

The Effect Of $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ Doping Percentage On Electrical And Dielectric Properties Of PVA Membranes

Dr.Khitam Kanjarawi*

(Received 17 / 9 / 2017. Accepted 7 / 11 / 2017)

□ ABSTRACT □

A solution of PVA (Poly Vinyl Alcohol) was doped with Hydro-Zinc Acetate ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) with a weight percentage of (0,10,15)% at laboratory temperature and Standard Pressure with Casting Method, using an LCR device with a frequency range of [12Hz \rightarrow 100KHz]. The capacitance C and the loss factor D were measured, the rest of the electrical values such as the complex dielectric constant ϵ^* (Which consists of a real part ϵ' and an imaginary part ϵ''), and alternating electrical conductivity σ_{ac} were calculated.

The study has demonstrated that increasing the Hydro-Zinc Acetate doping percentage had noticeably affected the electrical values (C,D, ϵ' , ϵ'' , σ_{ac} , etc..) improving the dielectric Properties of PVA Polymers, Increasing the values of (C,Q, ϵ' , ϵ'' , σ_{ac}) while decreasing the values of (D, R_{ES}).

Keywords: Thin Membranes, PVA, Dielectric Properties, Loss Factor D, Quality Factor Q, Dielectric Constant ϵ' Alternating Electrical Conductivity σ_{ac} .

* Associate Professor-Basic Science Department- Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering-Tishreen University.

تأثير نسبة الاشابة بـ $Zn(CH_3COO)_2, 2H_2O$ على الخصائص العزلية والكهربائية لأغشية PVA

الدكتورة ختام قنجاوي*

(تاريخ الإيداع 17 / 9 / 2017. قُبل للنشر في 7 / 11 / 2017)

□ ملخص □

تمت اشابة محلول من بولي فينيل الكحول (Poly Vinyl Alcohol)PVA بخلات الزنك المائية $Zn(CH_3COO)_2, 2H_2O$ (Hydro-Zinc Acetate) بالنسب الوزنية wt(0,10,15)% في درجة حرارة المختبر والضغط الجوي النظامي بطريقة الصب (Casting Method). وباستخدام جهاز LCR على المجال الترددي $[12Hz \rightarrow 100KHz]$ تم قياس سعة المكثفة C(Capacitance) ومعامل الفقد D(Loss Factor)، ومن ثم تم حساب بقية المقادير الكهربائية كثابت العزل الكهربائي العقدي ϵ^* (Complex Dielectric Constant) بجزأيه الحقيقي ϵ' (Real Part)، والتخيلي ϵ'' (Imaginary Part)، والناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} (AC Electrical Conductivity).

بينت الدراسة أن زيادة نسب الاشابة بخلات الزنك المائية تؤثر بشكل ملحوظ على قيم كل من المقادير الكهربائية التالية ($C, D, \epsilon', \epsilon'', \sigma_{ac}, \text{etc...}$)، وتحسن بشكل واضح في الخصائص العزلية لبوليمير PVA. حيث ازداد تقسيم كل من ($C, Q, \epsilon', \epsilon'', \sigma_{ac}$) وتناقصت قيم كل من (D, R_{ES}). بازدياد نسبة الاشابة.

الكلمات المفتاحية: الأغشية الرقيقة، PVA، الخصائص العزلية، معامل الفقد D، معامل الجودة Q، ثابت العزل الكهربائي ϵ' ، الناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} .

* أستاذ مساعد - قسم العلوم الأساسية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة:

يعزى تطور العلم والتكنولوجيا في العشرين سنة الأخيرة إلى عدة عوامل من أهمها، تطور علم النانو تكنولوجي (Nanotechnology)، وكذلك إلى دخول البوليمرات بشكل كبير إلى عالم العلوم الدقيقة والالكترونيات والترانزستورات والدوائر المتكاملة والبواعث الضوئية الثنائية (LEDs)، والاتصالات، إلخ..... والتي تتميز بالتكيف مع الشكل المطلوب والمرونة والتكلفة الزهيدة في التصنيع، والسهولة في الانتاج، حيث أن صناعة البوليمرات لا تحتاج إلى عمليات تكميلية معقدة أو إلى مصانع كبيرة الحجم والتكلفة [1]، لذلك تعقد الآمال في أيامنا هذه على أن البوليمرات سوف تحل بعض المشاكل العلمية والتكنولوجية السابقة والحالية، والتي يمكن أن تظهر فيما بعد. حيث أن هذه البوليمراتستضيف وظائف جديدة لأنظمة ودارات الإلكترونيات الدقيقة يستعاض بها عن كثير من مساهمات بعض أنصاف النواقل المعروفة كالسيليكون (Si)، وغيره في هذه المجالات، ومن المنتظر أن يظهر قريباً فرع جديد من العلوم التطبيقية يسمى بوليترونيك (Polytronic)، يغطي مساحات كبيرة من تطبيقات التكنولوجيا الواعدة ومنتجاتها والتي سيكون أساسها البوليمرات [1]. بالتوازي مع هذا التطور هناك آفاق جديدة تعقد على مشاركة أنواع جديدة من البوليمرات الحيوية الصديقة للبيئة كالبوليمرات المأخوذة من نشاء البطاطا والقمح والذرة وحمض اللبن [2](LAC) في ذات المجالات البحثية والتكنولوجية . وبما أن البوليمرات هي عوازل جيدة بشكل عام[3]، لذلك فهي تستخدم في صناعة الأسلاك والكابلات ولوحات الدارات المطبوعة[4]، فإذا كانت المادة العازلة ذات ثابت عزل كهربائي منخفض يفضل استخدامها في صناعة الكابلات المحورية في الاتصالات للتقليل ما أمكن من تواجد الشحنات بكثافة على سطح الناقل وعدم تسربها[4]، بينما يفضل استخدام المادة العازلة ذات ثابت العزل الكهربائي العالي في صناعة المكثفات [4]. بيدي بولي فينيل الكحول (PVA) ذو السلسلة الهيدروكربونية الطويلة مقاومة نوعية عالية للكهرباء من رتبة $10^{15} \Omega cm$ [3] فهو عازل جيد للكهرباء وهو بوليمير قطبي [5] بسبب وجود زمرة (OH) فيه، وينحل في الماء، ويتشكل كأفلام بشكل جيد بالإضافة إلى أنه غير سام[3].

من أهم خصائص المواد العازلة المقداران التاليان [6]:

1. ثابت العزل الكهربائي ϵ' : يسمى أحياناً بالسماحية الكهربائية (Electrical Permittivity) ويرتبطبنوعية الشحنات المقيدة في المادة ويصف كيفية تأثرها وحدود حركتها لدى تطبيق حقل كهربائي خارجي مستمر أومتناوب، ويعرف بأنه مقدار سماحية المادة العازلة لعبور الشحنات خلالها. والعازل المثالي هو الذي يملك ثابت عزل جيد أي ذو قيمة عالية.

2. الاستقطابية الكهربائية α_0 (Electrical Polarization): تتعلق قيمتها بقيمة الاستقطاب \vec{P} الكلي الحاصل على المادة، وبشدة الحقل الكهربائي المطبق \vec{E} ، وهي تصف مدى تحمل المادة العازلة للجهد الكهربائي المطبق عليها، فلكل عازل قابلية محددة في تحمل الجهد الكهربائي، وعند تجاوز هذا الحد ينهار العازل ويصبح ناقلاً للتيار، ويتعلق ذلك بمؤثرات داخلية وخارجية كثير مثل الضغط والحرارة والجهد الكهربائي والإشعاع المؤين وغيرها[6]، كما تعرف α_0 بأنها قابلية المادة للاستجابة للحقل الكهربائي وحدث الاستقطاب.

تقسم المواد العازلة إلى مواد قطبية ومواد غير قطبية، بينما تقسم البوليمرات القطبية إلى مجموعتين تبعاً لسلوكها العازل، الأولى تبدي سلوكاً عازلاً في مجال الترددات المنخفضة، والمجموعة الثانية تظهر عازلاً في مجال الترددات العالية. يصنف (PVA) من المجموعة الأولى، حيث تظهر صفاته العزلية واضحة في مجال الترددات

المنخفضة أي تكون قيم ثابت العزل الكهربائي عالية على مجال الترددات المنخفضة ، ثم ما تلبث أن تتناقص بسرعة كبيرة بازدياد الترددات [3].

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من أهمية دراسة الأغشية والأفلام الرقيقة وتطبيقاتها الواسعة في العلوم والأبحاث والصناعة، ومن أهمية دراسة خصائص المواد العازلة التي تأخذ مكاناً رفيعاً في علوم الإلكترونيات الدقيقة والاتصالات والحوسبة، ودراسة خصائص البوليمرات وتحسينها للحصول على خصائص محددة ومرغوبة، كالجودة وزيادة العمر التشغيلي لها، وكذلك من أهمية الاشابة بعناصر أو مواد كالمعادن أو أملاحها و الصباغ والأكاسيد.... إلخ. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه من الصعوبة بمكان استخدام كثير من البوليمرات منفردة، لأنها تحوي على عيوب تجعل منها غير ممكنة الاستخدام لوحدها كالصلابة المفرطة أو الهشاشة الزائدة أو قابليتها للكسر [3]، لذلك وللتقليل من هذه العيوب يتم مزج البوليمرات أو إضافة مواد أخرى إليها لتشكيل خلطات (Blends) أو مركبات (Composites)، أو اشابتها بنسب قليلة من مواد أخرى،.... إلخ فيعطيها ذلك مواصفات محددة ومرغوبة [3] فمثلاً عند الاشابة بأملاح المعادن، تنتج بوليمرات ذات خصائص جيدة تجمع بين خصائص المواد الناقلة للكهرباء من جهة وخصائص المواد العازلة ،ومن جهة أخرى تؤثر الاشابة على الخصائص البنوية والضوئية والكهربائية والعزلية والمغناطيسية للبوليمير [4].

لذلك يهدف البحث إلى دراسة تأثير زيادة نسب الاشابة لبوليمير (PVA) بخلات الزنك المائية على سلوك وخواص العزل الكهربائي للمركب الناتج كتأثير العزل الكهربائي العقدي ϵ^* بجزأيه الحقيقي ϵ' والتخيلي ϵ'' ، ومعامل الفقد D، ومعامل الجودة Q والناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} ، كما يهدف البحث إلى دراسة تأثير تغيرات التردد F(Hz) ضمن المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$ على بعض الخصائص الكهربائية والعزلية للعينات.

طرائق البحث ومواده:

طريقة البحث:

تم استخدام عملية الاشابة الوزنية، وتحضير العينات باستخدام طريقة الصب في أوعية بتري الزجاجية (Petri Dishes) في درجة حرارة المختبر، والضغط الجوي النظامي.

مواد البحث:

1. بودرة بوليمير (PVA) ذو الصيغة الكيميائية $(C_2H_3OH)_n$ وهو عبارة عن حبيبات بيضاء، الشركة المنتجة (QualiKems India).
2. خلات الزنك المائية ذات الصيغة الكيميائية $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ بشكل بودرة ناعمة، الشركة المنتجة (QualiKems India)، ودرجة نقاوتها 98.5%.
3. ماء تثنائي التقطير (Deionized water).

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. ميزان تحليل بدقة (0,0001gr) من نوع (Satorius) نموذج (TE64) ألماني الصنع.

2. مازج مغناطيسي (Magnetic Stirrer) من النوع (Yellow Line MSH Basic, Temp, and hot) صنع إيطاليا.

3. جهاز (LCR) ألماني الصنع من النوع (GW-Instek LCR-821) عالي الدقة (High Precision)، ذو المجال الترددي $[12\text{Hz} \rightarrow 200\text{KHz}]$ ويقاس مقدارين مجهولين معاً، وفق الخيارات التالية: (C,D), (R,Q), (L,R), (Z,Q), (L,Q), (C,R).

العمل التجريبي:

1. تؤخذ كميات وزنية متساوية من بودرة (PVA) مقدار الكمية الواحدة منها (2gr)، وتحل في ثلاث أنيمايرات منفصلة بكمية مناسبة من ماء ثنائي التقطير بالتحرك على مازج مغناطيسي لمدة (6) ساعات فيتم الحصول على محاليل البوليمير للعينات الثلاث.

2. تؤخذ كميات وزنية من خلاص الزنك المائية تعادل % (10,15)، من وزن البوليمير المستخدم للعيينة الواحدة باستخدام الميزان الدقيق، وتحل كل منها منفصلة في كمية قليلة من الماء ثنائي التقطير لمدة ساعتين فيتم الحصول على محلول الشائبة للعيينة الثانية والثالثة.

3. يضاف محلول الشائبة إلى محلول البوليمير للعيينة الثانية والثالثة، وتترك العينة الأولى لمحلول البوليمير بنسبة إشابة (0%) وتحرك العينتان من جديد على المازج المغناطيسي لمدة (6) ساعات أخرى للحصول على مزيج متجانس.

4. تترك العينات الثلاث لمدة يوم كامل في مكان بعيد عن التيارات الهوائية، وفي اليوم التالي تؤخذ ثلاث كميات حجمية متماثلة كل منها تعادل 10mL تؤخذ بواسطة أسطوانة مدرجة، وتصب في أوعية بتري الزجاجية وتترك لتجف لمدة يومين في فرن درجة حرارته (45°C) .

5. تنزع الأغشية بعناية ثم تدرس متغيرات العزل لها وبعض الخصائص الكهربائية باستخدام جهاز (GW-Instek LCR-821) على المجال الترددي $[12\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$ بعد معايرة الجهاز وفق شروط ابتدائية للعمل على العينات الثلاث ذات نسب الاشابة % (0,10,15)wt على الترتيب والمأخوذة من جهاز (LCR) لكل عينة. كما هو موضح في الجدول (1):

جدول (1): الشروط الابتدائية للعمل للعينات % (0,10,15)wt على الترتيب:

Parameters:		Parameters:		Parameters:	
V	1.00v	V	1.00v	V	1.00v
Int.B.	OFF	Int.B.	OFF	Int.B.	OFF
R.H.	OFF	R.H.	OFF	R.H.	OFF
C.V.	OFF	C.V.	OFF	C.V.	OFF
Speed	Slow	Speed	Slow	Speed	Slow
Display	value	Display	value	Display	value
Mode	C/D	Mode	C/D	Mode	C/D
Circuit	Series	Circuit	Series	Circuit	Series
Average Points	5	Average Points	5	Average Points	5
Sample	PVA	Sample	PVA/Zn(CH ₃ COO) ₂	Sample	PVA/Zn(CH ₃ COO) ₂
Concentration	0%	Concentration	10%	Concentration	15%
Area (m ²)	0.000006	Area (m ²)	0.000006	Area (m ²)	0.000006
Thickness (m)	0.00012	Thickness (m)	0.00022	Thickness (m)	0.00023
ε ₀ (F/m)	8.85E-12	ε ₀ (F/m)	8.85E-12	ε ₀ (F/m)	8.85E-12

تم العمل التجريبي بجميع خطواته في درجة حرارة المختبر وتحت الضغط الجوي النظامي في كلية العلوم والمعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين، وتم اخذ القياسات في هيئة الطاقة الذرية في دمشق.

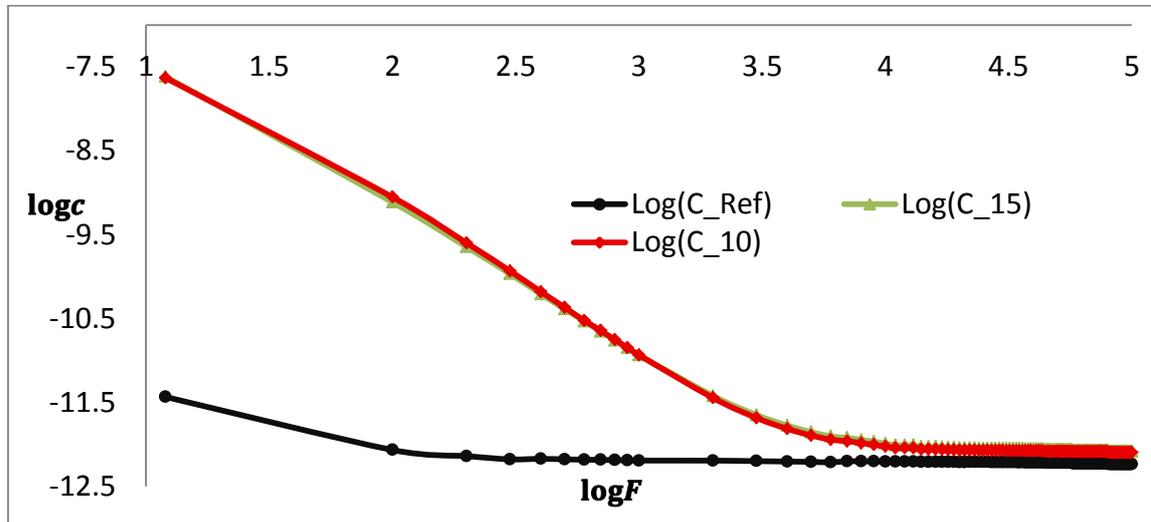
النتائج والمناقشة:

يمكن جهاز (LCR) من قياس مقدارين معاً وفق خيارات ثابتة تمت الإشارة إليها سابقاً. تم اختيار قياس المقدارين (C,D) معاً، على مجال الترددات $[12Hz \rightarrow 100KHz]$ وفق شروط العمل الأولية الخاصة بالجهاز والواردة في الجدول (1)، وفي درجة حرارة المختبر وتحت الضغط الجوي النظامي (1atm)، ومن ثم تم حساب بقية المقادير المدروسة.

تم رسم النتائج على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$ ، بالتدرجات اللوغاريتمية، فتظهر بذلك التغيرات واضحة على مجال الترددات الكلي بما في ذلك على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$ ، كما رسمت عند اللزوم النتائج على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$ حيث تظهر عليه التغيرات وأوضح ما يمكن.

1-أخذت قيم السعة **C** من الجهاز LCR حيث يبين الشكل (1) تغير قيم **Log(C)** بدلالة قيم **Log(F)** العينات

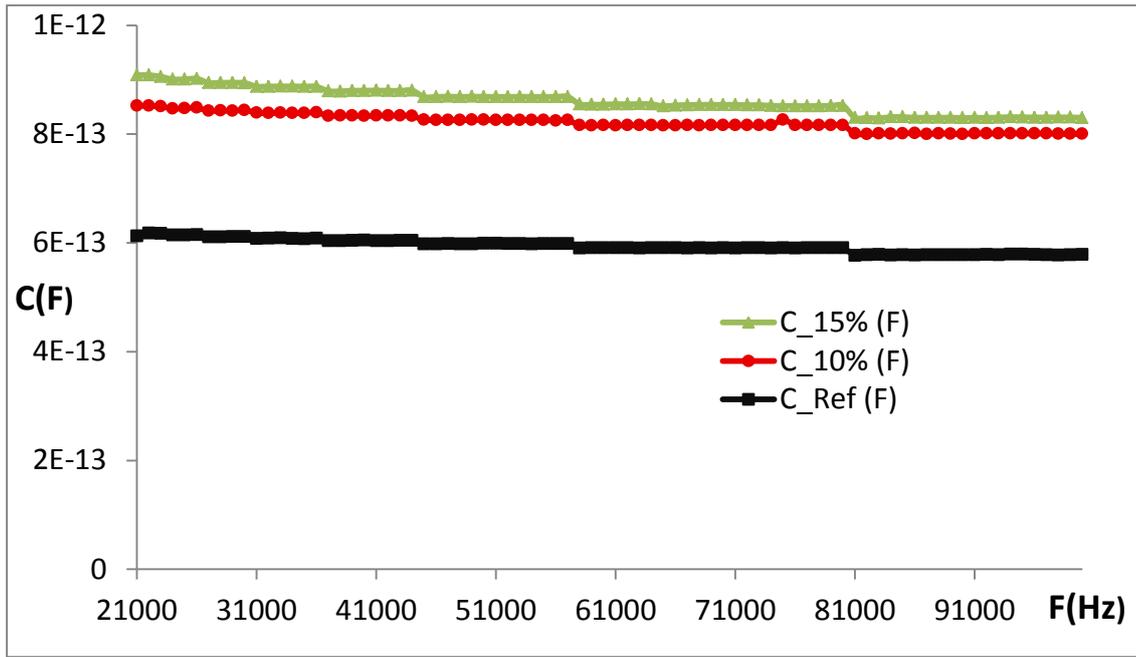
(PVA) المشوبة بخلات الزنك المائبة وفق النسب الوزنية $(0,10,15)\%wt$ على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$:



الشكل (1) تغير قيم **Log(C)** بدلالة قيم **Log(F)** لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائبة وفق النسب الوزنية $(0,10,15)\%wt$ على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$

ويعرض الشكل (2) تغيرات قيم **C(F)** بدلالة **F(Hz)** لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائبة وفق النسب

$(0,10,15)\%wt$ على المجال $[21 \rightarrow 100]KHz$:

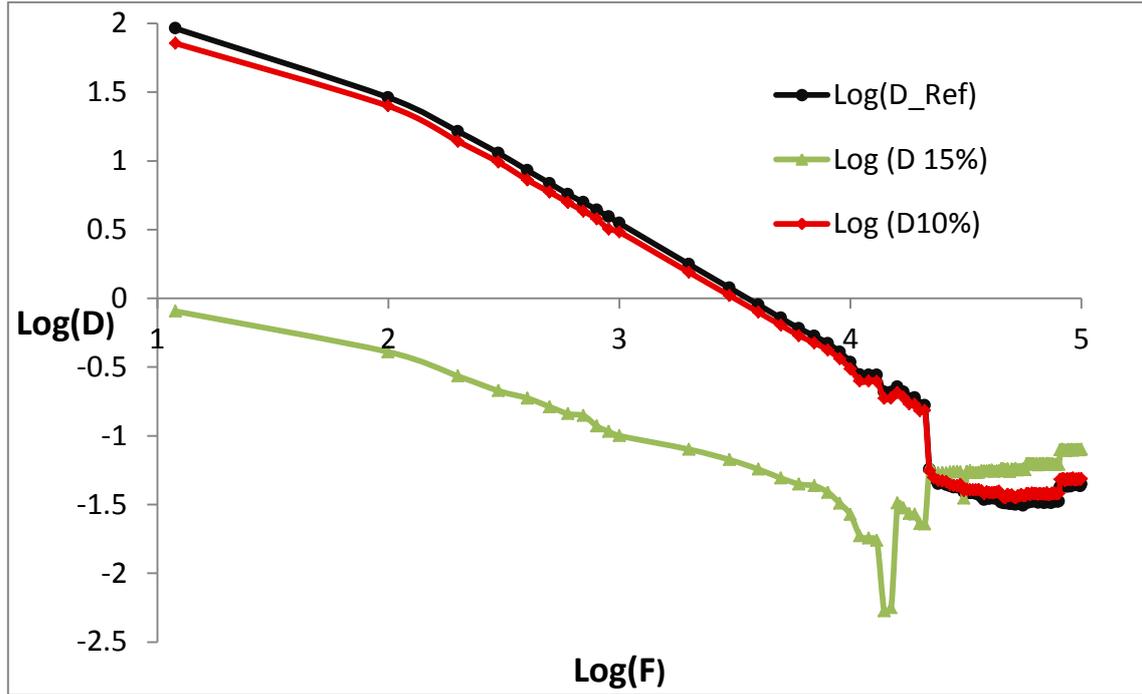


الشكل (2) تغيرات قيم C(F) بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب wt(0,10,15) على المجال [21 → 100]KHz

الشكلان (1)، (2) يبينان أنه بزيادة التردد تتناقص قيم السعة C على كل المجال [12Hz → 100KHz]، لأن ازدياد التردد يعمل على إعاقة ظاهرة الاستقطاب شيئاً فشيئاً، ويصل بالنهاية إلى إيقافها، وبالتالي تتناقص بشكل ملحوظ عدد ثنائيات الأقطاب المنحازة وسعة تخزين الشحنات [3]. كما يوضح الشكلان المذكوران أن زيادة نسبة الاشباه بخلات الزنك المائية وفق النسب wt(10,15) تؤدي إلى زيادة قيم السعة (C) على مجال الترددات [12Hz → 100KHz]، ويفسر ذلك بسبب زيادة محصلة الاستقطاب الجزيئي الناتجة عن زيادة تراكيز الأيونات السالبة والموجبة بفعل الاشباه.

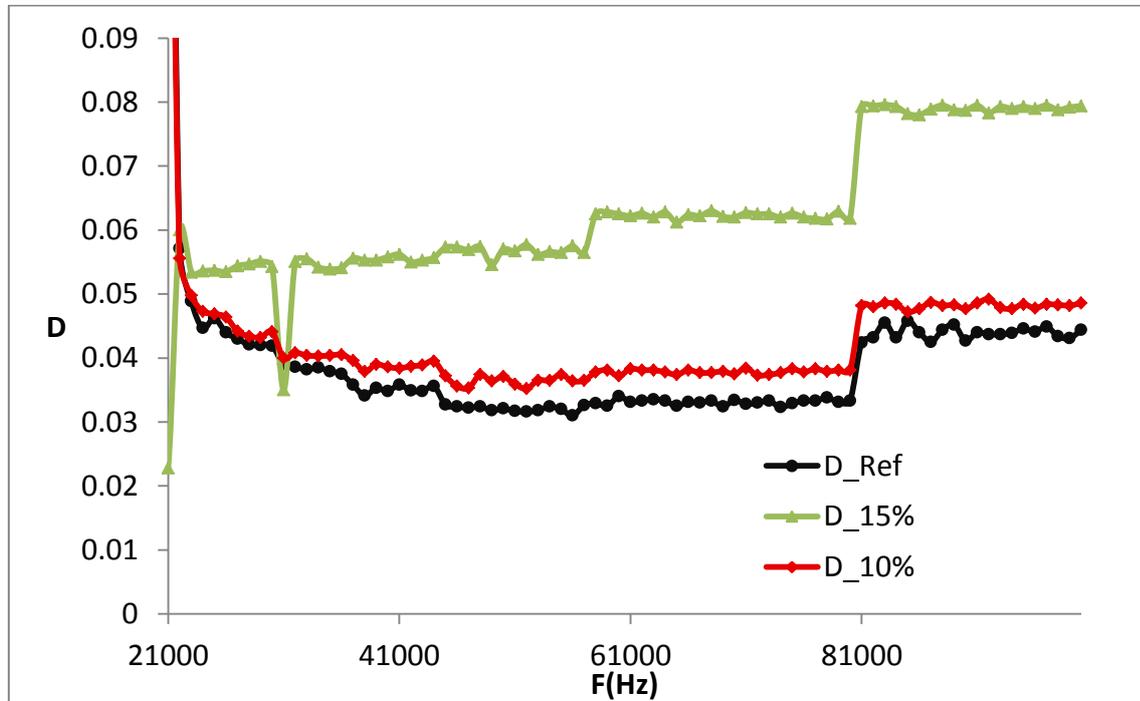
كما يمكن القول أن قطاع الناقلية في المواد العازلة خالٍ تقريباً من الإلكترونات الحرة، ولكن من الممكن أن يحتوي على بعض منها، ولكنها تكون مقيدة الحركة لأنها ستكون واقعة ضمن قطاعات ناقلة مفصولة عن بعضها، ضمن مناطق عازلة خالية تماماً من الإلكترونات، أي لا يمكن أن تتعدى حدود هذه القطاعات، وعلى الرغم من محدودية حركة الإلكترونات، فإن لهذه الحركة المقيدة أهمية بالغة في تحديد خصائص العزل للمواد.

2- كما أخذت قيم معامل الفقد (D) من الجهاز LCR، حيث يسمى أحياناً بظل الفقد $\tan \delta$ أو الازاحة (D)(Dissipation). ويوضح الشكل (3) تغيرات قيم Log(D) بدلالة Log(F) لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية wt(0,10,15) على المجال [12Hz → 100KHz]:



الشكل (3) تغيرات قيم $\text{Log}(D)$ بدلالة $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال [12Hz → 100KHz]

ويبين الشكل (4) تغيرات قيم D بدلالة $F(\text{Hz})$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب 0,10,15%wt على المجال [21 → 100]KHz:



الشكل (4) تغيرات قيم D بدلالة $F(\text{Hz})$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب 0,10,15%wt على المجال [21 → 100]KHz

يلاحظ من الشكل (3) أن $\text{Log}(D)$ تتناقص بتزايد التردد $F(\text{Hz})$ على مجال الترددات المنخفضة $[12\text{Hz} \rightarrow 21\text{KHz}]$ لأنه عندما يزداد التردد يتباطأ الاستقطاب الجزيئي بشكل تدريجي، وتتأخر الجزيئات المهتزة عن مواكبة تردد الحقل المطبق شيئاً فشيئاً، ولكن إلى حد ما تبقى محصلة الفقد في الطاقة قليلة، لأن الجزيئات بقدرتها واستمراريتها على الاهتزاز تعوض هذا الضياع في الطاقة. كما يوضح الشكل (4) أن معامل الفقد (D) يزداد على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ بازدياد التردد حيث عندها يتوقف الاستقطاب نهائياً لأن الجزيئات تصبح غير قادرة على الاهتزاز بنفس تردد اهتزاز الحقل المطبق، فيحدث توقف قسري أو فرملة يزداد معها الاحتكاك والتصادمات بين الذرات والجزيئات وأحد مظاهر هذا الاحتكاك هو ازدياد حرارة العينة [3] يؤدي ذلك إلى تزايد الفقد في الطاقة (D) .

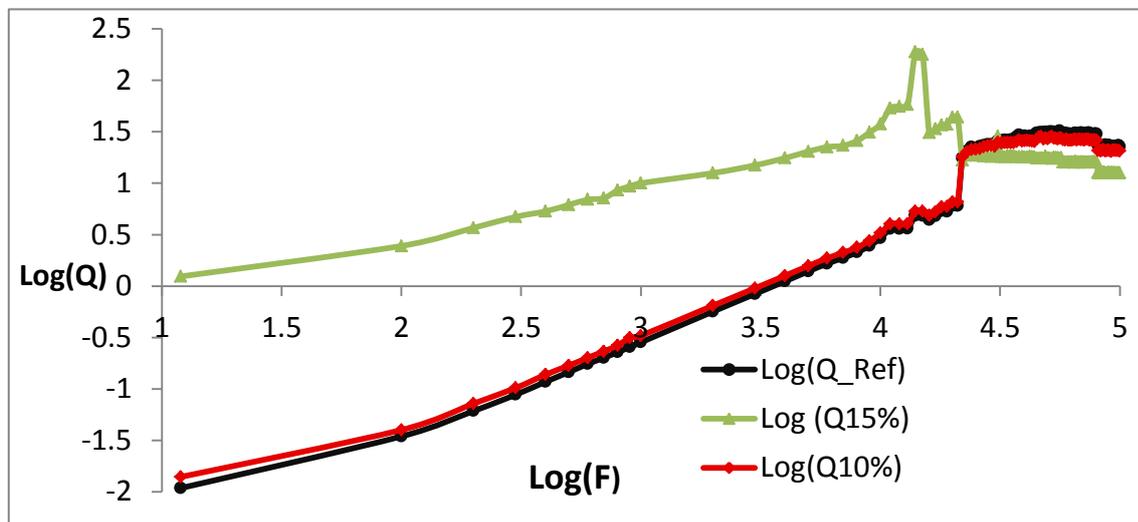
يلاحظ من الشكلين (3) و(4) أنه بازدياد نسبة الإشابة فإن (D) تتناقص على مجال الترددات المنخفضة $[12\text{Hz} \rightarrow 21\text{KHz}]$ ، لأن زيادة التراكيز تؤمن منبعاً مستمراً لاستقطاب الجزيئات يعوّض به المركب فقده للطاقة من جزاء الاحتكاك والتصادمات بين الذرات والجزيئات فتكون محصلة الفقد (D) منخفضة، بينما تزداد (D) على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ ، ويعزى ذلك إلى أن الزيادة الكبيرة في أعداد ثنائيات الأقطاب الناتجة عن الإشابة تؤدي بدورها إلى زيادة كمية الطاقة المفقودة إضافة إلى تأثير تزايد التردد.

3- يعرف معامل الجودة (Q) بأنه مقلوب معامل الفقد، ويعطى بالعلاقة [5]:

$$Q = \frac{1}{D} \quad (1)$$

وبالتالي فإن معامل الجودة يسلك سلوكاً معاكساً لسلوك (D) .

يُظهر الشكل (5) تغيرات لوغاريتم معامل الجودة $\text{Log}(Q)$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية $(0,10,15)\%wt$ على المجال $[12\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$:



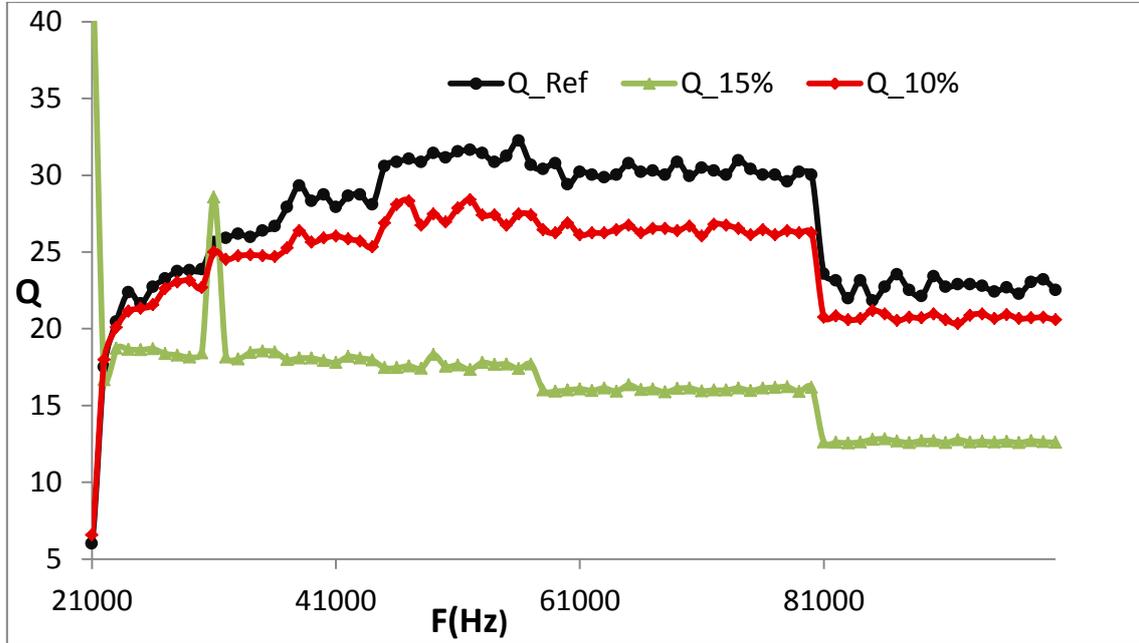
الشكل (5) تغيرات قيم $\text{Log}(Q)$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA)

المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية $(0,10,15)\%wt$ على المجال $[12\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$

ويوضح الشكل (6) تغيرات قيم Q بدلالة $F(\text{Hz})$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب $(0,10,15)\%wt$ على المجال $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ ، ويظهر من الشكلين (5,6) أن Q يسلك سلوكاً معاكساً لسلوك (D) على مجال الترددات المنخفضة $[12\text{Hz} \rightarrow 21\text{KHz}]$ والترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ ، أي أنه

بازدياد التردد فإن (Q) تزداد على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$ وتتناقص على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$.

وبازدياد نسبة الاشابة تزداد (Q) على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$ ، بينما تتناقص قيمها على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$.



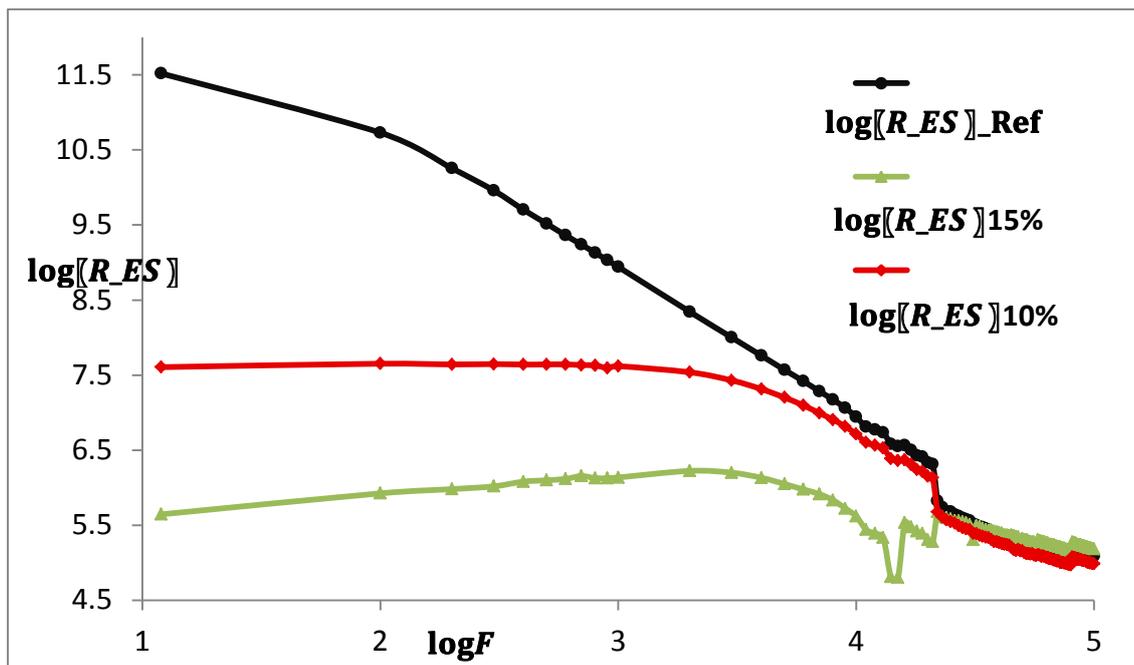
الشكل (6) تغيرات قيم Q بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب wt% (0,10,15) على المجال $[21 \rightarrow 100]KHz$

4- تحسب المقاومة التسلسلية المكافئة R_{ES} (Series Equivalent Resistance) من العلاقة [7]:

$$R_{ES} = \frac{D}{\omega C} = \frac{1}{Q\omega C} \quad (2)$$

يبين الشكل (7) تغيرات قيم $\log(R_{ES})$ بدلالة قيم $\log(F)$ لعينات (PVA) المشوبة

بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية wt% (0,10,15) على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$:



الشكل (7) تغيرات قيم $\text{Log}(R_{ES})$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوية بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال $[12\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$

إن قيمة المقاومة النوعية الكهربائية لبوليمر (PVA) العازل حسب [4] هي من مرتبة $10^{15} \Omega \text{cm}$. وكما يظهر من الشكل فإن R_{ES} للعينة (0%) من (PVA) تقارب $10^{12} \Omega \text{m} = 10^{14} \Omega \text{cm}$.
يبين الشكل (7) أن قيم R_{ES} تتناقص بشكل واضح على مجال الترددات المنخفضة $[12\text{Hz} \rightarrow 21\text{KHz}]$ بزيادة نسبة الاشابة وهذا واضح من العلاقة (2) التي تبين التناسب الطردي بين $(R_{ES}), (D)$ ، حيث يكون دور تردد اهتزاز الحقل متواضعاً، لصغر قيمته على بدايات المجال الترددي $[12\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$.
أما على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ فإنه بازياد نسبة الاشابة 0,10,15%wt ويزداد دور التردد العالي، يزداد الفقد (D) وبالتالي تزداد R_{ES} نوعاً ما وتقترب منحنياتها للنسب المذكورة كما هو واضح على نهايات المنحنيات في الشكل (7).

5- تحسب قيمة ثابت العزل الكهربائي ϵ' من العلاقة التالية [6,8]:

$$\epsilon' = \frac{d.C}{A.\epsilon_0} \quad (3)$$

حيث: A: مساحة سطح العينة الواقعة تحت قطبي مجسي القياس.

d: المسافة الفاصلة بين قطبي مجسي القياس وهي سماكة العينة.

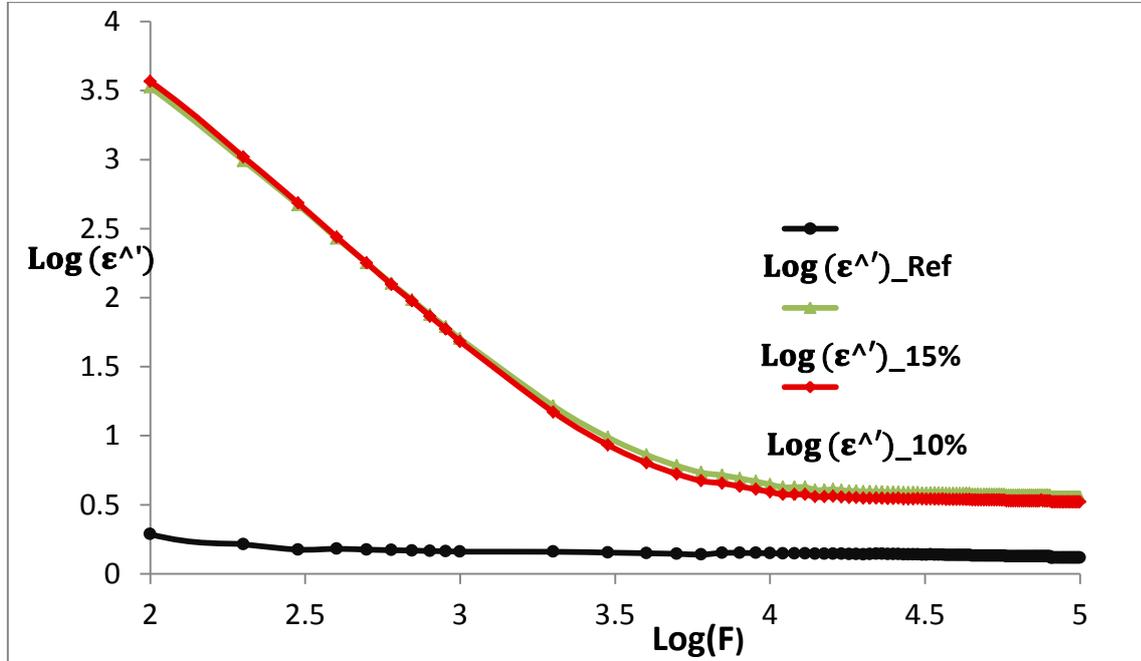
$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

C: سعة المكثفة المستوية بوجود المادة (السعة المقاسة).

ويتطبيق حقل كهربائي متناوب فإن ثابت العزل الكهربائي يكتب بشكل عقدي كما يلي [9,10]:

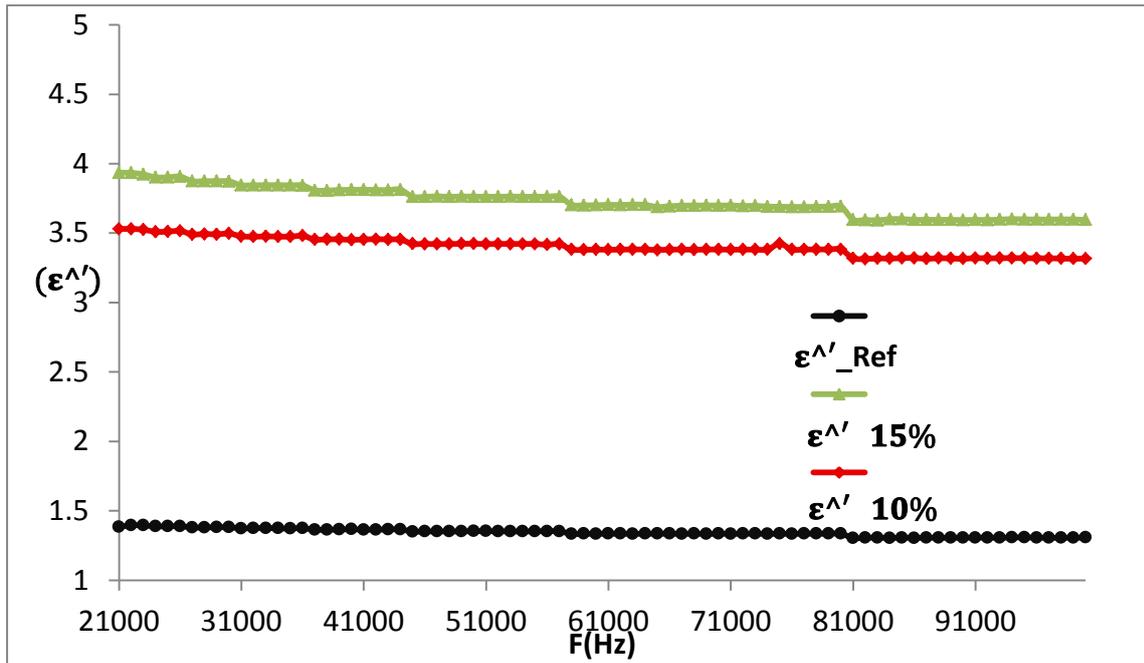
$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'' \quad (4)$$

حيث يتألف من جزأين: ϵ' : الجزء الحقيقي وهو المقدار نفسه الذي يعرف بثابت العزل الكهربائي المحسوب بالعلاقة (3)، و ϵ'' : الجزء التخيلي ويسمى بالفقد العزلي (Dielectric Loss).
يوضح الشكل (8) تغيرات قيم $\text{Log}(\epsilon')$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$:



الشكل (8) تغيرات قيم $\text{Log}(\epsilon')$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$

ويبين الشكل (9) أنتغيرات قيم ϵ' بدلالة $F(Hz)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب 0,10,15%wt على المجال $[21 \rightarrow 100]KHz$:



الشكل (9) تغيرات قيم ϵ' بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوية بخلات الزنك المائية وفق النسب (0,10,15)%wt على المجال [21 → 100]KHz

توضح العلاقة (3) التناسب الطردي بين ϵ' و C، وبمقارنة الشكلين (1,2) لقيم (C) والشكلين (8,9) لقيم ϵ' نلاحظ أن ϵ' يسلك نفس سلوك (C) مما يؤكد صحة النتائج التجريبية، ويوضح الشكل (8) ان قيم ϵ' تتناقص بتزايد التردد F(Hz) على المجال [12Hz → 100KHz] كما في الشكل (1) حيث تعتبر ϵ' مقياساً للاستقطاب والسعة. يظهر من الشكلين (8,9) أن منحنيات قيم الجزء الحقيقي ϵ' لثابت العزل الكهربائي تتزايد بزيادة نسبة الاشابة، كما هو الحال بالنسبة للسعة في الشكلين (1,2).

6- يُحسب ϵ'' الجزء التخيلي من ثابت العزل العفدي بالعلاقة [9]:

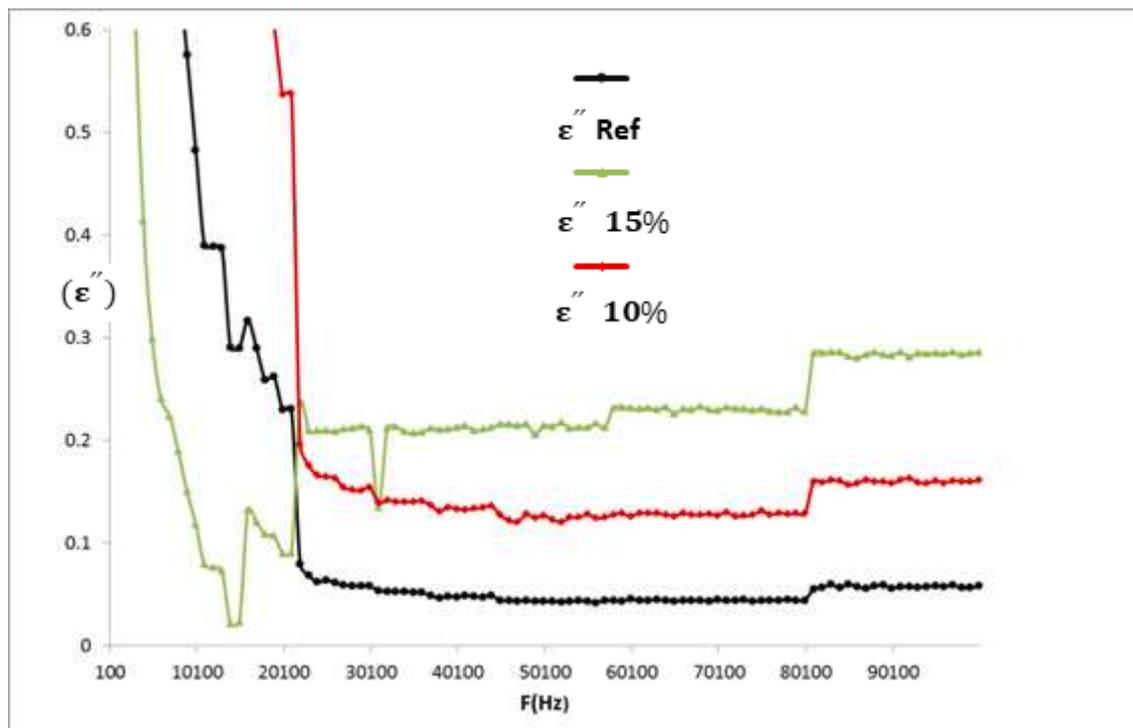
$$D = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \quad (5)$$

فنصبح قيمة ϵ'' هي:

$$\epsilon'' = \epsilon' \cdot D = \epsilon' \cdot \tan \delta \quad (6)$$

يسمى ϵ'' بالفقد العزلي [5,8](Dielectric Loss).

يعرض الشكل (10) تغيرات قيم ϵ'' بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوية بخلات الزنك المائية وفق النسب (0,10,15)%wt على المجال [100Hz → 100KHz]



الشكل (10) تغيرات قيم ϵ'' بدلالة $F(\text{Hz})$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب (0,10,15)%wt على المجال $[100\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$

وتتوضح عليه تغيرات الفقد العزلي ϵ'' بدلالة ازدياد نسبة الاشابة على المجال $[100\text{Hz} \rightarrow 100\text{KHz}]$ ويلاحظ أن ϵ'' تتزايد بتزايد نسبة الاشابة على المجال $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ كما هو حال سلوك (D) نظراً لزيادة عدد ثنائيات الأقطاب المتولدة بشكل عام [14]، ولكن يكون ϵ'' كبيراً جداً عند الترددات المنخفضة $[12\text{Hz} \rightarrow 21\text{KHz}]$ وهذا ما يتوضح على بداية المنحنيات في الشكل (10)، بسبب انزياحات ثنائيات الاقطاب داخل المادة، بالإضافة إلى وجود الزمن الكافي لانزياحات ثنائيات الاقطاب الكهربائية باتجاه الحقل الكهربائي المطبق قبل أن يغير اتجاهه [4].

يلاحظ من الشكل (10) أن منحنيات ϵ'' في مجال الترددات $[21 \rightarrow 100]\text{KHz}$ تسلك سلوكاً يشابه سلوك العينة الأولى ذات التركيز 0%، حيث تتناقص ببطء بازدياد التردد و ذلك بسبب تناقص عدد ثنائيات الأقطاب لعدم قدرتها على الدوران بحركة سريعة ترددها يساوي تردد الحقل المطبق فتتولد فجوة بين تردد ثنائيات الاقطاب المهتزة ببطء وبين تردد الحقل المطبق المهتز بسرعة كبيرة [4]، وتدل هذه النتيجة على أن هذه الأغشية الرقيقة هي مواد ذات فقد عزلي ضئيل لاسيما على ترددات أعلى من 20KHz كما تدل على ذلك المنحنيات التجريبية السابقة.

7- تكتب الناقلية الكهربائية المركبة σ^* بشكل عام بالعلاقة [3]:

$$\sigma^* = \sigma' + i\sigma'' \quad (7)$$

حيث: σ' الجزء الحقيقي، و σ'' الجزء التخيلي للناقلية الكهربائية المركبة σ^* وتتبع للتردد $F(\text{Hz})$ أو للتردد الزاوي ω ($\text{Rad} \cdot \text{Sec}^{-1}$).

أ- يحلل الجزء الحقيقي σ' إلى مركبتين مختلفتين وفق العلاقة [3,6]:

$$\sigma' = \sigma_{d.c} + \sigma_{a.c} \quad (8)$$

حيث: $\sigma_{d.c}$: هي الناقلية المستمرة التي لا تعتمد على التردد [6].

$\sigma_{a.c}$: هي الناقلية المتناوبة التي تتعلق بالتردد الزاوي ω والتي تتبع قانون القوة وفق العلاقة الأسية [3,11]:

$$\sigma_{a.c} = A_0 \cdot \omega^s \quad (9)$$

حيث: A_0 : ثابت التناسب s : أس التردد الزاوي

يحسب الجزء الحقيقي σ' تجريبياً من العلاقة [11]:

$$\sigma' = \varepsilon_0 \varepsilon'' \omega \quad (10)$$

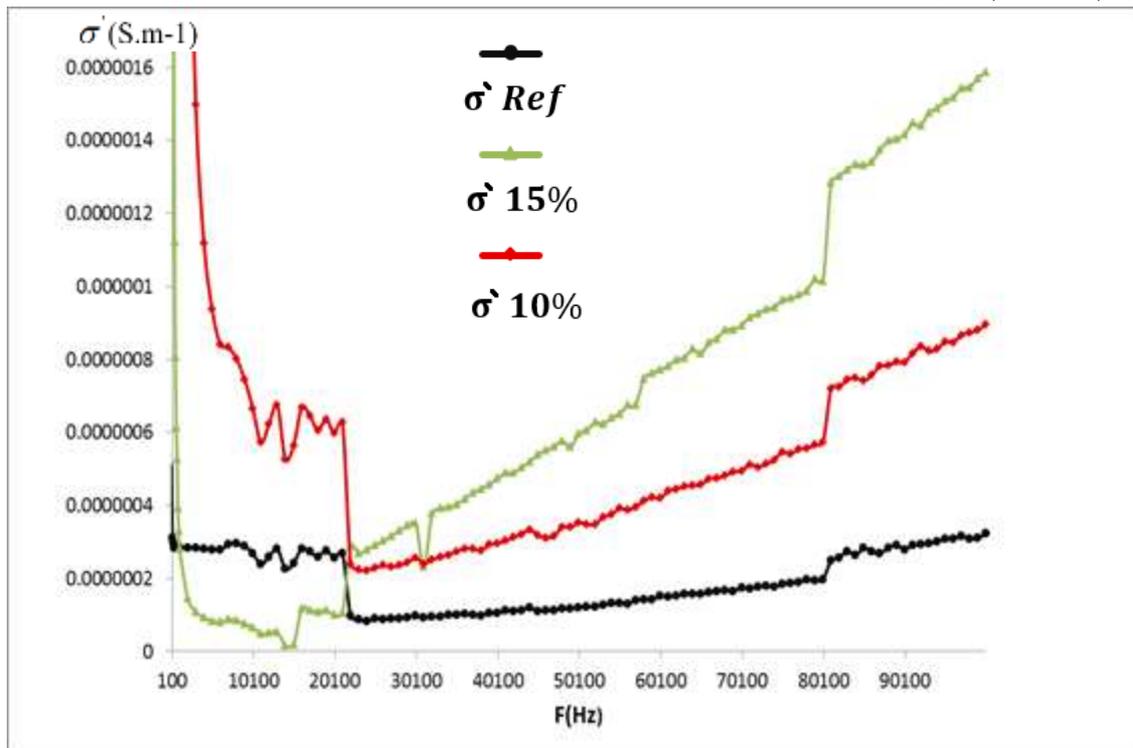
وتعطى قيمة $\sigma_{a.c}$ بالعلاقة [2,12,13]:

$$\sigma_{a.c} = \sigma' = \varepsilon_0 \varepsilon'' \omega \quad (11)$$

حيث تتناهي قيمة $\sigma_{d.c}$ للصفر وبالتالي يمكن اهمالها.

ويعرض الشكل (11) تغيرات قيم σ' بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق

النسب (0,10,15)%wt على المجال [100Hz → 100KHz]:



الشكل (11) تغيرات قيم σ' بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب (0,10,15)%wt على المجال [100Hz → 100KHz]

تبقى $\sigma_{a.c}$ شبه ثابتة ومستقلة إلى حد كبير عن التردد على مجال الترددات المنخفضة

[10][12Hz → 21KHz].

تزداد $\sigma_{a.c}$ بازدياد التردد F(Hz) ولاسيما على مجال الترددات المرتفعة [21 → 100]KHz، حيث أن زيادة

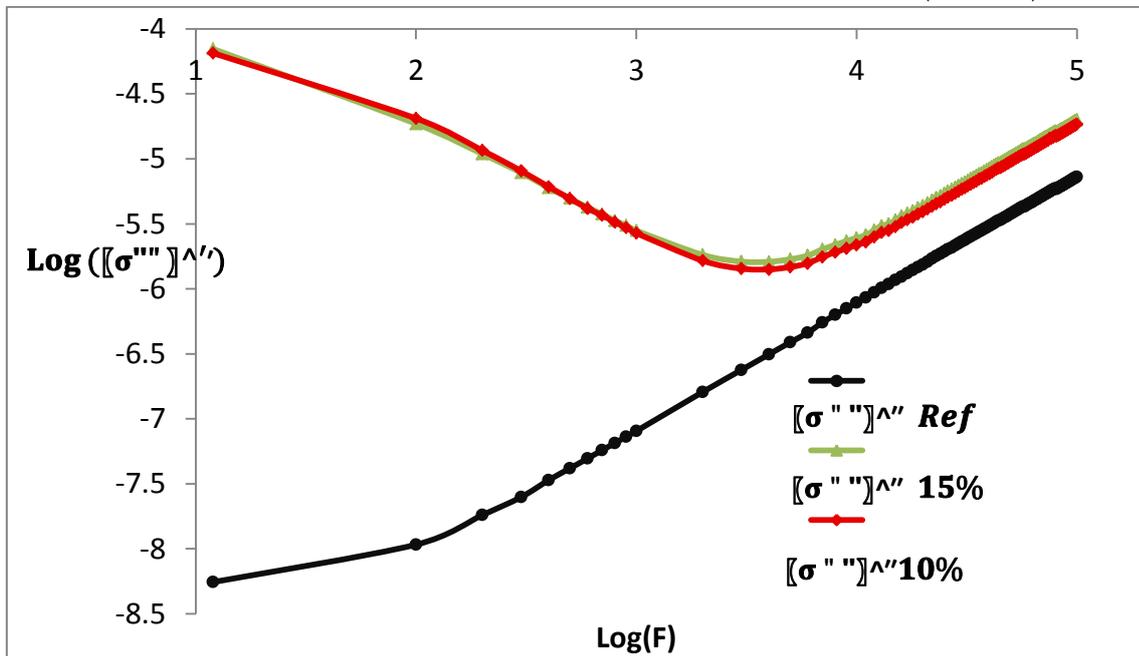
الناقلية الكهربائية عند زيادة التردد هي صفة شائعة في البوليمرات القطبية [3]، ويعود هذا إلى تزايد عدد ثنائيات

الاقطاب و زيادة حركيتها التي تحدث بشكل القفز أو التتطط (Hopping) في مكانها داخل الكتلة الحجمية للعينة. ويلاحظ من الشكل (11) أن قيم الناقلية الكهربائية المتناوبة $\sigma_{a.c}$ ولاسيما على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$ تزداد بازدياد نسبة الإشابة [4] لأن هذه العملية تعتبر منبعاً مستمراً لاستقطاب أكبر عدد ممكن من الثنائيات، حيث ان الزيادة في عدد ثنائيات الاقطاب تقلل من مقاومة العينة تدريجياً.

ب- أما الجزء التخيلي σ'' فيحسب من العلاقة [11]:

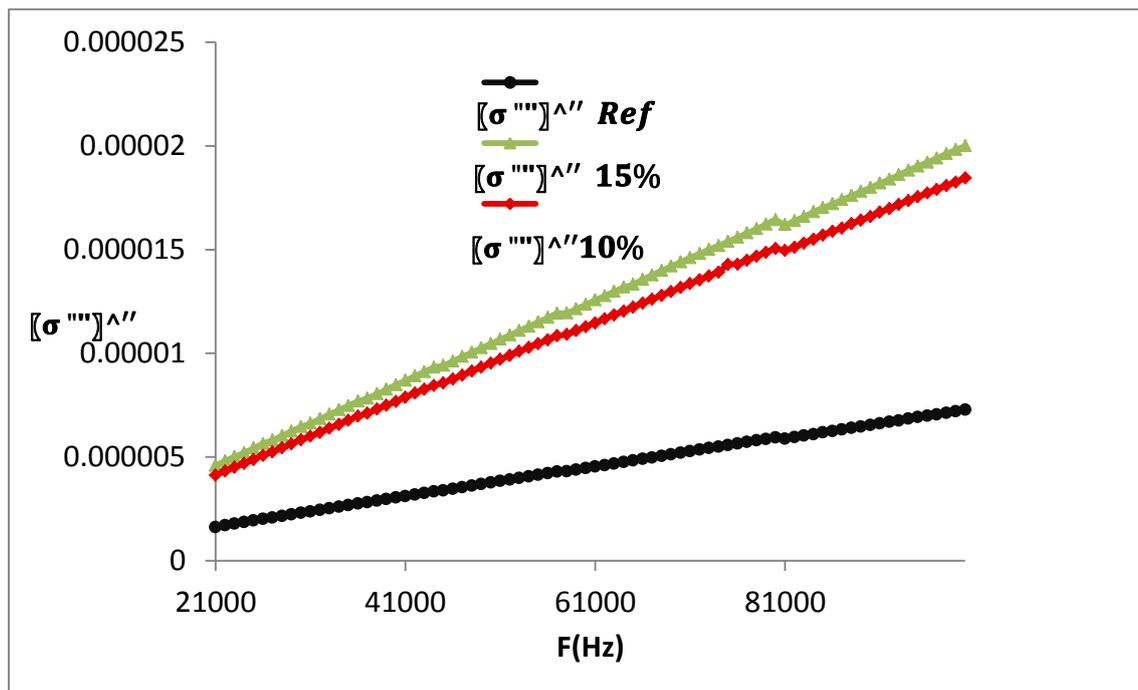
$$\sigma'' = \varepsilon_0 \varepsilon' \omega \quad (12)$$

يعرض الشكل (12) تغيرات $\text{Log}(\sigma'')$ بدلالة $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$



الشكل (12) تغير قيم $\text{Log}(\sigma'')$ بدلالة قيم $\text{Log}(F)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب الوزنية 0,10,15%wt على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$

بينما يوضح الشكل (13) تغيرات قيم σ'' بدلالة $F(Hz)$ لعينات (PVA) المشوبة بخلات الزنك المائية وفق النسب 0,10,15%wt على المجال $[21 \rightarrow 100]KHz$



الشكل (13) تغيرات قيم σ'' بدلالة F(Hz) لعينات (PVA) المشوية بخلات الزنك المائية وفق النسب wt(0,10,15)% على المجال [21 → 100]KHz

يلاحظ من الشكل (12) أنه بزيادة التردد على المجال [12Hz → 100KHz] فإن قيم σ'' للعينة 0% تزداد دوماً ، أما قيم σ'' للعينتين (10,15)% فإنها تتناقص على مجال الترددات المنخفضة [12Hz → 21KHz] ثم تعود فتتزايد على مجال الترددات المرتفعة [21 → 100]KHz كما يظهر على الشكل (13). كما يبين الشكلان (12,13) أن قيم σ'' تزداد بزيادة نسبة الشوائب على المجال [12Hz → 100KHz] لا سيما وبشكل ملحوظ على مجال الترددات المرتفعة [21 → 100]KHz.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. تؤثر زيادة نسبة الاشابة بخلات الزنك المائية لأغشية PVA الرقيقة بشكل واضح على الخصائص الكهربائية والعزلية (σ'' , ε'' , C, D).
2. بزيادة نسبة الاشابة بخلات الزنك المائية تزداد قيم كل من:
 - (1) ثابت العزل الكهربائي ε' والسعة C والجزء التخيلي من الناقلية الكهربائية σ'' على المجال [12Hz → 100KHz].
 - (2) معامل الجودة Q على مجال الترددات المنخفضة [12Hz → 21KHz].
 - (3) الناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} والفقد العزلي ε'' ومعامل الفقد D على مجال الترددات المرتفعة [21 → 100]KHz.
3. بزيادة نسبة الاشابة بخلات الزنك المائية تتناقص قيم كل من:

- 4) معامل الفقد D و المقاومة التسلسلية المكافئة R_{ES} على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$.
- 5) معامل الجودة Q على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$.
4. بازياد التردد يزداد كل من:
- 6) معامل الجودة Q والجزء التخيلي من الناقلية الكهربائية σ للعينة (0%) على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$.
- 7) الناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} بجزأها الحقيقي σ' والتخيلي σ'' للعينتين (10,15%) على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$.
5. بازياد التردد يتناقص كل من:
- 8) ثابت العزل الكهربائي ϵ' ، الفقد العزلي ϵ'' ، المقاومة التسلسلية المكافئة R_{ES} والسعة C على مجال الترددات $[12Hz \rightarrow 100KHz]$.
- 9) الناقلية الكهربائية المتناوبة σ_{ac} بجزأها الحقيقي σ' والتخيلي σ'' للعينتين (10,15%) بشكل حاد على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$.
6. بازياد نسبة الاشابة بخلات الزنك المائية تحقق العينات صفات مادة عازلة يزداد فيها ثابت العزل الكهربائي ϵ' والسعة C على المجال $[12Hz \rightarrow 100KHz]$ وتزداد ناقليتها الكهربائية المتناوبة σ_{ac} لاسيما على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$ وتتنقص فيها المقاومة التسلسلية المكافئة R_{ES} ومعامل الفقد D لاسيما على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$.
7. بازياد نسبة الاشابة بخلات الزنك المائية يزداد معامل الجودة Q على مجال الترددات المنخفضة $[12Hz \rightarrow 21KHz]$ ويتناقص على مجال الترددات المرتفعة $[21 \rightarrow 100]KHz$.
8. تعتبر هذه الأغشية الرقيقة مواد ذات فقد عزلي ضئيل ϵ'' بازياد التردد على مجال الترددات $[12Hz \rightarrow 100KHz]$.

التوصيات:

1. يمكن دراسة تأثير الاشابة و تأثير زيادة نسب الاشابة بمواد أخرى على PVA كأملح الفضة أو النحاس و الصوديوم، لمعرفة تأثير الفضة والنحاس والصوديوم.... على الخصائص الكهربائية والعزلية.
2. من المفيد دراسة خصائص كهربائية وعزلية أخرى.
3. من الممكن استخدام بوليمرات أخرى عازلة، كشمع البرافين وأنواع النايلون.... أو بوليمرات حيوية ككشاء القمح أو البطاطا أو بوليمير حمض اللين LAC، واشابتها بأملح ومواد مختلفة ودراسة خصائصها الكهربائية والعزلية وخصائص فيزيائية أخرى.
4. كما يمكن حساب زمن الاسترخاء τ الذي تقوم به ثنائيات الأقطاب.

المراجع:

- [1] PRABHA,K.and JAYANNA,H.S. *Influence Of Gamma Irradiation On The Dielectric Properties Of PVA-PS Polymer Blends*.International Journal Of Engineering Research and Applications.Vol.5,No.8,2015,05-09
- [2] AGOOL,I.R.;ALIM,.;and HASHIM,A. *The Dielectric Properties Of (PVA-PEG-PVP-MgO) and (PVA-PEG-PVP-CoO) Biomaterials*. International Journal Of Science And Research.Vol.3,No.10,2014,1588-1592
- [3] ABDULLAH,O.GH.;AZIZ,B.K.;and SAEED,A. *Kaolin Light Concentration Effects On The Dielectric Properties Of Polyvinyl Alcohol Films*.International Journal Of Science and Advanced Technology.Vol.2,No.1,2012,65-70
- [4] IBRAHIM,H.K. *Dielectric Properties Of Polyvinyl Alcohol (PVA) Doped With Alizarin Orange Dye Thin Films Prepared By Cast Method Using Lumped Equivalent Circuit*. Journal Of Basra Researches (Sciences).Vol.41,No.(3)A, 2015,5-12
- [5] SRIKANTH,CH.et al, *Characterization and AC Conductivity Of Novel ZnO Doped Polyvinyl Alcohol (PVA)Nano-Composites Films*. International Journal Of Chemical and Physical Sciences.Vol.4,No.2,2015,78-84
- [6] ABDULLAH O.CH.;HUSSEN S.A. and ALANI A.*Electrical Characterization Of Polyvinyl Alcohol Films Doped With Sodium Iodide*. Asian Transactions On Science & Technology,VOL.01,Issue04,2011,1-4
- [7] GAVRILOVS G.;VITOLINA S. *Measuring Specificities Of Dissipation Factor Of Electrical Equipment in Substations*. The Best Papers From The 51st Annual International Scientific Conference Of Riga Technical University Section (Power and Electrical Engineering),2010,1-4
- [8] MESHARAM V.P.;SURYAVANSHI B.M. *Electrical Characterizations Of Pure and Doped With Ferric Chloride Polyvinyl Alcohol Thin Films*. International Journal Of Advances In Science Engineering and Technology Special Issue-1,2015,171-175
- [9] HANAFY T.A. *Dielectric and Electric Modulus Behavior Of Chlorinated Polyvinyl Chloride Stabilized With Phenyl Maleimide*. Journal Of Advances In Material Physics and Chemistry.Vol.2,2012,255-266
- [10]MORE S.S.;DHOKANE R.J. and MOHRIL S.V. *Study On Structural Characterization and Dielectric Properties Of PVA-TiO₂ Composites*. Journal Of Applied Physics.Vol.8,Issue3,2016,28-32
- [11]AHMAD H.M.;SABEEH S.H.;HUSSEN S.A. *Electrical and Optical Properties Of PVA/LiI Polymer Electrolyte Films*. Asian Transaction On Science & Technology,Vol.01,Issue06,2012,16-20
- [12]SABAH SH. *The Effect Of Aluminum Oxide Nanoparticles On Dielectric Properties Of Polyvinyl Alcohol*. Journal Of Industrial Engineering Research.Vol.1(4),2015,13-16
- [13]KADHIM R.G.;HABEEB M.A.; and JEBUR Q.M. *Dielectric and Optical Properties Of (Polyvinyl Alcohol-Carboxymethyl Cellulose-Copper Oxide) Nanocomposites and Their Applications*. Journal Of Chemical and Pharmaceutical Sciences.Vol.10,Issue1,2017
- [14]LATIF I.;ALWAN T.B.;AIDUJAILI A.H. *Low Frequency Dielectric Study Of PAPA-PVA-GR Nanocomposites*. Journal Of Nanoscience and Nanotechnology.Vol.2(6),2012,190-200