

دراسة بعض الخصائص الكهربائية العزلية والعوامل المؤثرة فيها لمواد متراكبة من راتنج النوفولاك

رولا عبد الخضر عباس*

تاريخ التسلم: ٢٥/٦/٢٠٠٦

تاريخ القبول: ١٠/٩/٢٠٠٧

الخلاصة

تم دراسة ثابت العزل (السماحية) (ϵ_r) وممانعة العزل (E_{br}) لمواد متراكبة ومواد متراكبة هجينه مكونة من مادة النوفولاك المقواة بألياف الزجاج، ومادة النوفولاك المقواة بألياف الاسبست، ومادة النوفولاك المقواة هجينا (30% ألياف زجاج + 30% ألياف الاسبست)، وأن هذه العينات بمختلف أنواعها حضرت بنسبتين مختلفتين من المادة المصلدة (الهيكسا مثلين تترأمين) (HMTA) والتمثلة بنسبة (10%) وزناً مرة و(14%) وزناً مرة أخرى وذلك لملاحظة تأثير المادة المصلدة على سماحية وممانعة العزل الكهربائي لنماذج المتراكبات المحضرة. وقد كانت نسبة الكسر الوزني المستخدم لجميع هذه المواد المحضرة هي (60%) وأن مواد التقوية هي عبارة عن ألياف قصيرة.

لقد وجد أن السماحية (ϵ_r) وممانعة العزل يعتمدان على نوع الألياف المستخدمة والخواص التي تتميز بها علاوة على طبيعة المادة الأساس وأن ممانعة العزل تتناقص مع زيادة سمك المواد المحضرة. كما تمت دراسة تأثير كل من درجة الحرارة والرطوبة والتردد في قيمة ثابت العزل الكهربائي، فقد وجد بأن السماحية (ϵ_r) تقل في حالة التقوية على اختلاف أنواعها عند زيادة التردد للمجال الكهربائي المسلط بينما تزداد (ϵ_r) عند زيادة كل من درجة الحرارة والنسبة المئوية لامتناسية الماء اعتماداً على السعة الكهربائية للمواد المتراكبة المحضرة.

Studing Some Dielectric Properties and Effective Parameters of Composite Materials Containing of Novolak Resin

Abstract

Dielectric constant (ϵ_r) and dielectric strength (E_{br}) of composite materials that consist of Novolak reinforced with glass fiber, Novolak reinforced with asbestos fiber and Novolak reinforced with (60%) ratio of glass fiber and asbestos have been Studied. The specimens were made in different ratios of Hexamethylenetetramine (HMTA) content of (10%) and (14%), Then a study was made on influence of (HMTA) on dielectric constant (ϵ_r) and dielectric strength (E_{br}) of these specimens. It was found that permittivity (ϵ_r) and dielectric strength (E_{br}) for composite materials are dependent matrix the types and properties of reinforcing materials.

Then relation between dielectric constant (ϵ_r) and frequency and temperature and percentage moisture absorption was studied. It was found that dielectric constant increases when the temperature and percentage moisture absorption increase, whereas dielectric constant (ϵ_r) is dependent on capacity of composite materials.

المقدمة

* قسم العلوم التطبيقية / الجامعة التكنولوجية / بغداد-العراق

(Curing) , و وجد أن طاقة التنشيط هي دالة لدرجة الحرارة , وتزداد بزيادة درجة. كما استخدم مخطط كول – كول (Cole – Cole Diagram) لتحديد أزمنة الاسترخاء التي تكون مترابطة مع الخواص الفيزيائية للبوليمرات. من الملاحظ أن الرطوبة (Moisture) تؤثر في أسترخاء ثنائي الأقطاب في أنظمة راتنج الأيبوكسي و متراكبات الأيبوكسي مع الألياف الزجاجية (5). وفي عام (2001) درس الباحث (Gonon) وجماعته الخصائص العزلية لمتراكبات الأيبوكسي – سليكا مع درجات مختلفة من التقسية (Curing) , وعرضت هذه النماذج للرطوبة وإجهاد حراري متسلسل , و من ثم قاس التغير في ثابت العزل وعامل الفقد ضمن ترددات (100KHz – 100Hz) , و وجد أن امتصاصية الماء تزداد مع زيادة التقسية , وبعد التعتيق الحراري بالماء (Hydrothermal ageing) يقل ثابت , ويزداد عامل الفقد (6). وفي نفس العام قام الباحث (Roula) بدراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لمواد متراكبة من راتنج النوفولاك المقواة بألياف الزجاجية والاسيست و بكسر وزني قدره (60%) علاوة على تحضير مادة هجينه من الألياف السابقة الذكر وبنفس الكسر الوزني , فقد لاحظ الباحث حدوث تحسن كبير في الخواص الميكانيكية والحرارية للمادة المتراكبة مقارنة مع راتنج النوفولاك غير المقواة (7).

وفي عام (2005) قام الباحث (Younis) بدراسة ثابت العزل الكهربائي لمادة متراكبة مكونة من البولي أثيلين واطئ الكثافة والبولي كلوريد الفايينيل المقواة بألياف (الزجاج القصيرة وألياف الزجاج المحاكاة بشكل حصيرة و ألياف (النايلون -6) والمحاكاة بشكل حصيرة و لكسر وزني قدره (60%) إذ لاحظ الباحث أن أعلى قيمة لثابت العزل كانت للمادة المتراكبة المدعمة بألياف (النايلون – 6) المحاكاة بشكل حصيرة (8).

استخدمت البوليمرات في العديد من التطبيقات الكهربائية والميكانيكية وغالباً ما استخدمت كمادة عازلة لامتلاكها خصائص كهربائية جيدة مثل : المقاومة الحجمية (Volume resistivity) ومعكوسها التوصيلية الحجمية (Volume conductivity) , انهيار العزل (Dielectric breakdown) , والسماحية (Permittivity) , وفقد العزل الكهربائي (Dielectric loss) ولقد خضعت هذه الخصائص للكثير من الدراسات لأهميتها في المجالات الصناعية المختلفة (1). أن الخصائص الكهربائية للمواد العازلة المستخدمة في الكثير من الأجهزة وبأحجام مختلفة تعتمد على نوع الاستخدام وتتأثر هذه الخصائص بعوامل عديدة منها : التردد , الحرارة , الزمن , والفولتية المستخدمة والمواد المضافة وغيرها (2). أن الاستخدامات الواسعة للبوليمرات في المجالات التكنولوجية جعل لها أهمية خاصة, إذ بزغت هذه الأهمية من حقيقة واضحة هي أن البوليمرات تظهر بشكل عام تغيرات مختلفة في سلوكها الكهربائي , والعزلي عند تطعيمها , أو تشويبيها أو خلطها (3). على الرغم من هذا فلا تزال هنالك بعض المشاكل التطبيقية الهندسية للبوليمرات , مثل :-

قلّة صلابتها (Stiffness) , قلّة متانتها (Strength) موازنة مع المعادن ولقد استخدمت طرائق عديدة لتحسين هذه العيوب منها التدعيم بالألياف وهذه الألياف إما أن تكون مستمرة (Continuous) أو عشوائية الاتجاه (Random) ويمكن أن يكون التدعيم بهيئة دقائق (Particles) , أو حشواه (Fillers) , أو قشور (Flakes) , أو على شكل صفائح (Laminates) , وذلك لتقوية تماسك جسيمات البوليمر (4) .

لقد تركّزت جهود الباحثين على دراسة الخواص الكهربائية العزلية فضلاً عن تحسين الخواص الميكانيكية , فقد درس الباحث (Lane) وجماعته (1986) خواص العزل الكهربائي لمتراكبات الأيبوكسي في أثناء المعالجة الحرارية

لقد تم في البحث الحالي دراسة بعض الخصائص الكهربائية العزلية لمادة النوفولاك المقواة بألياف الزجاج وألياف الاسبست ودراسة تأثير التقوية بهذه الألياف والتقوية الهجينة لكلا النوعين من هذه الألياف (30% ألياف زجاج + 30% ألياف اسبست) على السماحية ومتانة العزل. كما تهدف هذه الدراسة الحالية بيان تأثير كل من التردد ودرجة الحرارة والرطوبة على ثابت العزل (ϵ_r).

الجانب العملي:-
المواد المستعملة:-

تم استخدام راتنج النوفولاك المنتج محلياً في شركة ذات الصواري كمادة أساس وهو عبارة عن كتل صلبة يتم طحنها وخطها مع المادة المصلدة (HMTA) للحصول على خليط (Novolak- HMTA) مناسب للقولبة بالحرارة والضغط. أما مواد التقوية فقد تم استخدام ألياف صناعية قصيرة لتقوية المادة الأساس وهي ألياف الزجاج نوع (E) وهي بشكل ألياف قصيرة (Short Fibers) مقطعة بأطول معينة تتراوح بين (6-8mm) وذات قطر بحدود (10-14 μ m) وألياف الاسبست المعروف بـ (Chrysolite) وهو عبارة عن ألياف غير مستمرة أشبه بالشعيرات المنقطعة (Discontinuous Fibers - Whiskers) علاوة على ذلك تم استخدام عوامل تحسين النوعية المتمثلة بالمواد التالية (Mgo, PVA, Olic, Aniline).

عينات الاختبار:-

تم تحضير عينات مقواة بألياف قصيرة بنسبة وزنية تقدر بـ (60%) وذلك بالاعتماد على المعادلة الآتية (6):-

$$y = \frac{W_f}{W_c} \times 100 \% \quad \dots [1]$$

$$W_c = W_f + W_m \quad \dots [2]$$

أن (W_c, W_m, W_f): كتلة الألياف والمادة الأساس والمادة المتراكبة على التوالي. حيث كانت المواد المتراكبة مكونة من النوفولاك المقواة بألياف الزجاج والنوفولاك المقواة بألياف الاسبست ومواد متراكبة هجينة مكونة من النوفولاك المقوى بـ (30% ألياف زجاج + 30% ألياف اسبست). في الواقع تمت عملية التحضير الابتدائي للمزيج الداخلة في تحضير النماذج المتراكبة بالاعتماد على طريقة الاشراب أو التشرب (Impregnation method) والتي تعد أهم طرائق القولبة الفينولية. استناداً إلى ذلك تم اتباع الخطوات التالية في تحضير المتراكبات من راتنج النوفولاك وكما يلي:

أ - يحضر مزيج الراتنج الفينول المحسن (Modified Phenol Formaldehyde) وذلك بإذابة خليط (Novolak- HMTA) ذو نسبة (10%) وزناً من (HMTA) في كحول الايثانول باستعمال خلاط ذو سرعة عالية ثم بعد ذلك يتم إضافة (عوامل تحسين النوعية) بشكل تدريجي مع مراعاة استمرار الخلط.

ب - تغمر الألياف في المزيج الراتنجي الفينولي المحسن مع التحريك ومراقبة تشبع كافة الألياف بالراتنج. وهكذا نعود إلى تكرار الخطوات السابقة الذكر مع خليط (Novolak- HMTA) ذو نسبة (14%) وزناً مع (HMTA).

ج - بعد التأكد من الغمر الجيد وتشبع الألياف بالمزيج الراتنجي تنتقل إلى مرحلة التجفيف بالهواء الساخن لدرجة حرارة تتراوح (70-80 °C)، حيث تترك المادة في جو الفرن عند هذه الدرجة الحرارية لمدة ثلاث ساعات وبذلك يتم التخلص من كحول الايثانول المستخدم في المزيج عندئذ تصبح لمادة المحضرة جاهزة للقولبة ومن ثم يتم كبس النماذج المستخدمة في الاختبارات التي تم إعدادها باستخدام المكابس نصف الآلية المصنعة من قبل شركة (Batten Feld / Berge). والواقع

A : مساحة أي من لוחي المتسعة المتوازيين بوحدات m^2 .

ولدراسة تأثير الامتصاصية للماء المقطر وتغير درجة الحرارة ثابت العزل الكهربائي (ϵ_r) تم أتباع الخطوات التالية في المعالجة الحرارية والرطوبة للنماذج المحضرة:-

أ. (تقنية إجراء معاملات الرطوبة للنماذج المحضرة)

1. توزن العينات باستخدام الميزان الإلكتروني نوع (Mettler) والذي يتحسس القراءات إلى أربعة مراتب عشرية وكان وزنها (m_1) قبل تغطيتها بالماء المقطر .

2. تغطيس العينات في قناني زجاجية حاوية على الماء المقطر بدرجة حرارة المختبر ($2 \pm 33^\circ C$) لمدة يوم واحد، يومان، ثلاثة أيام وأربعة أيام مع مراعاة غلق فوهات القناني بشكل محكم للحد من ظاهرة التبخر الماء.

3. أخرجت العينات من الماء المقطر بعد مرور الزمن المحدد باستعمال ملقط خاص مصنوع من (Stainless steel) تمت تهيئته لهذا الغرض بعدها جففت جيداً من الماء ووزنت ثم سجلت قراءتها فكانت (m_2)، وأخيراً تم إجراء الاختبار المذكور أعلاه على هذه النماذج المغمورة بالماء المقطر لدراسة تأثير الرطوبة على ثابت عزلها الكهربائي.

4. يتم حساب النسبة المئوية لامتصاصية (الربح بالكتلة) العينة للماء المقطر ($M(\%)$, Weight gain) باستخدام المعادلة التالية:-

$$(Weight\ gain), M(\%) = \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \right] \dots [5]$$

ب. (تقنية إجراء معاملات الحرارية للنماذج المحضرة)

أن الوسيلة التي تم إتباعها في الحصول على درجة حرارة الاختبار المطلوبة بغية دراسة تأثير تغير درجة الحرارة على ثابت العزل الكهربائي (ϵ_r) باستعمال فرن

أن هذه النماذج قطعت حسب المواصفة (ASTM). حيث تم استخدام عينات قياس ثابت العزل (ϵ_r) قياسية بسمك (6mm) وقطر (40mm)، أما عينات اختبار متانة العزل فكانت بالأبعاد الآتية:-

الطول (10mm)، العرض (10mm) والسمك متغير حسب متطلبات الاختبار. تم إجراء اختبار قياس متانة العزل باستعمال جهاز (HV-50Hz 300kV Rang) ووضعت أقطاب التوصيل والنماذج داخل زيت المحولات النقي للتغلب على انتقال الحرارة العرضي (Flashover) وكان المعدل الزمني لزيادة الفولتية (3keV/s) في الانهيار الكهربائي النقي والانهيار الكهروحراري (0.5keV/s). أما منظومة اختبار ثابت العزل (ϵ_r) فتتكون من متسعة ذات لوحين توضع بينهما المادة العازلة المراد قياس سماحتها وأن هذه المتسعة ذات منشأ ألماني تربط الى دائرة قياس كهربائية مكونة من مجموعة من الملفات ومقاومة كهربائية وأميتر ومجهز قدرة متناوب. واستناداً الى ذلك يتم استخراج قيمة السعة باستعمال قيمة التردد الرنيني المستحصل عليه من التجربة وتعويضه بالعلاقة التالية (9):-

$$C = \frac{1}{4p^2 f_r^2 L} \dots [3]$$

حيث أن:

C : سعة المادة العازلة الموضوعه بين لוחي المتسعة بوحدات Farad.
 f_r : التردد الرنيني بوحدات Hz.
 L: حثية الملف بوحدات H.

أما سماحية المادة العازلة فتعطى من العلاقة الآتية (9):-

$$C d/A \dots [4]$$

حيث أن:

ϵ : تمثل سماحية المادة العازلة .
 d :المسافة العمودية بين لوحى المتسعة بوحدات m.

عندما تقع هذه الجزيئات تحت تأثير مجال كهربائي خارجي فإن الشحنات الموجبة سوف تنزاح باتجاه المجال بينما تنزاح الشحنات السالبة لهذه الجزيئات في الاتجاه المعاكس، ونتيجة لذلك فإن مركز الشحنة الموجبة لم يعد منطبقاً مع مركز الشحنة السالبة بل تفصلها مسافة صغيرة مما يسبب في نشوء ثنائيات الأقطاب الكهربائية (Electrical dipoles) وعندئذ نقول: أن الجزيئة أصبحت مستقطبة واكتسبت عزم ثنائي قطبي (Dipole moment). أن جزيئات المادة العازلة التي تمتاز بهذه الصفة تدعى بالجزيئات غير القطبية (Non-polar momcules)، ألا أن هناك جزيئات مواد عازلة أخرى يكون فيها مركز الشحنة السالبة منفصلاً بصورة دائمة عن مركز الشحنة الموجبة، إذ تمتلك هذه الجزيئات عزمًا ثنائيًا قطبيًا دائم (permanent Dipole moment)، وتدعى هذه الجزيئات القطبية تمتلك عزمًا دائميًا ألا أن اتجاهات هذه العزوم تكون عشوائية، وإذا ما وضعت تحت تأثير مجال كهربائي خارجي متناوب فأنه يعمل على تدوير هذه الثنائيات باتجاه المجال (10). ولكي نستكمل الصورة التي قدمتها لنا المعلومات الواردة أعلاه عن المواد العازلة كهربائياً، تم حساب قيم ثابت العزل (ϵ_r) لجميع النماذج المهيئة لهذا الغرض مع تغير تردد الفولتية المسلطة وكما هو موضح بالشكلين 2 و3 فوجد أن زيادة تردد المجال الكهربائي المسلط قد أدى إلى تناقص ثابت العزل (ϵ_r) ويعزى ذلك إلى حقيقة أن جزيئات المادة العازلة الواقعة تحت تأثير مجال كهربائي خارجي متناوب سيؤدي إلى جعل جزيئات المادة المتراكبة المستقطبة كاسية عزمًا ثنائي القطب كما هو مذكور سابقاً، علاوة على ذلك أن حاملات الشحنة تتراكم ومن ثم تسد (Block) القطب السالب فضلاً عن أن شحنة الفراغ تؤدي إلى نقصان السعة (11) وهذا بدوره يؤدي إلى نقصان ثابت العزل (ϵ_r) اعتماداً على

حراري (Hereaus electronic) وذلك بوضع حامل العينة (المتسعة) داخل الفرن كما هو موضح بالشكل 1 وفيه نجد أن حامل العينة العلوي والسفلي (الوحي المتسعة) يوصل إلى دائرة القياس الكهربائية السابقة الذكر.

النتائج والمناقشة :-

1- اختبار ثابت العزل (Constant Dielectric)

يعرف ثابت العزل (السماحية) (ϵ_r) بأنه نسبة قدرة مكثف كهربائي ذو عازل بين قطبين إلى القدرة في حالة وجود هواء بدلاً من العازل بين القطبين ويستعمل ثابت العزل لتصنيف أنواع العوازل ويمكن إعطاء ثابت العزل من العلاقة الآتية (9):-

$$\epsilon_r = \frac{e}{e_0} \dots [6]$$

حيث أن (ϵ_0) سماحية الفراغ (F/m) من هذا الاختبار تم قياس ثابت العزل للمواد المتراكبة باستعمال المنظومة السابقة الذكر، فقد تم حساب كل من التردد الرنيني للدائرة وسعة المتسعة وسمك العينة والمساحة السطحية (A) وتطبيق المعادلات (3)، (4) و (6) نحصل على قيم ثابت العزل للمواد المتراكبة التي تم الحصول عليها تحت ظروف مختلفة من التردد، درجة الحرارة والرطوبة.

العوامل المؤثرة في ثابت العزل:-

Effective Parameters on Dielectric (Constant)

يعتمد مقدار ثابت العزل (ϵ_r) للمادة العازلة على عدة عوامل نورد منها ما يلي:-

أ - تأثير التردد (Frequency) في قيمة ثابت العزل لمترابكات راتنج النوفولاك :- تتكون جزيئات العازل من شحنات موجبة وأخرى سالبة وكثيراً ما يكون مركز الشحنات السالبة منطبقاً على مركز الشحنات الموجبة لهذه الجزيئات، ولكن

قيم السعة الكهربائية على وفق العلاقة (9):

$$e_r = \frac{C}{C_o} \dots [7]$$

حيث أن (C_o) السعة بوجود الهواء .

ب - تأثير درجة الحرارة في قيم ثابت العزل لمتراكبات راتنج النوفولاك :-

أن درجة ترانص ثنائيات الأقطاب في المواد العازل تعتمد على درجة الحرارة حيث تجد هذه الثنائيات صعوبة في تدوير نفسها عند درجات الحرارة الواطئة جداً وعند زيادة درجة حرارتها فإن دوران هذه الثنائيات يصبح سهلاً (12)، (13) وهذا ما أكده الباحث (Sriastava) (14) وهذا يزيد قيمة ثابت العزل لتلك المادة وهذا ما أظهرته نتائج هذا الفحص و الموضحة بالشكلين 4 و 5 ، أن ثابت العزل () يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة ومع الاستمرار في زيادة درجة الحرارة لدرجة حرارة (453k) نلاحظ أن قيم ثابت العزل () لبعض متراكبات راتنج النوفولاك والمتمثلة

ب (Hybrid 10%, Hybrid 14%)

Nov. +G.F. 10%) يتناقص ويعزى ذلك الى حقيقة أن مع الاستمرار في زيادة درجة الحرارة تقل درجة ترتيب ثنائيات الأقطاب بسبب الاهتزاز الحراري مما يؤدي الى تناقص في مقدر ثابت عزلها الكهربائي (12)، (13).

ج - تأثير الرطوبة في قيم ثابت العزل لمتراكبات راتنج النوفولاك :-

تعد القطبية (Polarity) الخاصة الأساسية لجزيئات البوليمر التي ترتبط فيزيائياً بكثافة التوزيع الإلكتروني غير المنتظم الذي يسبب ظهور عزوم ثنائية الأقطاب ، وشحنات الكترولوساتيكية وأواصر هيدروجينية في جزيئات البوليمر الكبيرة. أن مدى تأثير المادة الراتنجية بالماء يعتمد اعتماداً كبيراً على قطبية جزيئات البوليمر ، وعليه يمكننا

تقسيم البوليمرات استناداً لقبليتها على امتصاص الماء الى :-

1- عالية الامتصاص .

2 - متوسطة الامتصاص .

3 - قليلة الامتصاص .

أن امتصاص الراتنج للماء يعزى الى جذب المجاميع القطبية لجزيئات الماء إذ تزداد نسبة جزيئات الماء النافذة بزيادة عدد هذه المجاميع . أما في المتراكبات فإن الماء سينفذ من خلال المادة الرابطة (Matrix) ومن خلال المسافات البينية الموجودة بين الألياف والمادة الرابطة إذ ستسلك هذه المسافات بوصفها أنابيب شعرية وسينفذ الماء من خلال وفق الخاصية الشعرية (Capillary) (15)، (16) ويمثل الشكلان

6 و 7 النسبة المئوية لامتصاصية الماء (M%) لمتراكبات النوفولاك المحضرة وبدرجة حرارة الغرفة (306K). ويتضح من هذه الأشكال أن العينات المدعمة بالألياف الاسبست ذات نسبة (14%) من (HMTA) قد امتصت نسبة من الماء تصل الى (M%=3.779) بعد أربعة أيام وهي نسبة عالية مقارنة مع بقية النماذج المحضرة وذلك بسبب الخاصية الشعرية للمسافات البنية (Interface) بين المادة الأساس والألياف علاوة على ذلك ألياف الاسبست تمتاز بقابليتها العالية على امتصاص الماء . ومن الشكلين 10 و 11 يتبين أن زيادة النسبة المئوية لامتصاصية الماء لمتراكبات النوفولاك يؤدي الى زيادة ثابت العزل (ϵ_r) ويعزى ذلك الى حقيقة أن وجود جزيئات الماء التي تم امتصاصها من قبل متراكبات النوفولاك تعمل على زيادة السعة الكهربائية ، وذلك لأن جزيئات الماء هي جزيئات قطبية (Polar) أي تمتلك عزوم ثنائيات أقطاب دائمية موزعة بصورة عشوائية إذ أن محصلة العزوم النهائية أي الاستقطاب يساوي صفراً في حالة غياب المجال الكهربائي ، أما عند تسليط مجال كهربائي متناوب فإن هذه الجزيئات تميل للدوران باتجاه المجال (10) وعالية فإن ارتفاع النسبة المئوية لامتصاصية الماء من قبل متراكبات النوفولاك يظهر زيادة

ناشئ عن تأثير المجال الكهربائي فقط أما إذا صاحب هذا الانهيار تغير في درجة الحرارة وسط القياس أو تغيرات كيميائية في المادة العازلة فإنه لا يسمى انهيار نقى ويتميز بالزمن القصير لتأثير الفولتية ولا يعتمد على التردد ودرجة الحرارة واعتماده على أبعاد العازل قليل.

وجديرًا بالذكر تم قياس الانهيار الكهربائي النقي لجميع النماذج المحضرة وعليها تم الاستحصال على الشكلين 13 و 14 وذلك بقياس متانة العزل عند فولتية صعود تقدر بـ (3kV/s).

ب - الانهيار الكهروحراري

(Elctrothermal Breakdown)

أن هذا الانهيار يحدث بالشكل الآتي: — فولتية مؤثرة على العازل تؤدي إلى انطلاق حرارة من العازل نتيجة فقدان العزلي بسبب تيارات التسريب ثم يظهر تأثير الانصهار والاختراق والتشقق في العازل ويعتمد على تردد الفولتية وزمن التأثير الطويل (19). ومن هنا تم قياس الانهيار الكهروحراري لجميع النماذج المحضرة وذلك لقياس متانة العزل عند فولتية صعود تقدر بـ (0.5 kV/mm) وتم الاستحصال على الشكلين 15 و 16. ومن الأشكال السابقة الذكر تبين أن متانة العزل بمختلف أنواعها في أغلب الحالات تتناقص مع زيادة سمك العازل ويعود ذلك إلى حقيقة تزايد تيارات التسريب. كما أظهرت النتائج من هذا الاختبار وكما هو مبين في الشكلين 17 و 18 أن المادة المتراكبة المقواة بألياف الزجاج تبدي أعلى متانة عزل لتحمل الإجهاد الكهربائي قبل أن تنهار وتفقد خاصية العزل وتتحول إلى مادة موصلة وذلك لما تتميز به ألياف الزجاج من خواص عزلية جيدة تليها المادة المقواة بألياف الاسيست . أما زيادة نسبة المادة المصلدة (HMTA) كان لها دور فعال في مكان في التأثير على متانة العزل (Dielectric Strength) بشكل عام . ولكي نستكمل الصورة التي قدمتها المعلومات الواردة أعلاه حول الأضرار المتوقع حدوثها في النماذج بعد أن تنهار تحت

ملحوظة في السعة الكهربائية كما موضح في الشكلين 8 و 9، وذلك بسبب زيادة عدد الثنائيات القطبية لوحدة الحجم وهذه الزيادة ناتجة من جزيئات الماء المستقطبة . وجديرًا بالذكر أن ثابت العزل (ϵ_r) للماء عند درجة حرارة (293k) تقدر بـ (80.3) (17). أن كل هذه الأسباب تؤدي إلى زيادة ثابت العزل لمتراكبات النوفولاك.

د - تأثير المواد المضافة في ثابت العزل لمتراكبات راتنج النوفولاك :-

لقد تبين من نتائج هذه الدراسة كما هو موضح بالشكل 12 أن أفضل قيمة لثابت العزل (ϵ_r) تم الحصول عليه في الظروف الطبيعية (عند $T=306k$, $0=M\%$) كانت لنماذج راتنج النوفولاك المدعمة بألياف الاسيست وتليها نماذج المتراكب الهجين وذلك لما تمتاز به ألياف الاسيست من خواص عزل كهربائي وحراري بسبب تركيبها المعدني (Mineral structural) الذي يجعل المادة المتراكبة الحاوية عليها ذات خواص أفضل (18). أما زيادة نسبة المادة المصلدة (HMTA) فلم يكن لها دور فعال في التأثير في ثابت العزل (Dielectric constant) بشكل عام.

2 - متانة العزل الكهربائي

(Breakdown Field Strength)

تقاس بدلالة المجال الكهربائي (E_{br}) وتمثل المجال الذي ينهار عنده العازل فإذا كان سمك العازل (h) وأقصى جهد مسلط ينهار عنده العزل (U_{br}) فإن :-

$$E_{br} = \frac{U_{br}}{h} \text{ (V/m or kV/mm)... [8]}$$

وتعتمد المتانة على تراكم العازل ، العيوب والشوائب ، عوامل خارجية مثل شكل ونوع الاقطاب المستخدمة و طبيعة السطح الخارجي وظروف القياس مثل الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة و تردد المصدر والفترة الزمنية عند تطبيق الفولتية، والانهيار الكهربائي على نوعين:-

أ - الانهيار الكهربائي النقي

(Pure Breakdown Strength)

المتراكب الهجين مقارنة مع بقية النماذج المحضرة في الظروف الطبيعية من رطوبة ودرجة حرارة وثبوت تردد الفولتية المسلطة.

2. تقسم متراكبات النوفولاك استناداً لقابليتها على الامتصاص الماء المقطر في درجة حرارة ($33 \text{ m } 2^{\circ} \text{ C}$) كما يلي:-

أ. (Nov.+ Hybrid , Nov.+ asb.14%) (14%)

مواد متراكبة عالية الامتصاص.

ب. (Nov.+ Hybrid , Nov.+ asb.10%) (10%)

مواد متراكبة متوسطة الامتصاص.

ج. (Nov.+G.F.(S)14%) قليلة الامتصاص.

3. تتناقص متانة العزل (Dielectric strength) بمختلف أنواعه في أغلب الحالات تتناقص مع زيادة سمك متراكبات النوفولاك.

4. أظهرت المادة المتراكبة المقواة بألياف الزجاج متانة عزل (Dielectric strength) عالية تليها المادة المتراكبة الهجينة.

5. أن لزيادة نسبة المادة المصلدة (HMTA) دور فعال في التأثير على متانة العزل (Dielectric strength) بشكل عام على عكس مما هو عليه بالنسبة لثابت العزل (ϵ_r).

6. لوحظ بشكل متميز توحيد الخصائص الكهربائية العزلية وبصورة متوازنة في مادة واحدة مما يدل على التأثير الإيجابي لعملية التهجين.

المصادر :-

1. Frohlich H., "Theory of Dielectric", Oxford University Press, Oxford, 1950
2. Randhakrishron S., Mater J..sci.1445, 1985.
3. Mott N.F. and Davis E.A., "Electronic Processes in NoncryStalin Materials "2nd

الإجهاد الكهربائي عند فولتية صعود تقدر بـ (3kV/s) وفقدانها قابلية العزل الكهربائي تم استخدام المجهر الإلكتروني الضوئي , حيث أظهرت الصور الفوتوغرافية وكما مبين في الشكل 19 لنموذج النوفولاك المدعمة بألياف الاسبست منطقة متقحمة (Carbonize zone) نتيجة لحدوث عملية التفكك الحراري للمادة المتراكبة.

الاستنتاجات :-

من النتائج التي تم الحصول عليها تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:-

1. أوضحت هذه الدراسة أن ثابت العزل يتغير حسب نوع المادة, تردد المجال الكهربائي المسلط, درجة الحرارة والمحتوى الرطوبي وكما يلي:-

أ. يتناقص ثابت العزل (ϵ_r) لمتراكبات النوفولاك بزيادة تردد المجال الكهربائي المسلط.

ب. أن ثابت العزل (ϵ_r) يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة , وذلك يرجع الى حقيقة أن في درجة الحرارة الواطئة (Frozen) تكون الثنائيات القطبية في حالة سكون, ولذلك تبلغ درجة من الحرية للدوران عندما ترتفع درجة الحرارة . إلا أن مع الاستمرار في زيادة درجة الحرارة فإن درجة ترتيب ثنائيات الأقطاب تقل بسبب الاهتزاز الحراري مما يؤدي الى تناقص في مقدار ثابت العزل .

ج. لقد أثبتت النتائج المستحصل عليها أن كل من المتراكبات التالية : (10% G.F.(S) Hybrid 10% + Nov.+ Hybrid 14% ,

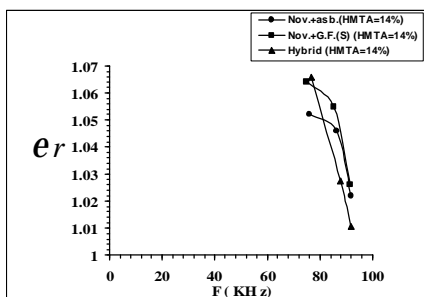
Nov+) أن ثابت عزلها يقل مع الاستمرار في ارتفاع درجة الحرارة لـ (453k) وذلك يعود الى طبيعة الألياف وتحملها الحراري.

د. يزداد ثابت العزل (ϵ_r) (السماحية) مع زيادة النسبة المئوية لامتصاصية الماء المقطر من قبل المتراكبات الفينولية.

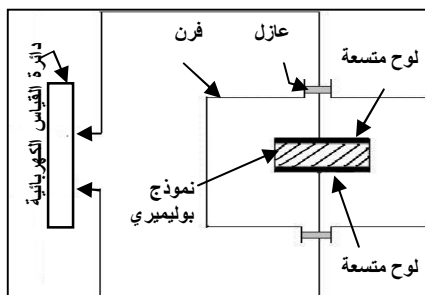
هـ . أن هذه الدراسة أظهرت نماذج راتنج النوفولاك المدعم بألياف الاسبست ذات ثابت عزل (ϵ_r) أفضل تليها نماذج

14. Strivastave K.K. , Kumar A. , O.S. Pan war and Lakshminaryan K., J. Nov. Cryst. Solid. 33, 205, 1979 .
15. Comyn J., "Polymer Permeability", (Elisiver Appl .Sci. Publishers London , 1985.
16. Crark J. and Park G.S., "Diffusion in Polymers", Academic press Inc London, 1968.
17. CRC handbook except for ice value Fletcher, N.H. 1970 the chemical physics of ice cup Cambridge.
18. M.Grayson, Encyclopedia of Composite Materials and Components," John Wiley and Sons , New York , 1983.
19. شهاب أحمد زيدان , د.خالد طه مهدي , "تحسين خواص العزل الكهربائي للكاولين العراقي بإضافة الألومينا", مؤتمر المواد قرن الحادي والعشرين – الجامعة التكنولوجية 1998.
- Ed.,Oxford University Press, 1979.
4. Flinn R.A. and Torjon P.K. ,” Engineering Matrials and Their Applications (3 rd Ed. Houghton Minfflin Co., Boston , 1986).
5. Lane J.W., Seferis J.C. and Bachmann M.A., Journal of Applied Polymer Science, 31,1155, 1986.
6. Gonon P., Sylvester A., Eyssrye J.T. and Rrior C.P. , Materiel Science and Engineering, 83, 158, 2001).
7. رولا عبد الخضر عباس , "دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراباتها رسالة ماجستير, العلوم التطبيقية , الجامعة التكنولوجية ٢٠٠١
8. يونس خلف جبر العيساوي , "دراسة الخصائص الفيزيائية لمادة بوليمرية مترابكة " رسالة ماجستير , كلية العلوم ,الجامعة المستنصرية (2005)
9. هناء علي مجيد " دراسة السلوك الميكانيكي و الحراري لمادة مترابكة من الصوف الصخر "رسالة ماجستير , العلوم التطبيقية , الجامعة التكنولوجية (2005).
10. د.صحي سعيد الراوي , د. شاكر جابر شاكر , د.يوسف مولود " فيزياء الحالة الصلبة " , جامعة الموصل, كلية الهندسة 1985
11. Sathyamoorthy R. , Narayandass S.A.K., BalaSubramanian C. and D Mangalaraj., phys. Stat Sol. 117,495 1990.
12. Abel G. , “Radiation Safty New International Standards,” IAEA, Bulletin, 1994 .
13. Herman F.M., Morman G.G., and M.B. Norbert, “Encyclopedia of Polymers Science and Technology ,” 1969.

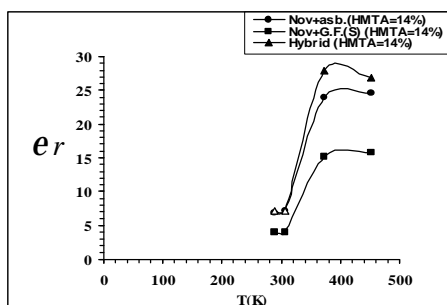
دراسة بعض الخصائص الكهربائية العزلية والعوامل المؤثرة فيها لمواد متراكبة من راتنج النوفولاك



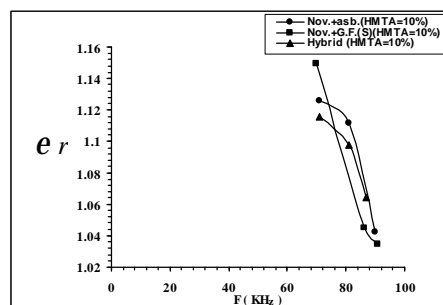
شكل (2) تغير ثابت العزل مع التردد لمتراكبات النوفولاك بدرجة حرارة (306k) و (M% = 0).



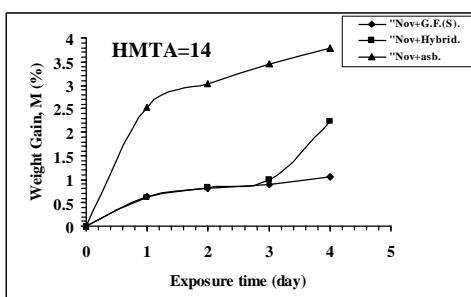
شكل (1) المنظومة المستخدمة في قياس ثابت العزل الكهربائي مع تغير درجة الحرارة.



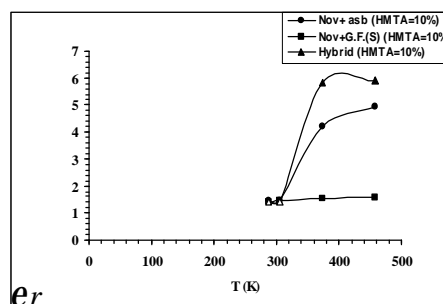
شكل (4) تغير ثابت العزل مع درجة الحرارة لمتراكبات النوفولاك عند (M% = 0) مع ثبوت تردد فولتية المصدر عندما (L = 20 mH).



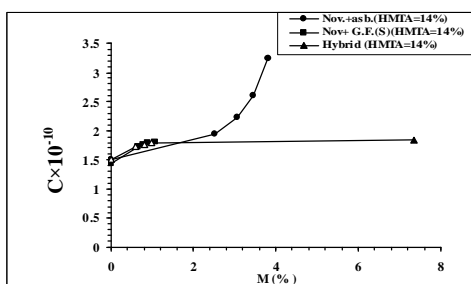
شكل (3) تغير ثابت العزل مع التردد لمتراكبات النوفولاك بدرجة حرارة (306k) و (M% = 0).



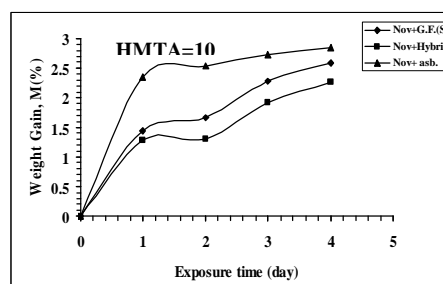
شكل (6) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع زمن عمر النماذج المحضرة في الماء المقطر بدرجة حرارة الغرفة (33±2°C).



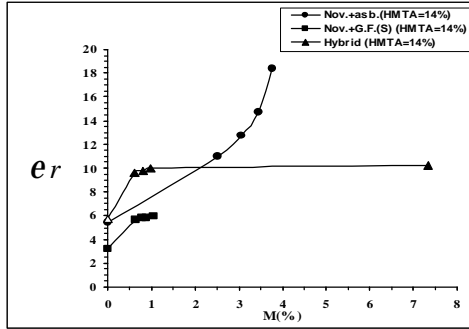
شكل (5) تغير ثابت العزل مع درجة الحرارة لمتراكبات النوفولاك عند (M% = 0) مع ثبوت تردد فولتية المصدر عندما (L = 20 mH).



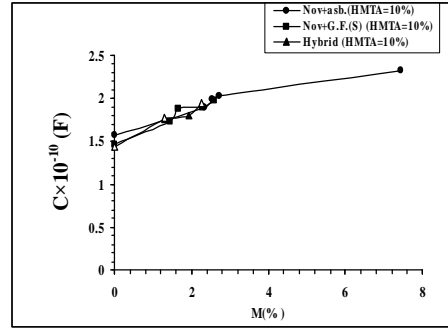
شكل (8) تغير النسبة المئوية للامتصاصية لمتراكبات النوفولاك عند درجة حرارة (306k).



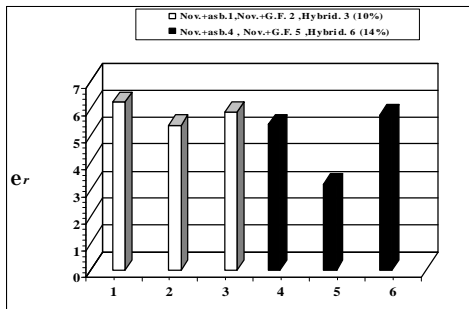
شكل (7) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع زمن عمر النماذج المحضرة في الماء المقطر بدرجة حرارة الغرفة (33±2°C).



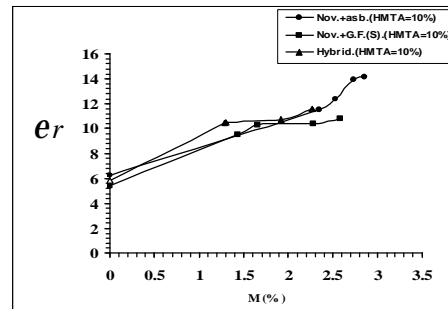
شكل (10) تغير ثابت العزل مع النسبة المئوية للمنتصاصة لمتراكبات النوفولاك عند درجة حرارة (306k).



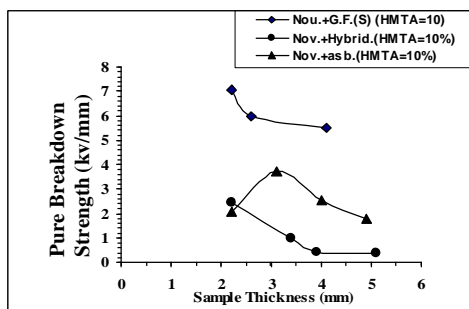
شكل (9) تغير السعة مع النسبة المئوية للمنتصاصة لمتراكبات النوفولاك عند درجة حرارة (306k).



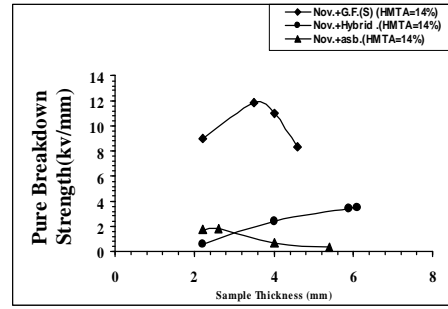
شكل (12) تأثير مواد التقوية ونسبة (HMTA) على ثابت العزل لراتنج النوفولاك في الظروف الطبيعية عند (M%=0), (T = 306k).



شكل (11) تغير ثابت العزل مع النسبة المئوية للمنتصاصة لمتراكبات النوفولاك عند درجة حرارة (306k).

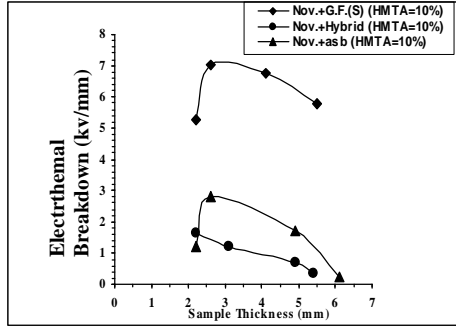


شكل (14) العلاقة بين متانة العزل الكهربائي النقي وسمك النماذج المحضرة.

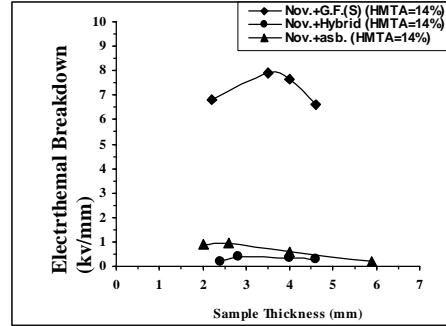


شكل (13) العلاقة بين متانة العزل الكهربائي النقي وسمك النماذج المحضرة.

دراسة بعض الخصائص الكهربائية العزلية والعوامل المؤثرة فيها لمواد متراكبة من راتنج النوفولاك



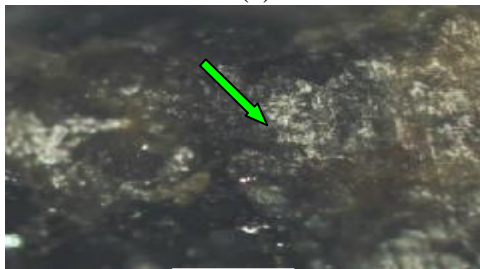
شكل (16) العلاقة بين متانة العزل الكهروحراري وسمك النماذج المحضرة.



شكل (15) العلاقة بين متانة العزل الكهروحراري وسمك النماذج المحضرة.



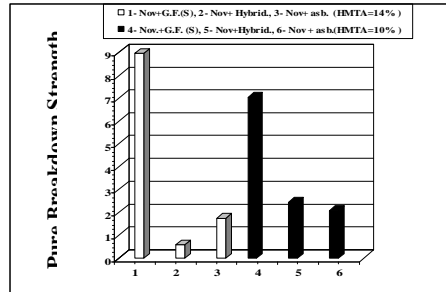
(a)



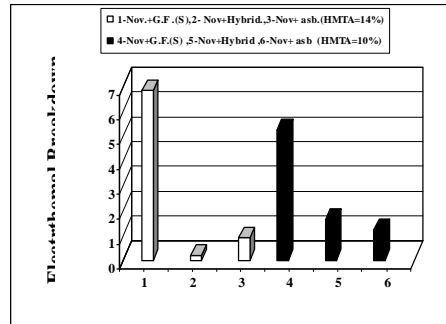
(b)



(c)



شكل (17) تأثير مواد التقوية ونسبة (HMTA) على متانة العزل الكهربائي النقي لعينات من راتنج النوفولاك ذات سمك (2.2 mm)



شكل (18) يوضح تأثير مواد التقوية ونسبة (HMTA) على متانة العزل الكهروحراري لعينات من راتنج النوفولاك ذات سمك (2.2 mm).

شكل (19) طبيعة سطح المنطقة المتفحمة لنموذج (Nov.+G.F. (S) ذات نسبة (HMTA =14%) بعد انهيارها تحت الإجهاد الكهربائي عند فولتية صعود تقدر بـ (3 KeV /s).