

دراسة الخواص الكهربائية للبورسلين عالي الصهر المحضر من الخامات العراقية

محمد قاسم سلمان

مدرس مساعد

كلية الهندسة - جامعة ديالى

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة بعض الخواص الكهربائية للأجسام البورسلينية المحضرة من الخامات العراقية ، حيث لوحظ تغير هذه الخواص بتغير ظروف تشكيل الجسم البورسليني وظروف قياس هذه الخصائص وهي نفس الظروف التي من المحتمل تعرض العازل لها أثناء عمله كعازل كهربائي . ووجد ان ثابت العزل الكهربائي يتناقص بازدياد تردد القياس وانخفاضه كلما صغر الحجم ألدقائقي لمادة فلدسبار البوتاسيوم . كما وجد ان عامل الفقد للجسم البورسليني يزداد بزيادة مسامية الجسم البورسليني ، كما وان متانة العازل البورسليني تقل بزيادة درجة الحرارة وتزداد بزيادة سمك العازل.

المقدمة

يعتبر السيراميك من أفضل العوازل الكهربائية وذلك للخواص الجيدة التي يمتلكها العازل السيراميك من خواص ميكانيكية وكهربائية وحرارية جيدة ، كما ويستخدم لقلّة تكاليف مواده الأولية وتوفرها بشكل كبير في الطبيعة . ومن الضروري أن تكون العوازل الكهربائية ذات كفاءة عالية من حيث خواصها الفيزيائية وذلك لتعرضها للكثير من الاختلافات في الظروف الجوية كالرطوبة وتغير درجات الحرارة كما أنها تتعرض للأجهادات الميكانيكية والعوامل الكهربائية كالترددات العالية والفولتيات الكبيرة التي من الممكن أن تؤدي الى انهيار العازل . ومن أفضل انواع العوازل السيراميكية البورسلين الذي يحضر من ثلاث مواد رئيسية وهي الكاولين ورمل الزجاج والفلدسبار ، ويمكن التحكم بخواص المنتج البورسليني من خلال طريقة التحضير ونسب المكونات.

ان هذا البحث يتضمن دراسة للخواص الكهربائية للعازل البورسليني المحضر من الخامات العراقية وهي (كاولين دويخلة ، رمل زجاج أرضية وفلدسبار البوتاسيوم) وهذه الخواص هي ثابت العزل الكهربائي وعلاقته مع الترددات التي يتعرض لها العازل وتغير عامل الفقد مع تغير المسامية الظاهرية للجسم البورسليني ، وكذلك علاقة فولتية انهيار العازل مع سمك العزل ومدى تأثرها بدرجة حرارة القياس^(١).

الجانب النظري

تنقسم المواد في الطبيعة الى ثلاثة اقسام من حيث قابلية العزل والتوصيل الكهربائي فيها وتختلف فيما بينها بقابلية التوصيل الكهربائي وذلك يرجع الى حجم فجوة الطاقة في هذه المواد ففي العوازل تكون فجوة الطاقة أكبر مما هي في أشباه الموصلات وفي الموصلات لا توجد فجوة طاقة ، حيث إن فجوة الطاقة تفصل بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل.

يمتاز البورسلين بقدرته العالية على العزل الكهربائي ويرجع هذا الى الترابط القوي بين ذراته ، حيث إن الأواصر بين ذرات البورسلين تكون اواصر ايونية وتساهمية ذات متانة عالية وسبب هذا إن الأواصر الأيونية تمتلك طاقة كهروستاتيكية وكذلك ألكترولونات التكافؤ المترابطة فيما بينها بشكل قوي في الاواصر التساهمية . ويعتبر الفلدسبار من أهم المواد التي تحسن من خواص المنتج البورسليني الميكانيكية ولكن زيادته تؤثر بشكل سلبي على العزل الكهربائي لأحتوائه على أيونات المعادن القلوية (Na^+ , K^+). كما وتتأثر خواص البورسلين بتركيز ونوعية الأكاسيد الموجودة في تركيب مواده الأولية^(٢).

عندما يوضع العازل بين فرق جهد كهربائي فسوف يمر في العازل تيار يسمى بتيار التسرب (I_{in}) ويعتمد نوع هذا التيار على مقاومة العازل ، فالعازل له مقاومتين ، حجمية (R) وسطحية (R_s) ، وفي العازل تعتبر هاتين المقاومتين فيه مربوطتين على التوازي وبالتالي يكون تيار التسرب :

$$I_{in} = [(R R_s) / (R + R_s)] v \dots\dots\dots(1)$$

كما وتتأثر المقاومة الحجمية للعازل بابعاد العازل :

$$R = \rho (d / A) \dots\dots\dots(2)$$

حيث إن : (ρ) المقاومة للعازل ($\Omega.m$)

(d) سمك العازل (m)

(A) المساحة السطحية لطرفي العازل (m^2)

كما إن علاقة إيصالية المادة (σ) بالمقاومة النوعية هي :

$$\sigma = 1 / \rho \dots\dots\dots(3)$$

كما وهناك مقدار آخر للمادة وهو الطول الفعال (Λ) والذي يصف الشكل الهندسي للعازل :

$$\Lambda = A / d \dots\dots\dots(4)$$

إن أي وسط بين فرق جهد كهربائي يعمل عمل متسعة تحسب سعتها من خلال العلاقة التالية :

$$C_0 = \epsilon_0 (A / d) \dots\dots\dots(5)$$

حيث إن : (C_0) المتسعة في الفراغ (F)

(ϵ_0) سماحية الفراغ وهي مقدار ثابت يساوي ($8.85 \times 10^{-12} F/m$)

ولكن عندما يكون العازل ليس الفراغ فتكون المعادلة (٥) كما يلي :

$$C = \epsilon (A / d) \dots\dots\dots(6)$$

حيث إن : (C) المتسعة (F)

(ϵ) سماحية الوسط العازل (F/m)

والسماحية بين السعتين تسمى بالسماحية النسبية او ثابت العزل الكهربائي النسبي :

$$\epsilon_r = C / C_0 \dots\dots\dots(7)$$

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0 \dots\dots\dots(8)$$

$$\epsilon_r = C d / \epsilon_0 A \dots\dots\dots(9)$$

ولأن السعة تمثل النسبة بين الشحنتين على اللوحين الى فرق الجهد المسلط ، فإن :

$$C = Q / V \dots\dots\dots(10)$$

$$C = (\sigma_s A) / (V) \dots\dots\dots(11)$$

$$\sigma_s = \epsilon \epsilon_0 \dots\dots\dots(12)$$

حيث إن : (Q) الشحنة (C)

(V) فرق الجهد (v)

(σ_s) الكثافة السطحية للشحنات (C/m)

إن العوازل التي لاتتملك شحنات حرة الحركة هي عوازل مثالية ولكن جميع الاوساط المادية تتركب من جزيئات وهذه تحتوي على جسيمات مشحونة وهذه الجسيمات هي نوى والكترونات الذرات وهذه المكونات تتأثر بالمجال الكهربائي لأنه يسلط قوة على هذه الجسيمات مما يؤدي الى ازاحتها عن مواضع استقرارها وهذا مايسمى بالعازل المستقطب^(٣) . إن هذا الأنفصال بين الشحنات يولد مايسمى بالدايبول أو ثنائي القطب وبالتالي يتولد عزم ثنائي القطب الذي يمثل حاصل ضرب الشحنة الكلية المتولدة على سطح العازل في المسافة بين سطحي العازل^(٤) . وهناك نوعين من جزيئات العازل هما الجزيئات القطبية واللاقطبية وإن تسليط مجال كهربائي على الجزيئات القطبية يجعلها تتأثر بعزم إزدواج يقوم بتدوير ثنائي القطب بإتجاه شدة المجال الكهربائي وهذا المجال يعمل على زيادة قيمة عزم ثنائي القطب . وبالنسبة للجزيئات اللاقطبية فعند تسليط مجال كهربائي عليها فيظهر دايبول محتث وعزمه حاصل ضرب أحد الشحنتين في المسافة بينهما . كما وإن قوى الربط الداخلي تحاول إعادة الشحنات الى مواضع استقرارها وإن هذه القوى تختلف بين جزيئة واخرى ولهذا يكون هنالك اختلاف في عزوم الدايبولات^(٥) .

في المواد السيراميكية يوجد نوع آخر من الأستقطابية وهي الأستقطابية البيئية الناشئة بسبب عيوب التشكيل أو الفراغات الموجودة في الجسم السيراميكي او من عدم التجانس في المادة بسبب الأطوار المنفصلة للجسم السيراميكي أو الشوائب وكل هذا يعمل على إعاقة حركة الشحنات الحرة المكونة دايبولات إضافية^(٦) .

عندما نسلط مجال كهربائي على اي مادة فإن التبدد في الطاقة يكون على شكل حرارة ، فالموصلات والعوازل تشترك في هذا النوع من التبدد وبنفس العلاقة التي تمثل مقدار الطاقة المفقودة لوحدة الزمن ، ولكن في العوازل يكون التبدد في القدرة متغيرا معتمدا على تردد فولتية المصدر وعلى نوع وشكل المادة العازلة ، هذا الضياع في القدرة يعرف بالفقدان العزلي ، وهو يصف الضياع تحت تأثير أي فولتية متغيرة على العازل أي الضياع الحاصل بسبب تأثير الفولتية المتناوبة^(٧) . كما يتأثر الفقدان العزلي والسماحية بالتردد ودرجة الحرارة والرطوبة .

$$\epsilon_i = d / (A \epsilon_0 R \omega) \dots\dots\dots(13)$$

$$\tan \delta = \epsilon_i / \epsilon_r \dots\dots\dots(14)$$

حيث إن : (ϵ_i) ثابت العزل الخيالي أو عامل الفقد

(R) المقاومة (Ω)

(ω) التردد الزاوي (Hz)

($\tan \delta$) ظل زاوية الفقد

من الصفات المهمة التي يجب مراعاتها عند إختيار العازل هي مدى تحمل العازل للأجهادات الكهربائية دون الأنهييار ، ونقصد بالأنهييار هو فقدان العازل لخاصية العزل وتحوله الى موصل . ويسمى اقصى حد من المجال الكهربائي المسلط على العازل دون حدوث الأنهييار بمتانة العزل ^(٨) . وتحسب متانة العازل من العلاقة :

$$E_{br} = V_{br} / d \dots\dots\dots(15)$$

حيث إن : E_{br} متانة العازل بدلالة المجال الكهربائي (volt / mm) او (kvolt / m)

V_{br} فرق الجهد المسلط الذي ينهار عنده العازل (volt) أو (kvolt)

d سمك العازل (m) أو (mm)

تعتمد متانة العازل على العديد من العوامل ، منها مايتعلق بتركيب العازل مثل التركيب البلوري والعيوب والشوائب الموجودة فيها وعدد الالكترونات ، ومنها عوامل خارجية مثل شكل الأقطاب التي تستخدم في تسليط الجهد الكهربائي وطبيعة السطح الخارجي وظروف القياس من درجة حرارة ورطوبة وتردد المصدر والفترة الزمنية عند تطبيق الفولتية على العازل . كما إن هنالك نوعين من الأنهييار في العوازل هما الأنهييار الكهربائي والأنهييار الكهروحراري ويحدث الأول بسبب تأثير المجال الكهربائي كما وتؤثر فيه بعض العوامل الأخرى كالحرارة والتأثيرات الكيميائية، أما الثاني فيرتبط بعملية فقدان العزلي في العازل مباشرة وعلى شكل حرارة بتأثير المجال الكهربائي ^(٤-٦) .

الجانب العملي

إن النماذج البورسلينية المستخدمة في هذا البحث مصنوعة من كاؤولين دويخله ، رمل زجاج أرضمة وفلدسبار البوتاسيوم ووينسب مبينة في الجدول رقم (١) مشكلة بطريقة الكيس شبه الجاف وبزمن كبس (1 min) وملبدة بدرجات حرارة تليد $^{\circ}C(1250,1300,1350)$ وبزمن إنضاج (2 hr) وسرعة أرتفاع درجة الحرارة $(2^{\circ}C/min)$ وسرعة هبوط $(5^{\circ}C/min)$. كما ويوضح الجدول رقم (٢) الخواص الفيزيائية لهذه النماذج ^(٩) .

تم إستخدام نماذج خاصة بالقياسات الكهربائية وهي عبارة عن أقراص يتراوح سمكها (3-2.6)mm وذلك لزيادة السعة ولكي نحصل على نتائج اكثر دقة . تم طلي سطحي كل عينة من النماذج البورسلينية المستخدمة بمادة الفضة بشكل دائري وبمساحة (1 cm^2) ، بعد ذلك وضع النموذج داخل خلية مغلقة ومعزولة عن المحيط الخارجي وتتالف من قطبين لتوصيل طرفي المتسعة مع أقطاب الجهاز ، ويقوم الجهاز بتسجيل السعة والمقاومة والتيار وفرق الجهد المسلط وظل زاوية الفقد ، ومن خلال تطبيق العلاقات (٩ ، ١٣ ، ١٤) تم حساب كل من ثابت العزل وعامل الفقد واستخدمت الترددات (1 kHz – 1 MHz) واستخدمت درجة حرارة الغرفة (R.T.) وكما هو موضح في الجدولين (٣) و (٤) .

اما بالنسبة لقياس متانة العزل الكهربائي فقد تم استخدام تردد (50 Hz) وفولتية تصل الى (300 kv) ولفس النماذج المستخدمة في قياس ثابت العزل الكهربائي والفقدان العزلي ، حيث تم القياس بوضع النماذج في زيت نقي خاص وهو المستخدم في المحولات الكهربائية وذو متانة كهربائية (35 kv / mm / min) وهو زيت عازل ويستخدم للسيطرة على عملية انتقال الحرارة العرضي ^(١٠) ، كما ان هذا الزيت ذو درجة توهج عالية . واستخدمت أقطاب من الألمنيوم ، وكان معدل زيادة الفولتية هو (500 v / sec) ^(١١) ، وذلك لضمان عدم حدوث أنهيار كهربائي مفاجيء ، كما أنه تم مراعاة عدم إستخدام معدل زمني طويل لقياس الانهييار وذلك لكي لا يحصل انهيار كهروحراري نتيجة الحرارة المتولدة بسبب تيارات التسرب . واعيدت العملية لاربعة درجات حرارة مختلفة وهي (60 , R.T.)

$100, 150$ °C ، وبتطبيق العلاقة (١٥) تم حساب متانة العزل الكهربائي للنماذج البورسلينية ، وكما هو موضح في الجدول رقم (٤).

مناقشة النتائج والاستنتاجات

لاحظنا في هذا البحث تغير الخواص الكهربائية مع تغير ظروف القياس وظروف تشكيل الجسم البورسليني . حيث نلاحظ من الجدول رقم (٣) والأشكال (١-٦) انخفاض قيمة ثابت العزل الكهربائي مع زيادة تردد القياس ويعزى هذا الانخفاض الى استقطاب الشحنات الفراغية وهذا يحدث غالبا عند الترددات الواطئة ولكن زيادة تردد القياس يقلل من تأثير الاستقطابية حيث نلاحظ ثبوت نسبي لثابت العزل الكهربائي عند الترددات العالية وهذا يعني توقف تأثير الشحنات الفراغية (٤) .

كما ونلاحظ في الأشكال (١،٣،٥) اختلافا عن الأشكال (٢،٤،٦) في قيمة ثابت العزل الكهربائي ولاي تردد وهذا سببه صغر الحجم الدقائقي لمادة فلديسبار البوتاسيوم للمجموعات (B,D,F) والتي انصهرت اثناء عملية التليد بشكل افضل مما هي عليه للمجموعات (A,C,E) ذات الحجم الدقائقي الاكبر للفديسبار حيث ان الفديسبار يحتوي على أيونات المعادن القلوية (Na^+,K^+) والتي تقلل من قابلية المادة على العزل الكهربائي . كما ان زيادة نسبة تكون طور الميولايت في الجسم البورسليني يزيد من ثابت العزل الكهربائي حيث يعمل الميولايت على تقارب حبيبات الجسم البورسليني مما يؤدي الى انخفاض نسبة المسام في الجسم البورسليني اي عدم تكون شحنات فراغية على اطراف المسام (٢).

أما بالنسبة لخاصية عامل الفقد فنلاحظ في الأشكال (٧،٨،٩،١١) ارتفاع قيمة عامل الفقد مع ارتفاع النسبة المئوية للمسامية الظاهرية للجسم البورسليني ، حيث ان عامل الفقد يتاثر بشكل كبير بمقدار الاطوار المختلفة التي تتكون داخل الجسم البورسليني وذلك لان الشحنات الحرة الحركة تتباطأ حركتها عند وصولها الى حدود هذه الاطوار وتقف عند تلك الحدود مكونة ثنائيات تعمل عمل متسعة وهذا ما يؤدي الى تقليل التوصيلية في الجسم البورسليني . أما في الشكلين (١٠،١٢) فنلاحظ انخفاض عامل الفقد عند زيادة المسامية الظاهرية ولكن يعود للارتفاع عند ارتفاع المسامية الظاهرية للجسم البورسليني ويعود هذا الى نسبة الفديسبار الكبيرة في العينة (D) والذي يسبب زيادة التوصيل في الجسم البورسليني بسبب المعادن القلوية ، اما بالنسبة للعينة (F) فسبب هذا السلوك عدم تكون طور الميولايت بمقدار كافي ليزيد من قابلية المادة على العزل (٢،١٢).

اما بالنسبة الى خاصية متانة العزل الكهربائي فنلاحظ من الأشكال (١٣-١٨) ان سمك العازل يتناسب طرديا مع فولتية انهيار العازل كما وان درجة حرارة الاختبار تتناسب عكسيا مع فولتية انهيار العازل ، ويعود السبب الى ان مسام الجسم البورسليني تضعف قابليته على تحمل العزل للفولتيات العالية بسبب تكون مجالات كهربائية داخلها. كما ان طور الميولايت يزيد من قوة ومتانة الجسم البورسليني وذلك لوجود الاواصر بين الحبيبات مكونة اطوار ذات مواصفات عزلية جيدة (١١). كما ان زيادة درجة حرارة الاختبار تقلل من فولتية انهيار العازل وذلك لوجود الانهيار الكهروحراري والذي يقلل من قابلية تحمل الجسم البورسليني للفولتيات العالية . كما وتتناقص متانة العزل للجسم البورسليني عند تزايد فقدان العزلي وذلك لوجود تيارات التسرب (٣).

المصادر

1. M.Cohen & F.H.Norton , 1964 , " Physical Ceramic for Engineers " , by Addison – Wesley Publishing Company , P. 3-9.

2. Allison, J.,1971, " Electronic Engineering Materials and Devices ",Mc Graw- hill , London, P.149-168.
3. Reitz , J. R., 1979 " Foundation of Electromagnetic Theory ",3rd ed., Addison – Wesley, Pub com. Inc.(U.S.A.). P.75-113.
4. Tareev, B.,1979, " Physics of Dielectric Materials ", Mir Publishers, Moscow, P.106-189.
5. Sears, F. W., 1951, " Electricity and Magnetism ", Addison – Wesley, London, P.170-194.
6. Pampuch, R. , 1976 , " Ceramic Materials : An Introduction to their Properties " , Elsevier scientific Pub. Comp. , Ameterdam, P.263-296.
٧. الجبوري ، شهاب أحمد زيدان ، ١٩٩٥ " تحضير العوازل الكهربائية من الكاولين العراقي " رسالة ماجستير ، جامعة بغداد / كلية التربية - ابن الهيثم.
8. Van Valck, L. H., 1982," Materials for Engineering : Concepts and Applications ",Addison- Wesley. Pub, Com. Inc., (U.S.A.), P.410-418.
٩. الربيعي ، محمد قاسم سلمان بسام ، ٢٠٠٣ ، " تأثير الحجم الحبيبي لمادة فلدسبار البوتاسيوم على الخواص الفيزيائية للبورسلين عالي الصهر " ، رسالة ماجستير ، جامعة بغداد / كلية التربية - ابن الهيثم.
10. Coelho, R.,1979 " Physics of Dielectrics : For The Engineer " , Vol. 1, Elsevier,NewYork, P.2-161.
11. Hong, Y., 1994 , " Effect of Firing Atmosphere on the Properties of Electrical Porcelain " , International Ceramic Review, Vol. 43, No. 4, P. 268-269.
12. A. Nikolaev & others , 2007, " Surface Resistivity Tailoring of Ceramic Insulators for Ion Microprobe Application " , Surface & Coatings Technology , 201, P.8120-8122.

جدول (١): نسب الخلط المستخدمة في تحضير النماذج البورسلينية ومعدل الحجم الحبيبي ودرجات حرارة التلبيد^(٩).

رمز العينة	درجة حرارة التلبيد °C	نسب خلط المواد الأولية					
		كاولين دويخلة		رمل زجاج أرضية		فلدسبار البوتاسيوم	
		النسبة الوزنية %	معدل الحجم الدقائقى µm	النسبة الوزنية %	معدل الحجم الدقائقى µm	النسبة الوزنية %	معدل الحجم الدقائقى µm
A1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	٦,٤٨٣
B1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	١,٤٣٧
C1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	٦,٤٨٣
D1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	١,٤٣٧
E1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	٦,٤٨٣
F1	١٢٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	١,٤٣٧
A2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	٦,٤٨٣
B2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	١,٤٣٧
C2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	٦,٤٨٣
D2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	١,٤٣٧
E2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	٦,٤٨٣
F2	١٣٠٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	١,٤٣٧
A3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	٦,٤٨٣
B3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٦	٤,٩١٧	٣٣	١,٤٣٧
C3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	٦,٤٨٣

D3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٢٠	٤,٩١٧	٣٩	١,٤٣٧
E3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	٦,٤٨٣
F3	١٣٥٠	٤١	٧,٠٤٦	٣٣	٤,٩١٧	٢٦	١,٤٣٧

جدول (٢): بعض الخواص الفيزيائية للنماذج البورسلينية المستخدمة في البحث^(٩).

رمز العينة	الكثافة الحجمية g/cm ³ B.D.	المسامية الظاهرية A.P. %	إمتصاصية الماء W.A. %
A1	١,٨٧	٢٨,٥	١٥,٢١
B1	٢,٤	٠,٧٨	٠,٣٢
C1	١,٩٨	٢٤,١٣	١٢,١٨
D1	٢,٤	١,١٤	٠,٤٧
E1	١,٨٥	٢٩,٦٨	١٦,٠٥
F1	٢,٤٢	٠,٣٣	٠,١٣
A2	١,٩٢	٢٤,٠٥	١٢,٥١
B2	٢,٤١	٠,٦٢	٠,٢٦
C2	٢,٠١	٢٠,٤٨	١٠,١٧
D2	٢,٤٣	٠,٠٩	٠,٠٣
E2	١,٨٨	٢٦,٦٥	١٤,١٤
F2	٢,٤٢	٠,٠٧	٠,٠٣
A3	٢,١	١١,٢٣	٢,٣٦
B3	٢,٠٥	٠,١٨	٠,٠٩
C3	٢,١٨	٨,٦٤	٣,٩٧
D3	٢,٠٩	٠,٢٢	٠,١١
E3	٢,٠٦	١٠,٣٦	٥,٠٣
F3	٢,٠٣	٠,١٥	٠,٠٧

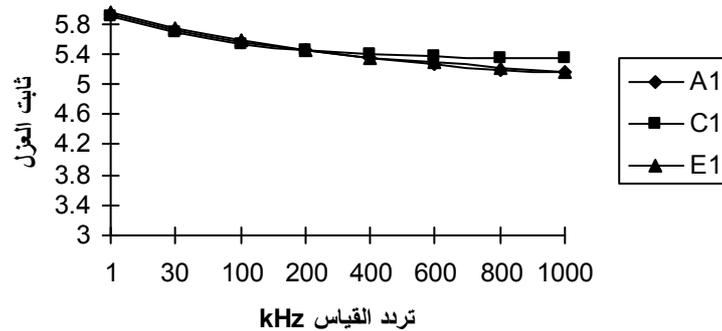
جدول (٣): قيم ثابت العزل الكهربائي لترددات مختلفة وبدرجة حرارة الغرفة.

تردد القياس رمز العينة	ثابت العزل الكهربائي ϵ_r بدرجة حرارة الغرفة (R.T.)							
	1 kHz	30 kHz	100 kHz	200 kHz	400 kHz	600 kHz	800 kHz	1 MHz
A1	٥,٩٣	٥,٧٢	٥,٥٥٨	٥,٤٣٩	٥,٣٣٤	٥,٢٦٤	٥,١٩٦	٥,١٥٩
C1	٥,٨٨٥	٥,٦٨٩	٥,٥٣٤	٥,٤٤٦	٥,٣٨٢	٥,٣٥٧	٥,٣٣٩	٥,٣٣١
E1	٥,٩٤	٥,٧٣٢	٥,٥٦٧	٥,٤٤٦	٥,٣٤٢	٥,٢٧٨	٥,٢١٤	٥,١٦٨
B1	٤,٨٦١	٤,٦٦٩	٤,٥٢٥	٤,٤٣٥	٤,٣٥٨	٤,٣٠٧	٤,٢٨٦	٤,٢٧٢
D1	٤,٩٧٥	٤,٧٧٧	٤,٦٣٤	٤,٥٢١	٤,٤٢٥	٤,٣٤٩	٤,٣٠٧	٤,٢٩
F1	٤,١٨٧	٣,٨٩٢	٣,٨٢٤	٣,٧٠٨	٣,٦٢٥	٣,٦٥٤	٣,٥٢٦	٣,٥١١
A2	٥,٨٦٥	٥,٦٦٩	٥,٥١٤	٥,٤٢٦	٥,٣٦٢	٥,٣٣٧	٥,٣٢١	٥,٣١٩
C2	٥,٨١	٥,٦٣	٥,٤٥	٥,٢٩٤	٥,١٩٨	٥,١٦٧	٥,١٤٣	٥,١٣٧
E2	٥,٩	٥,٧٠٤	٥,٥٤٩	٥,٤٦١	٥,٣٩٧	٥,٣٦٢	٥,٣٤٩	٥,٣٤٦
B2	٤,٨٠٣	٤,٦٠٢	٤,٤٥٨	٤,٣٦١	٤,٣٠٤	٤,٢٧٩	٤,٢٦٣	٤,٢٥٧
D2	٣,٦٥٣	٣,٤٥١	٣,٣٠٥	٣,١٨٧	٣,١١٤	٣,٠٨٢	٣,٠٨١	٣,٠٨١
F2	٣,٥٧٥	٣,٣٥٨	٣,٢٣١	٣,١٢٤	٣,٠٦٢	٣,٠٢١	٣,٠٢٢	٣,٠٢١

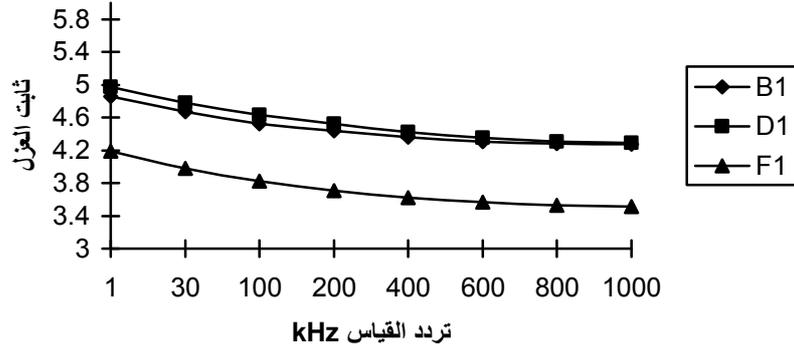
A3	٥,٦٦٥	٥,٤٦٤	٥,٣١٨	٥,٢١٦	٥,١٥٤	٥,١٢٩	٥,١٠٤	٥,٠٩٦
C3	٥,٤٧٥	٥,٢٧٦	٥,١٤٦	٥,٠٧٣	٥,٠٤٦	٥,٠٢٩	٥,٠٢٨	٥,٠٢٨
E3	٥,٥٥٥	٥,٣٦٤	٥,٢١	٥,١٤٢	٥,١٠٥	٥,٠٨٤	٥,٠٨٣	٥,٠٨٢
B3	٣,٩٤٤	٣,٧٢٣	٣,٥٠٤	٣,٣٣٦	٣,٢١٣	٣,١٥٢	٣,٠٩٧	٣,٠٩٢
D3	٣,٩٤٩	٣,٧٥	٣,٦٠٥	٣,٥٠٩	٣,٤٤٣	٣,٤١٩	٣,٣٩٦	٣,٣٨١
F3	٣,٧٧٦	٣,٥٧٤	٣,٤٣٨	٣,٣٥٢	٣,٢٩٤	٣,٢٦٥	٣,٢٥٨	٣,٢٤٩

جدول (٤): قيم ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد وظل زاوية الفقد لتردد قياس (200 kHz) وبدرجة حرارة الغرفة ، مع فولتية أنهيار كل عينة وبدرجات حرارة أختبار مختلفة .

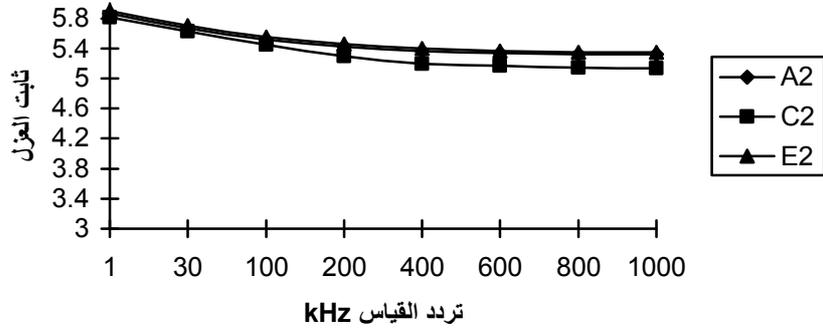
رمز العينة	ثابت العزل ϵ_r بتردد 200 kHz	ثابت العزل الخيالي (عامل الفقد) ϵ_i	ظل زاوية الفقد $\tan \delta$	سمك العينة mm	فولتية الانهيار V_{br} (kv)			
					R.T.	60 °C	100 °C	150 °C
A1	٥,٤٣٩	٠,٦٦٧	٠,١٢٣	٢,٩	١٤,٩٩	١٤,٥٩	١٤,٢٨	١٤,٠٣
C1	٥,٤٤٦	٠,٦٣١	٠,١١٦	٢,٨٥	١٦,٢١	١٥,٨١	١٥,٥	١٥,٢٥
E1	٥,٤٤٦	٠,٧٠١	٠,١٢٩	٢,٩	١٥,٠٣	١٤,٦٣	١٤,٣٢	١٤,٠٧
B1	٤,٤٣٥	٠,٣٧٦	٠,٠٨٥	٢,٧٥	١٧,٨٩	١٧,٤٩	١٧,١٨	١٦,٩٣
D1	٤,٥٢١	٠,٤١٨	٠,٠٩٢	٢,٧٥	١٨,١٣	١٧,٧٣	١٧,٤٢	١٧,١٧
F1	٣,٧٠٨	٠,٣	٠,٠٨١	٢,٧	١٩,١٢	١٨,٧٢	١٨,٤١	١٨,١٦
A2	٥,٤٢٦	٠,٦٠٢	٠,١١١	٢,٨٥	١٦,١٨	١٦,٧٨	١٦,٤٧	١٦,٢٢
C2	٥,٢٩٤	٠,٥٧٣	٠,١٠٨	٢,٧٥	١٨,٢٢	١٧,٨٢	١٧,٥١	١٧,٢٦
E2	٥,٤٦١	٠,٦٥٨	٠,١٢٠	٢,٨	١٧,٠٨	١٦,٦٨	١٦,٣٧	١٦,١٢
B2	٤,٣٦١	٠,٣٣٩	٠,٠٧٨	٢,٧	١٨,٨٦	١٨,٤٦	١٨,١٥	١٧,٩
D2	٣,١٨٧	٠,١١٢	٠,٠٣٥	٢,٦	٢١,١٦	٢٠,٧٦	٢٠,٤٥	٢٠,٢٠
F2	٣,١٢٤	٠,٥٣	٠,١٦٩	٢,٦٥	٢٠,٢٣	١٩,٨٣	١٩,٥٢	١٩,٢٧
A3	٥,٢١٦	٠,٥٣٦	٠,١٠٣	٢,٦٥	٢٠,٠٩	١٩,٦٩	١٩,٣٨	١٩,١٣
C3	٥,٠٧٣	٠,٤٥٧	٠,٠٩	٢,٦	٢١,٠٤	٢٠,٦٤	٢٠,٣٣	٢٠,٠٨
E3	٥,١٤٢	٠,٤٩٢	٠,٠٩٦	٢,٧٥	١٧,٩٦	١٧,٥٦	١٧,٢٥	١٧
B3	٣,٣٣٦	٠,٢٣٢	٠,٠٦٩	٢,٦٥	٢٠,١٧	١٩,٧٧	١٩,٤٦	١٩,٢١
D3	٣,٥٠٩	٠,٢٦٥	٠,٠٧٦	٢,٧٥	١٨,٠٢	١٧,٦٢	١٧,٣١	١٧,٠٦
F3	٣,٣٥٢	٠,١٧٦	٠,٠٥٢	٢,٩٥	١٤,٣١	١٣,٩١	١٣,٦٠	١٣,٣٥



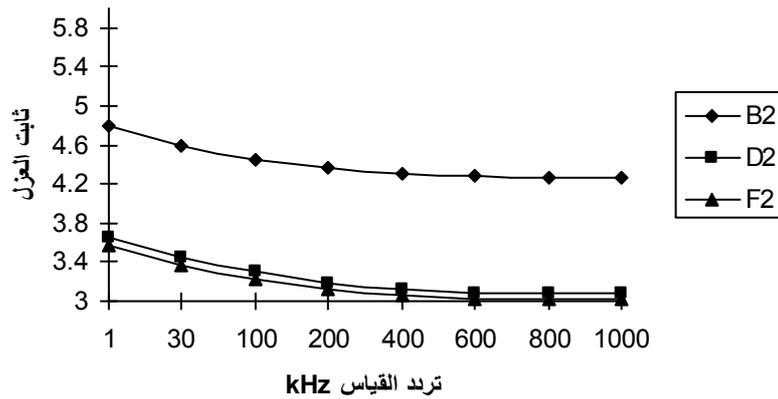
شكل (١): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (A1, C1, E1) وبدرجة حرارة الغرفة R.T.



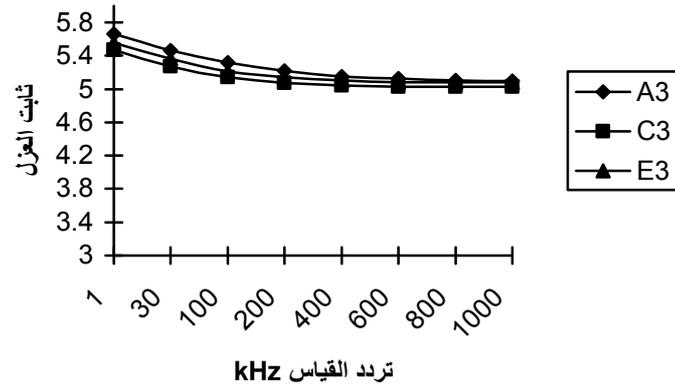
شكل (٢): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (B1,D1,F1) وبدرجة حرارة الغرفة R.T.



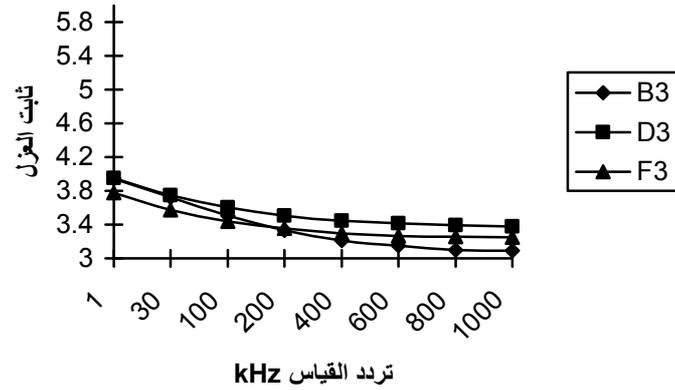
شكل (٣): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (A2,C2,E2) وبدرجة حرارة الغرفة R.T.



شكل (٤): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (B2,D2,F2) وبدرجة حرارة الغرفة R.T.

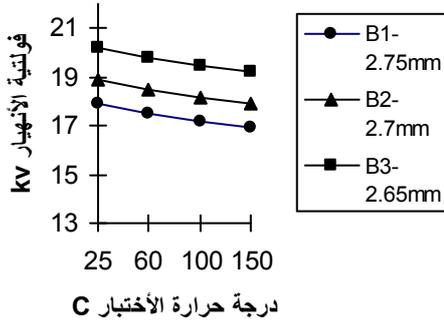


شكل (٥): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (A3,C3,E3) وبدرجة حرارة الغرفة .R.T.

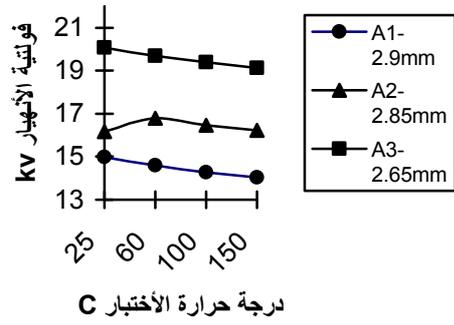


شكل (٦): العلاقة بين التردد وثابت العزل الكهربائي للمجموعات (B3,D3,F3) وبدرجة حرارة الغرفة .R.T.

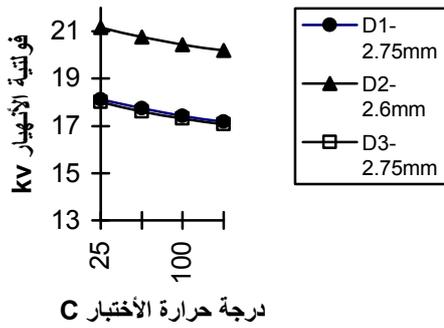
<p>شكل (٨): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة B.</p>	<p>شكل (٧): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة A.</p>
<p>شكل (١٠): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة D.</p>	<p>شكل (٩): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة C.</p>
<p>شكل (١٢): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة F.</p>	<p>شكل (١١): علاقة عامل الفقد مع المسامية الظاهرية للمجموعة E.</p>



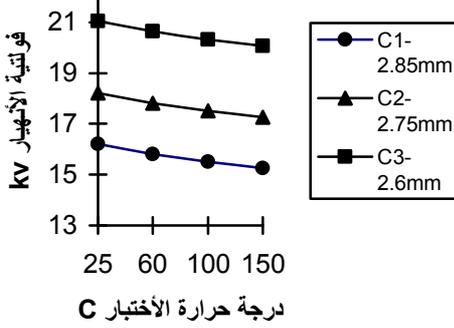
شكل (١٤): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة B.



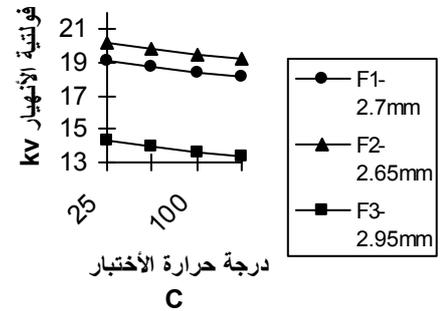
شكل (١٣): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة A.



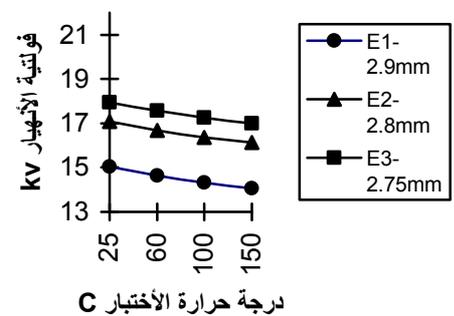
شكل (١٦): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة D.



شكل (١٥): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة C.



شكل (١٨): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة F.



شكل (١٧): علاقة درجة حرارة الأختبار وسمك العازل مع فولتية الأنهييار للمجموعة E.

STUDY OF ELECTRICAL PROPERTIES OF HIGH FUSING PORCELAIN PREPARED FROM IRAQI RAW MATERIALS

Mohammed Kasim Salman

Engineering College , Diyala University

ABSTRACT:- In this research study some electrical properties of porcelain bodies prepared from Iraqi raw materials, where the observed changes in these properties change the conditions of the formation of the porcelain body and conditions of measuring these properties, the same conditions that are likely to have been the separation during the currency of an electrical insulator. And found that the dielectric constant decreases the increased frequency of measurement and drop the smaller-sized granular material to potash feldspar. Also found that the loss factor of the body increases with increasing porosity of porcelain body, and dielectric strength of porcelain insulator less with increasing temperature and increases with increasing the thickness of the insulator.