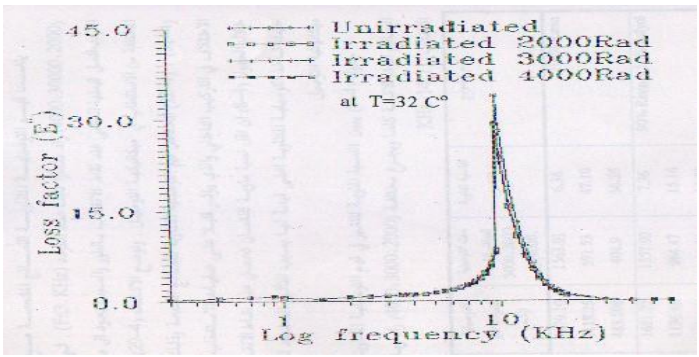
رقم النموذج	مكونات النموذج	ثابت العزل 80C	ثابت العزل لدرجة 30C	الترد KHz
1	Resin 100%	11.43 15.64 16.38 17.97	9.34 12.44 13.53 14.08	4 8 9 11
2	Resin 97.6%+0.4Fecl2	9.41 10.10 15.74 16.51	8.54 10.54 11.87 13.11	4 8 9 11
3	Resin 96%+0.4FeSo4	12.01 15.23 16.26 17.47	10.54 14.73 11.9 8.65	4 8 9 11

جدول (7-3) يوضح قيم معامل الفقد عند درجات حرارية مختلفة وبترددات مختلفة

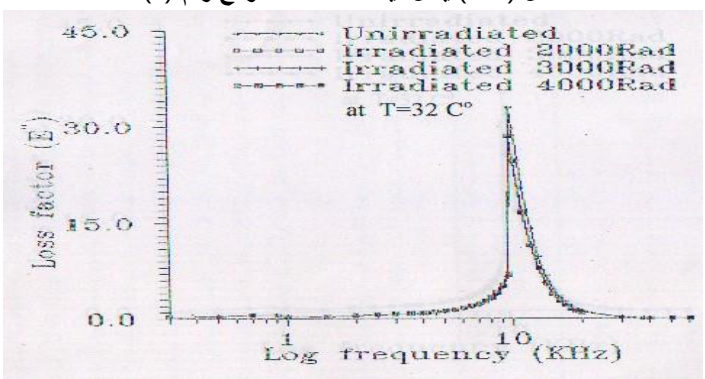
رقم النموذج	مكونات النموذج	عامل الفقد عند درجة80C	عامل الفقد عند درجة 30c	الترد KHz
1	Resin 100%	1.42 5.17 30.89 6.44	0.94 4.65 27.98 5.22	4 9 عند الانقلاب 14
2	Resin 97.6%+0.4Fecl2	1.63 5.98 30.12 5.33	0.86 4.23 28.02 6.65	4 9 عند الانقلاب 14
3	Resin 96%+0.4FeSo4	1.33 5.89 30.43 5.04	0.96 5.49 28.61 5.34	4 9 عند الانقلاب 14

الجدول (4-7) قيم التوصيلية للنماذج المحضرة بدرجات حرارية مختلفة وبترددات مختلفة.

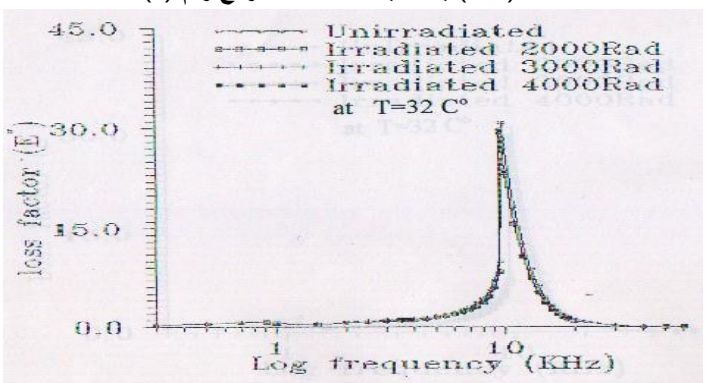
رقم النموذج	مكونات النموذج	التوصيلية 80C	التوصيلية 30C	الترد KHz
1	Resin 100%	30.78	23.76	4
		267.76	189.17	9
		1834.56	1689.60	عند الانقلاب
		387.45	450.18	14
2	Resin 97.6%+0.4Fecl2	28.87	18.99	4
		233.42	184.93	9
		1734.62	1612.89	عند الانقلاب
		382.96	476.58	14
3	Resin 96%+0.4FeSo4	27.87	19.67	4
		247.18	178.38	9
		178.65	1677.21	عند الانقلاب
		398.67	321.76	14



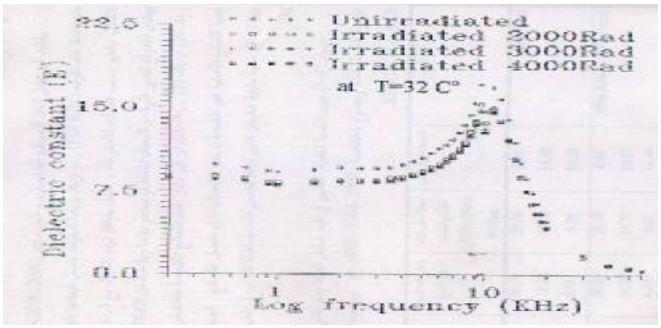
شكل (4-7) يمثل قيمة الممانعة لنموذج رقم (1)



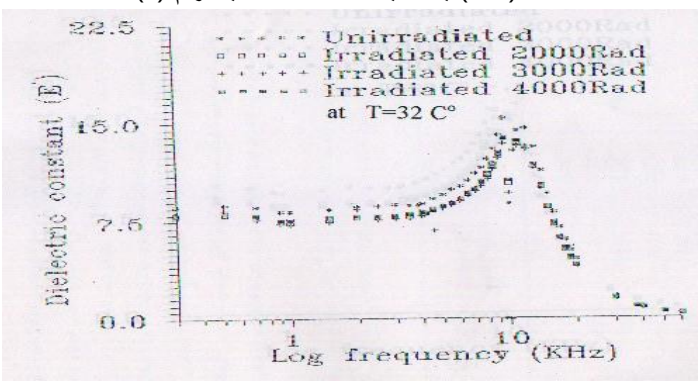
شكل (5-7) يمثل قيمة الممانعة لنموذج رقم (2)



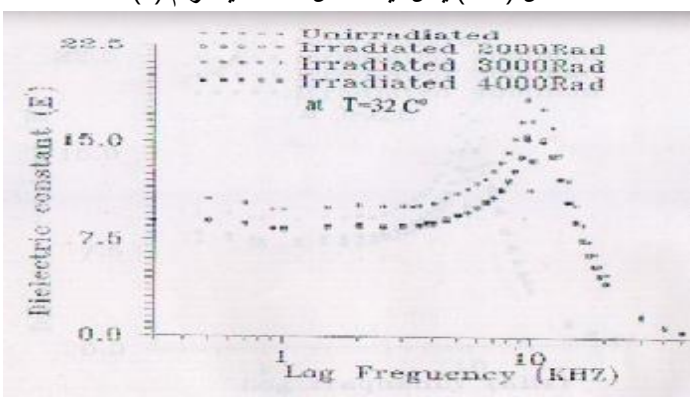
شكل (6-7) يمثل الممانعة الفقد لنموذج رقم (3)



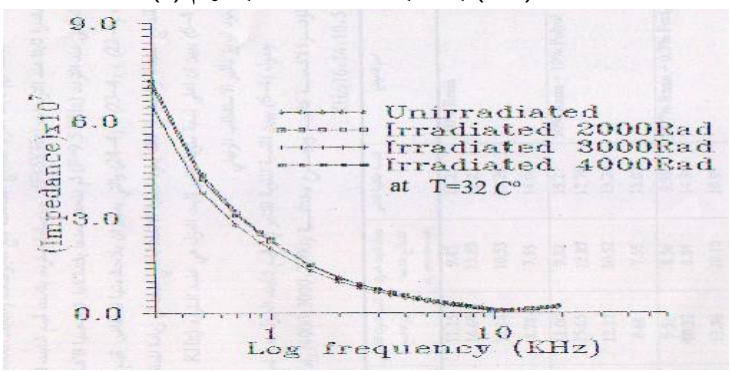
شكل (7-7) يمثل قيمة عامل الفقد للعينة رقم (1)



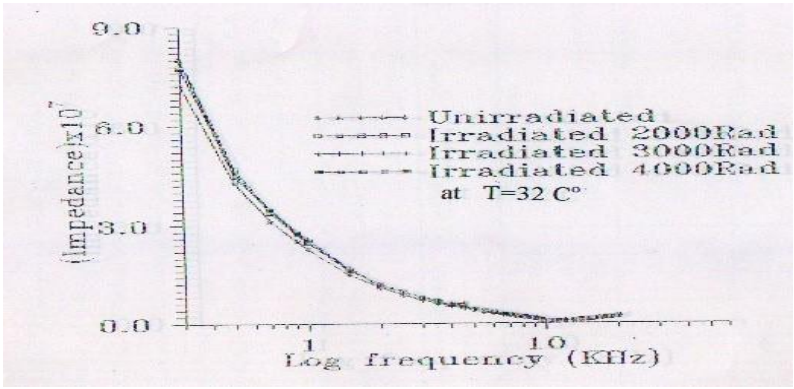
شكل (7-8) يمثل قيمة عامل الفقد للعينة رقم (2)



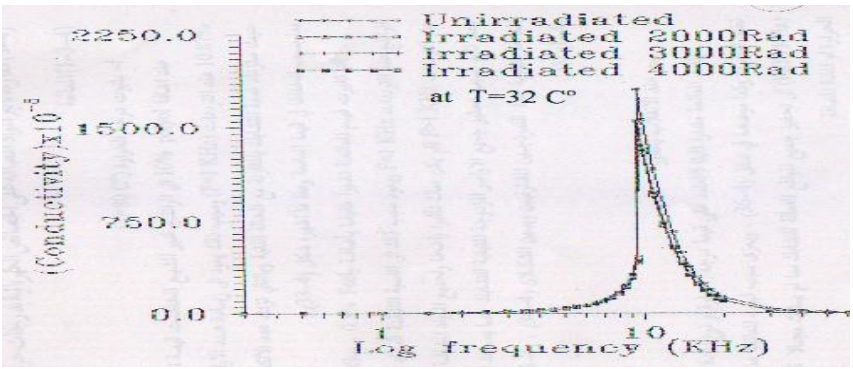
شكل (7-9) يمثل قيمة عامل الفقد للعينة رقم (3)



شكل (7-10) يمثل قيمة التوصيلية لنموذج رقم (1)



شكل (11-7) يمثل قيمة التوصيلية لنموذج رقم (2)



شكل (12-7) يمثل قيمة التوصيلية لنموذج رقم (3)

Effect temperature on the isolators properties electerical to sampeles unsaturated polyster.

Waleed B. Salih
E.mail: wdbedeawy@yahoo.com

Abstract: The effects of annealing at temperatures (80Ċ,50Ċ,30Ċ) on the pure unsaturated polyester . Have been studied though the electric properties: impedance, dielectric constant, loss factor and a|.c . conductivity .the effects of annealing caused decreasing in impedance and increasing in dielectric constant loss factor as well as in a c conductivity these changes can be attributed due to the cross-linking to the molecular structure of the polymer.