



الجمهورية العربية السورية  
هيئة الطاقة الذرية

هـ ط ذ س - ف / ت د ع ٨١٥  
حزيران ٢٠٠٩

تقرير عن دراسة علمية مخبرية  
قسم الفيزياء

القياس المؤتمت لممانعة بعض الأكاسيد السيراميكية للتيار الكهربائي  
المتناوب باستعمال جهاز التضخيم الطوري Lock-in

الدكتور سمير الخواجة  
اتلدكتور محمد بهاء الصوص  
الفيزيائية فريزة نصر الله

هـ ط ذ س - ف / ت د ع ٨١٥

ساعد في هذا العمل مشكوراً:

السيد سامر كنعان S. Kanaan عضو الهيئة المخبرية في دائرة فيزياء المواد.

## القياس المؤتمت لممانعة بعض الأكاسيد السيراميكية للتيار الكهربائي المتناوب

### باستعمال جهاز التضخيم الطوري Lock-in

د. سمير الخواجة - د. محمد بهاء الصوص - ف. فريزة نصر الله

هيئة الطاقة الذرية - قسم الفيزياء

دمشق ص . ب ٦٠٩١

### خلاصة

قمنا في هذه الدراسة بسبر الممانعة الكهربائية لبعض الأكاسيد السيراميكية باستخدام مضخم قفل الطور PerkinElmer DSP 7280 وذلك بتسجيل الاستجابة الكهربائية بدلالة التردد ودرجة الحرارة عند طوية إشارة ثابتة. ومن خلال أتمتة هذا المضخم بالتكامل مع أجهزة القياس الكهربائية الدقيقة الأخرى، جرى تطوير برنامج تحكم لتحصيل استجابة العينة الترددية بدقة وسرعة عالية، لاستنتاج ممانعة العينات بعد ذلك بقياس الإشارة الناتجة مقدره بالفولت والأمبير. لوحظ من منحنى قياس أكسيد الموليبدينيوم المشوب وجود قمتين عظيمين للممانعة تميزان طورين في العينة (المشوبة بـ ٤٠% من أكسيد النيوبيوم)، التي تبدي استرخاءً ظاهراً يرتبط بتحسين ناقليتها الأيونية ضمن الطور الصلب مع ازدياد التردد.

الكلمات المفتاحية: مضخم قفل الطور، الممانعة الكهربائية، الأكاسيد السيراميكية.

---

## Automated AC Electrical Impedance Measurement of Ceramic Oxides by means of a Lock-in Amplifier

S. Al-Khawaja, M.B. Alsous and F. Nasrallah  
AECS, Department of Physics

### Abstract

In this study, the electrical impedance of some ceramic oxides has been investigated employing the PerkinElmer DSP 7280 Lock-in amplifier, while recording the electric response versus frequency and temperature at constant amplitude. Via integral automation of this lock-in with other delicate electrical measuring devices, a control program has been developed to accurately and swiftly acquire the frequency response of the sample, in order to lately infer the resulting samples' impedance in volt and ampere. Two maxima peaks characterising the impedance, in the curve of the doped molybdenum oxide have been observed discerning two phases in the sample (doped with 40% of niobium oxide), which shows a remarkable relaxation related to improvement in its ionic conductivity within the solid phase, with respect to increasing frequency.

**Key words:** Lock-in amplifier, Electrical impedance, Ceramic oxides.

## المحتويات

مقد	٥	١.٠	ممة
الغا	٦	٢.٠	ية من استخدام مضخم قفل الطور
	٧		١,٢ الكشف الحساس للطور PSD
الت	٩	٣.٠	حكم والأتمتة
	١١		١,٣ نمط التحصيل المستمر
	١١		٢,٣ نمط التردد الداخلي المتغير
	١١		٣,٣ نمط الطويلة المتغيرة للهاز الداخلي
	١١		٤,٣ نمط التحصيل مع تواتر خارجي متغير
نتا	١٢	٤.٠	نجم القياس
الخ	١٥	٥.٠	اتمة
الم	١٥	٦.٠	راجع
	١٧		ملحق البرنامج

## ١. مقدمة

تعد تقنية قياس الممانعة الكهربائية للمواد إحدى التقنيات التجريبية الأساسية المستخدمة بكثرة لاسيما عند دراسة المواد السيراميكية بشكلها الجرمي bulk أو الغشاء الرقيق thin film، والتي يراد عادة قياس مقاومتها السطحية أو تحديد معامل عزلتها الكهربائية بدلالة ترددات متغيرة وفي مجال محدد من درجة الحرارة [1-3]. ويعتبر مضخم قفل الطور Lock-in (المضخم الطوري) واحداً من الأجهزة الهامة الشائع استخدامها في قياس الممانعة للتيار المتناوب AC والمتوفرة بكثرة في مختبرات الفيزياء، نظراً لما يتمتع به من خصائص مميزة في كشف واستخلاص الإشارات ذوات المستوى الضعيف بوجود ضجيج، أو إجراء قياس عالي الدقة لإشارات "نظيفة" في مجالات عالية نسبياً من الشدات والترددات وتوافقياتها harmonics. إن هذه الخصائص تجعل منه جهازاً فعالاً يُعتمد عليه في كثير من التجارب الفيزيائية العملية لتمييز وتكبير الإشارة ذات المستوى المنخفض المتولدة في عينة يجري قياسها. كما تؤمن التقنية الرقمية العالية المستخدمة في عمل مضخمات قفل الطور مزايا إضافية أخرى منضوية تحت هذه الأجهزة يمكن للمجرب الاستفادة منها كثيراً، مثل استخدام كمقياس للطور أو كوحدة قياس للضجيج أو مقياس كمون متجه أو كمحلل طيف.... الخ [4].

لذلك وبالنظر إلى وجود إمكانيات كالتالي سبق ذكرها في جهاز التضخيم الطوري DSP 7280 الموجود في مخبر إلكترونيات النواقل الفائقة، وبسبب الحاجة إلى وجود تجربة يمكن التحكم بها وقيادتها حاسوبياً من أجل قياس الخصائص الكهربائية لعينات سيراميكية بطريقة التيار المتناوب، تولدت الفكرة لاستخدام هذا الجهاز وأتمته بالتكامل مع أجهزة القياس الأخرى الموجودة في المخبر والمستعملة في تجارب النقل الكهربائي electric transport كمنبع التيار المتناوب ومولد الإشارة function generator ذي التردد المرتفع (حتى 30MHz) ومقياس الكمون النانوي nanovoltmeter لإجراء قياس في حالة التيار المتناوب على عينات سيراميكية. وتكمن أهمية استعمال مضخم قفل الطور في تجارب قياس العازلية الكهربائية للعينات في كونه يعتمد أساساً على تقنية الكشف الحساس للطور phase-sensitive detection (PSD) التي تقوم بعملية تحويل الإشارة المطلوبة من متناوبة AC إلى مستمرة DC مع كبح مركبات الضجيج غير المرغوبة المرافقة للإشارة المقيسة [5]. وتتيح عملية برمجة الكاشف detector (الموجودة في الجهاز لتمييز الإشارة المطلوبة من تلك التي يراد حذفها) إكمال عملية

الكشف والتكبير amplification على الوجه الأمثل بعامل جودة Q كبير وحساسية عالية. ويتم ذلك من خلال تزويد المضخم بكمون مرجعي بتردد وعلاقة طور ثابتة موافقة للإشارة المعالجة، تصل إلى الجهاز من المنبع نفسه. وعليه فالجهاز يعمل دوماً على اقتفاء أثر التغيرات الحاصلة في تردد الإشارة المطلوبة مادامت الدارة المرجعية "مقفلة" عليها locked-in.

قمنا في هذا العمل بأتمتة مضخم قفل الطور PerkinElmer DSP 7280 ذي العصابة الترددية الواسعة مع أجهزة القياس الأخرى لدراسة الاستجابة الكهربائية للتيار المتناوب لبعض العينات السيراميكية بدلالة درجة الحرارة (في مجال بين درجة حرارة الأزوت السائل 77K ودرجة الحرارة العادية 300K)، وتردد في المجال (0.5Hz-2MHz) وبتابعية طويلة الإشارة أيضاً وذلك للتأكد من عمل التقنية المستخدمة.

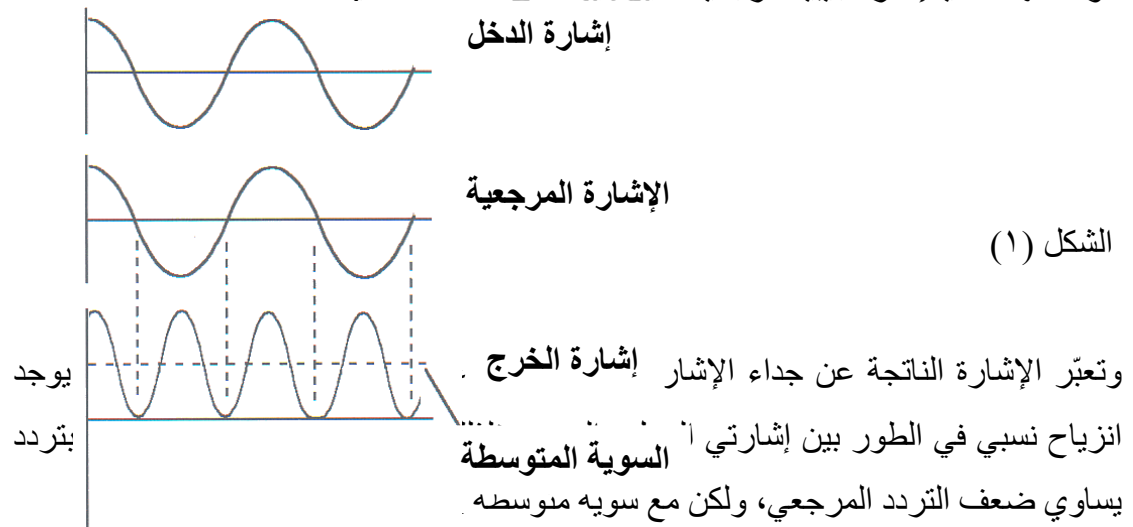
## ٢. الغاية من استخدام مضخم قفل الطور

يقوم عمل مضخم قفل الطور على تزويد المجرّب بكمون خرج مستمر متناسب مع الإشارة المتناوبة التي يجري قياسها. وفي الأجهزة الحديثة (كما في حالة المضخم DSP 7280 لدينا)، يمكن قراءة هذا الكمون المقيس على الواجهة الرقمية للجهاز أو من خلال التخاطب المؤتمت عبر الاتصال بين الحاسوب وأداة القياس بشكل أفضل من مجرد قياس هذا الكمون بين طرفي الخرج فقط، ولكن طريقة العمل تبقى واحدة من حيث المبدأ. وتشكل تقنية تقويم rectification الإشارة الخاصة بهذا الجهاز والمسماة **الكشف الحساس للطور (PSD) phase-sensitive detection** عماد المضخم الطوري، حيث يجري فيها تحويل الإشارة المتناوبة المقيسة إلى مستمرة. وتعتبر هذه الطريقة في الكشف فريدة من نوعها لكونها تقوّم الإشارة المطلوبة فقط مع التخلص من أثر مركبات الضجيج الأخرى المرافقة للإشارة والمتداخلة معها أيضاً [6]. إذ إن تقنيات التقويم التقليدية المختلفة التي يقوم عليها عمل أجهزة القياس المتناوب لا تميز بين الإشارة والضجيج وتؤدي إلى أخطاء في القياس بسبب تقويم مركبات الضجيج أيضاً. وعلى فرض عدم وجود تقويم للضجيج عند مدخل المضخم عموماً، إلا أنه قد يظهر لاحقاً في الخرج على هيئة تأرجحات متناوبة. إذاً يمكن بالتالي فصل استجابة الإشارة المطلوبة - والتي تكون آنئذ قد قوّمت إلى الشكل المستمر - من الضجيج المرافق لها عند الخرج باستخدام مرشح تمرير منخفض LPF بسيط، وهذا يعني أن الإشارة الناتجة أخيراً في خرج المضخم لا تتأثر بوجود الضجيج في الإشارة المطبقة.

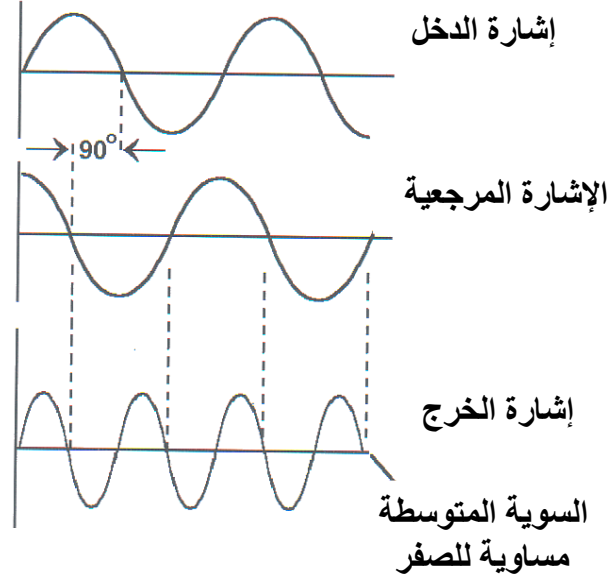
ولضمان سير عملية الكشف على الوجه الأمثل، يجب برمجة الكاشف لكي يميز الإشارة المطلوب قياسها، ويتحقق هذا من خلال تزويده بكمون مرجعي له التردد ذاته وله علاقة طور ثابتة بالنسبة للإشارة محط الاهتمام. ويمكن تنفيذ ذلك عموماً بجعل الإشارة المرجعية والأخرى المقيسة تنتجان من المنبع ذاته، مما يعني أن الجهاز في هذه الحالة سيفتقي أثر أي تغيرات تطرأ على تردد الإشارة المطلوبة، وذلك لأن دارة الإشارة المرجعية "مقفلة" عليها، ومن هنا اشتقت تسمية الجهاز. تسمح آلية القفل هذه في تحديد عرض حزمة bandwidth شديد الصغر من أجل تحسين نسبة الإشارة إلى الضجيج signal-to-noise ratio ، حيث لا يوجد انزياح في التردد كما هي الحال في أجهزة الترشيح والتقويم ذوات التوليف التشابهي analog. وبسبب أسلوب الاقتفاء الآلي أيضاً في المضخم الرقمي فإنه يؤمن قيمة فعلية لمعامل الجودة Q - وهو مقياس لانقائية المرشح - تزيد على 100,000 بينما يغدو استخدام مرشح تمرير حزمة bandpass عادي شاقاً بمعامل جودة أكبر من ٥٠.

## 1.2 الكشف الحساس للطور PSD

كما ذكرنا فيما سبق، إن مفتاح عمل المضخم هو تقنية الكشف الحساس للطور (PSD) التي تُعرّف أيضاً بطريقة الكاشف demodulator أو المازج mixer. إذ يعمل الكاشف على أخذ جداء إشارتين معاً، وتحدّد طريقة تحليلهما لاحقاً كيفية إعطاء الإشارة المطلوبة في الخرج [5]. يبين الشكل (١) مثلاً على الحالة التي يقوم فيها مضخم قفل الطور بكشف إشارة جيبيية خالية من الضجيج يشار إليها باسم "إشارة الدخل" ، كما يغذى الجهاز كذلك بإشارة مرجعية تتولد منها داخلياً إشارة جيبيية مرجعية أشير إليها على الشكل ذاته أيضاً.



يُظهرُ الشكل (٢) الحالة السابقة ذاتها لكن مع حدوث تأخير في الطور يبلغ  $90^\circ$  بالنسبة إلى إشارة المرجع. وبالرغم من تولد إشارة في الخرج لها ضعف تردد المرجع، يبدو واضحاً أن للسوية المتوسطة الآن قيمة مساوية للصفر.



الشكل (٢)

لذلك ومما سبق نستنتج مايلي:

- تتناسب السوية المتوسطة مع جداء قيم ترددي إشارة الدخل والمرجع.
- تتعلق السوية المتوسطة بزاوية الطور بين الإشارة المطبقة والمرجع.

ويكون من المستحسن لو بقي مطال إشارة المرجع ثابتاً على قيمة محددة وجرى ضبط طور المرجع بحيث يؤدي إلى انزياح نسبي في الطور يساوي الصفر، ومن ثم إذا قيست السوية المتوسطة فسيكون بالإمكان حينئذ تحديد مطال إشارة الدخل. وتمثل السوية المتوسطة كما هو معروف، المركبة المستمرة DC لخرج الكاشف ومن البساطة بمكان أن يجري عزلها لاحقاً باستخدام مرشح تمرير منخفض، ويمكن حينئذ قياس الخرج بعد الترشيح باتباع الطرق التقليدية في قياس الكمون المستمر [6].

يعتبر ما سبق ذكره عن الحالة التي تكون فيها إشارات الدخل خالية من الضجيج، لكن الأمر في التطبيقات الواقعية مختلف، حيث يرافق هذه الإشارات بعض الضجيج. إن هذا الأخير – وهو (الضجيج) الذي ليس له بالتعريف علاقة تردد أو طور ثابتة بالنسبة إلى المرجع المقارن – قد يجري مزجه أيضاً بوساطة إشارة المرجع في دائرة الكاشف، لكن ذلك لا يؤدي إلى التسبب

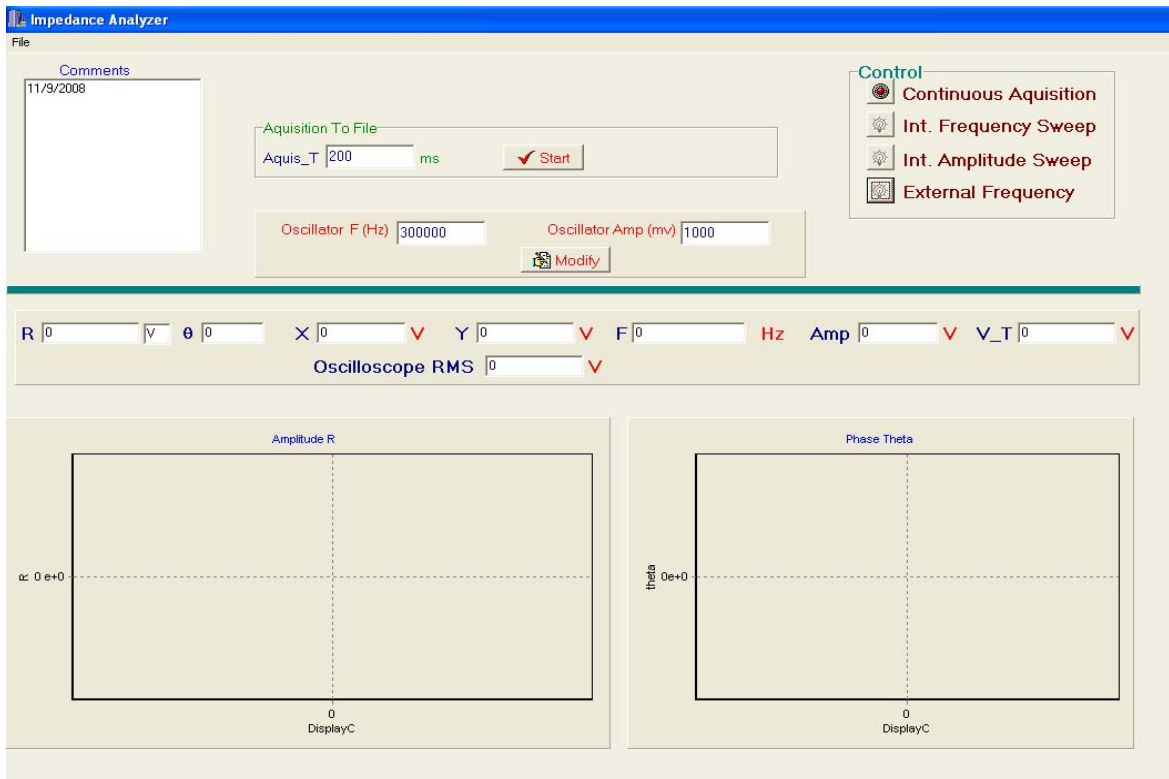


في حدوث أي تغيرات للسوية الوسطى DC. تؤدي مركبات الضجيج عند ترددات قريبة جداً من ترددات المرجع إلى إحداث تغير فعلي في خرج دارة الكشف لاسيما عند الترددات المنخفضة جداً، لكن ضبط مرشح التمرير المنخفض على تردد قطع منخفض cut-off frequency بما فيه الكفاية يؤدي إلى التخلص من هذه المركبات. إذاً يسمح ائتلاف الكاشف مع مرشح تمرير منخفض في الخرج بقياس الإشارات المترافقة بضجيج لا يستهان به، وهذا ما يقوم به مضخم الطور عملياً.

### ٣. التحكم والأتمتة

لتحقيق دقة وسرعة أثناء عملية القياس في تحصيل المعطيات التجريبية كالتيار والكمون المتولد ودرجة حرارة الوسط المحيط بالعينة، تم في هذا العمل كتابة برامج حاسوبية بلغة [7] C++ Builder تتضمن خوارزميات محددة للتحكم بمضخم الطور بالتوافق مع أجهزة القياس الدقيقة الأخرى، ومواكبة سرعة استجابتها أثناء إجراء التجربة وتحصيل القيم الفيزيائية المختلفة عبر بطاقات التحكم والأتمتة Ines-GPIB بشكل دقيق (انظر الملحق). استعملت في هذا الإطار البطاقة IN-4882 GPIB - التي تعمل وفقاً للبروتوكول IEEE - 4882 - في التحكم بالمضخم الطوري مع بقية الأجهزة المستخدمة في القياس وذلك لتحصيل المعطيات ومعالجتها لاحقاً في الحاسوب [8]. للبطاقة مأخذ رابط connector مؤلف من ٢٤ خطاً ناقلاً تتصل الأجهزة به عن طريق كبل تحكم خاص يؤمن التحكم بخمسة عشر جهازاً في آن واحد، على ألا يتجاوز طول الأسلاك مجتمعة ٢٠ متراً وألا يزيد الطول الأعظمي لسلك توصيل الجهاز الواحد على ٢ متر وفقاً لمواصفات الشركة المصنعة. إذ تحدّد مسافة الوصل سرعة نقل المعطيات التي تقترب من 250kB/s من أجل طول لسلك التوصيل يبلغ ٢٠ متراً. كما أن لكل جهاز "عنواناً" خاصاً به - وهو رقم يقع في المجال بين ٠ و ٣٠ - تتعرف البطاقة الموجودة في الحاسوب عليه. كذلك يمكن من خلال هذه البطاقة إجراء الأتمتة باستخدام لغات برمجة متعددة: Visual C++, Delphi, C/C++....

يقوم برنامج التحكم بتحصيل المعطيات من مضخم قفل الطور وفقاً لأنماط عمل متعددة، وكذلك بقراءة طويلة الإشارة الواردة من راسم الإشارة الرقمي Tektronics TDS3000B، حيث يعرض القيم العددية ضمن مربعات حوار على شاشة المستخدم، ويقوم برسم منحنيين بيانين لتغير قيمتي كل من طويلة الإشارة المقيسة (في الإحداثيات القطبية) بواسطة المضخم وطورها، ثم يسجل نتائج التحصيل  $R, \theta, X, Y, \text{Amp}, V_T$  وكذلك قيمة طويلة الإشارة الواردة من راسم الإشارة مع كمون المزدوجة الحرارية  $V_T$ ، بالإضافة إلى الملاحظات التي يدرجها المستخدم في ملف خاص على القرص الصلب للحاسوب كما في الشكل (٣) الذي يبين الواجهة الأمامية للبرنامج. وسنورد فيما يلي أنماط التشغيل الأربع التي يستطيع المستخدم القيام



بها أثناء استخدام برنامج التحكم.

الشكل (٣)

١,٣ نمط التحصيل المستمر Continuous acquisition mode

يقوم المستخدم باختيار تردد الهزاز وطويلة الإشارة المطبقة، ثم يحدد الزمن الفاصل بين القراءات، وبعد اختيار أمر البدء يقوم البرنامج بتحصيل النتائج بشكل دوري ويعرضها على الشاشة ويخزنها في ملف يختاره المستخدم.

### ٢,٣ نمط التردد الداخلي المتغير Internal variable frequency mode

يقوم المستخدم بتحديد التردد الأولي والنهائي وخطوة التغير للهزاز الداخلي للمضخم (مع بقاء طويلة الإشارة ثابتة) لإجراء مسح في فضاء التردد وتسجيل استجابة العينة. يفيد هذا النمط من القياس في معرفة التيار أو الكمون المتولد في العينة عند تطبيق إشارة كهربائية يولدها المضخم لدراسة كيفية تغير الناقلية الكهربائية وفقاً لمجال الترددات الذي تستجيب له العينة. وما يميز المضخم ٧٢٨٠ هو توليد الإشارة المتناوبة بطريقة رقمية مما يُنتج إشارة دقيقة وشديدة الاستقرار في الخرج. كذلك يمكن هذا النمط من إجراء مسح ترددي من خلال سلسلة من الخطوات steps تتراكم بين القيم البدائية والنهائية للمجال الترددي المطلوب بفاصل 1mHz. ويمكن أن يجري هذا المسح بطريقة خطية linear مع الزمن، حيث تكون مقادير خطوة التزايد increment متساوية، أو بطريقة لغاريتمية حيث يتناسب مقدار الخطوة مع التردد الحالي المطبق.

### ٣,٣ نمط الطويلة المتغيرة للهزاز الداخلي Internal variable amplitude mode

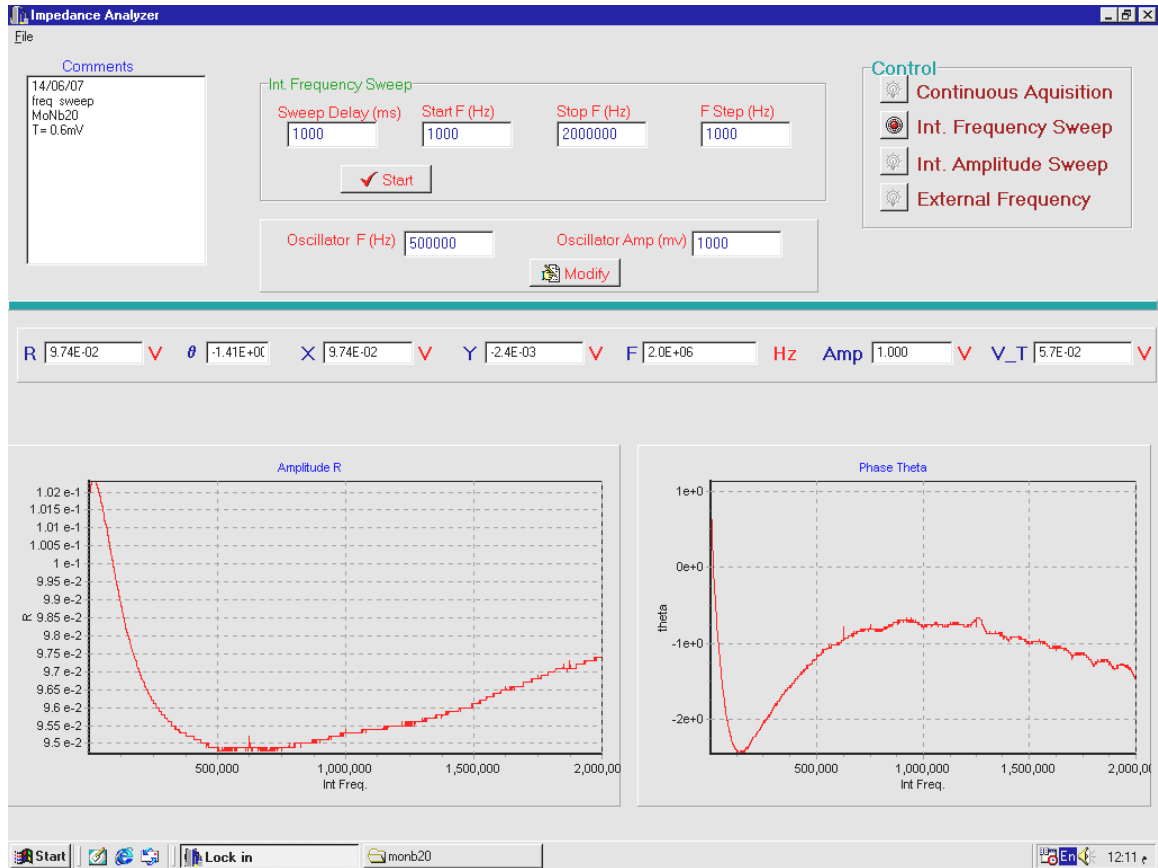
يقوم المستخدم بإجراء مسح في فضاء الطويلة للعينة المراد قياسها وذلك بتغيير طويلة الإشارة المطبقة العائدة للهزاز الداخلي (مع بقاء التردد ثابتاً). يلزم هذا النمط من القياس في التجارب التي تتطلب دراسة أثر شدة الإشارة المطبقة على العينة المدروسة عند تردد معلوم. وتتغير الطويلة المرافقة للإشارة المتناوبة بطريقة رقمية أيضاً بين 1mV و 1V rms، إلا أنه وعلى عكس القياس بنمط التردد المتغير، لا يمكن إجراء المسح المطالي إلا بطريقة خطية بخطوة تبلغ 1mV.

### ٤,٣ نمط التحصيل مع تواتر خارجي متغير External variable frequency acquisition

يمكن للهزاز الداخلي في المضخم الطوري أن يؤمن ترددات في المجال 0.5Hz-2MHz. وبما أن هناك ضرورة لاستخدام ترددات في مجالات أخرى أكبر (~ 30MHz) فقد قمنا بالاستعانة بمولد نبضات نوع SRS DS345، حيث يقوم البرنامج بالتخاطب مع مولد النبضات ومسح الترددات حسب رغبة المستخدم.

#### ٤. نتائج القياس

استُخدم البرنامج السابق في قياس الممانعة الكهربائية (الاستجابة الترددية مقدرة بالفولت أو الأمبير) لبعض العينات السيراميكية المعالجة حرارياً والمحضرة كمسحوق تم ضغطه على شكل أقراص. توضع العينة المراد قياسها في منظومة تبريد cryostat تعمل بالآزوت السائل، حيث تثبت فوق حجرة التبريد على صفيحة من الميكا العازلة كهربائياً والناقلة حرارياً. ومن ثم توصل الأقطاب الأربعة عبر مأخذ ناقل إلى المضخم الطوري: قطبان لتطبيق الإشارة والآخران لقياس الكمون المتولد بينهما عبر مدخل المضخم ومن ثم تحصيلهما في الحاسوب بدلالة درجة الحرارة.

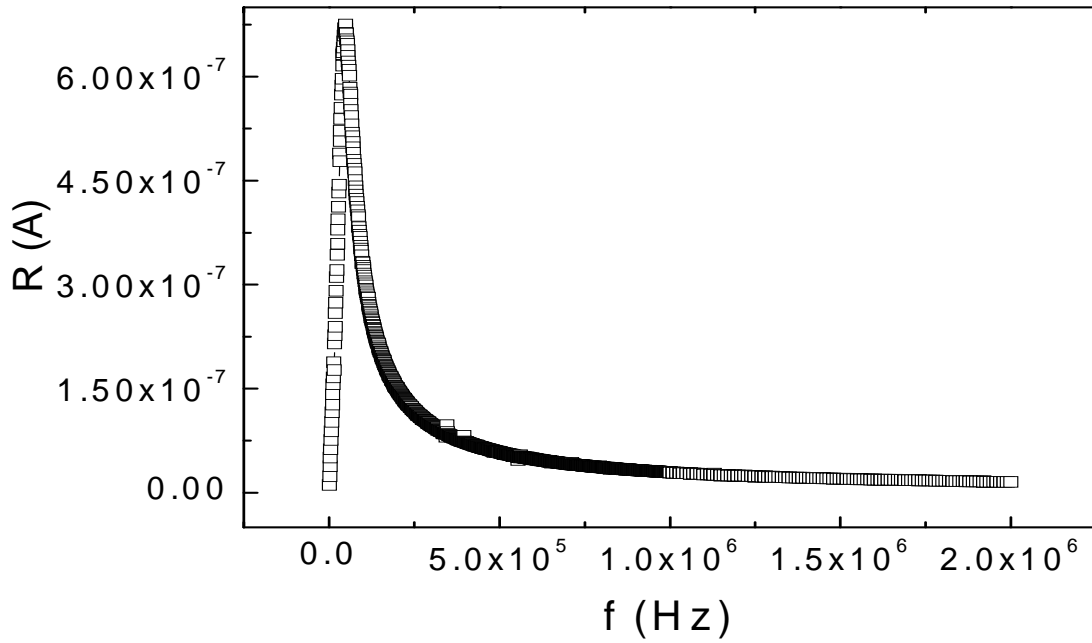


الشكل (٤)

ويُظهر الشكل (٤) مثلاً لقياس عينة سيراميكية من أكسيد الموليبدينيوم المشوب بـ 20% من أكسيد النيوبيوم باستخدام نمط المسح بالتردد الداخلي المتغير عند طولية ثابتة 1V، حيث تظهر طولية الاستجابة  $\sqrt{X^2 + Y^2}$  (R بالفولت على الجهة اليسرى من الواجهة، مع تسجيل تابعة الطور بدلالة تردد المسح (حتى 2MHz) أيضاً على الجهة اليمنى وذلك في درجة حرارة المخبر. حيث نلاحظ من الشكل ذاته أن منحنى الاستجابة يتناقص مع بداية الترددات

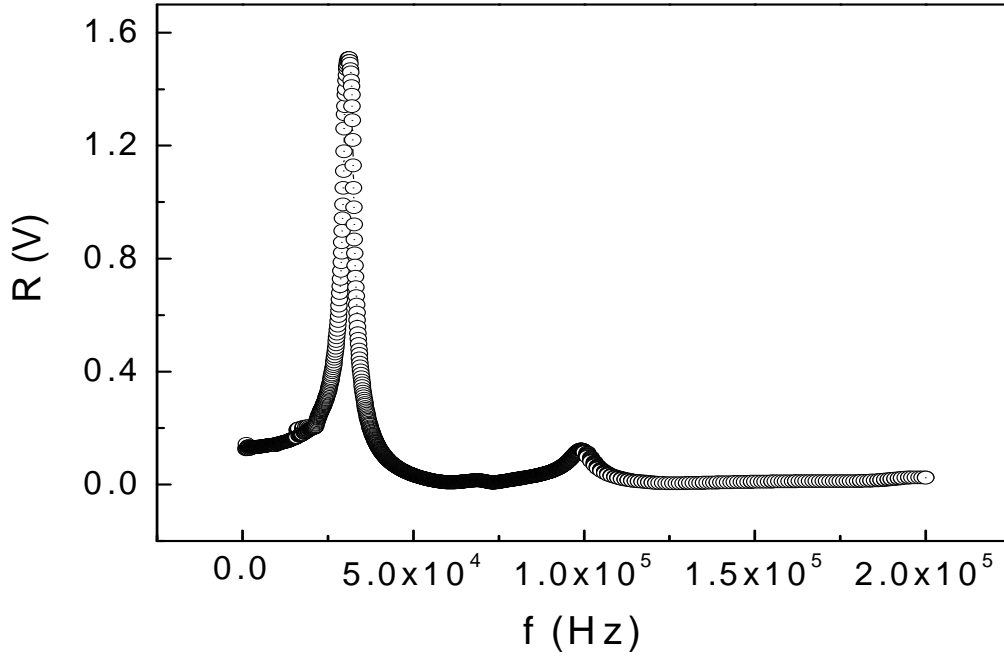
المنخفضة ويأخذ قيمة دنيا عند 500kHz ثم يحدث عكس ذلك، وتبدأ الاستجابة بالصعود مشيرة إلى ارتفاع الممانعة الكهربائية مع ازدياد التردد إلى 2MHz.

كما نبيّن في الشكل (٥) منحنى الاستجابة للعينة ذاتها بتسجيل الطويلة R كتيار بالاستعانة براسم الإشارة الرقمي من أجل حساب قيم الممانعة لاحقاً.



الشكل (٥)

كذلك جرى قياس الاستجابة الترددية لعينة من أكسيد الموليبيدينوم المشوبة بـ ٤٠% من أكسيد النيوبيوم في مجال من الترددات المطبقة يصل إلى 200kHz في الدرجة  $T = 300K$  كما يبين الشكل (٦). نلاحظ وجود قمتين في منحنى الاستجابة الترددية عند 25kHz و 100kHz مما يدل على وجود طورين ترتفع فيهما الممانعة بشكل ملحوظ عند التردد الأدنى.



الشكل (٦)

نلاحظ تفاوتاً في سلوك الممانعة الكهربائية لهذه العينة مع تغير التردد. فعند الترددات المنخفضة تأخذ قمة عظمية ثم تنخفض بعد ذلك بشكل حاد مبدية استرخاءً كبيراً [9] ، ثم ما تلبث أن ترتفع مجدداً عند ازدياد التردد مسترخية مرة أخرى بشكل أضعف من ذي قبل. ويعبر هذا الاسترخاء الذي يزداد حدة مع زيادة تركيز المادة الشائبة، عن تحسن ملموس في الناقلية الكهربائية للعينة حيث تقوى الناقلية الأيونية في بنية المادة الصلبة مع الإشابة. ويعزى هذا التفاوت في سلوك المركب مع زيادة التردد إلى التشويه distortion الحاصل في بنيته اللامتناحية التي تحتوي مساحات مفتوحة بين ثمانية الوجوه octahedra من  $\text{MoO}_6$  التي يفتحها الأكسيد الشائب  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  مؤدياً إلى تحسن الناقلية في الجملة و حدوث الاسترخاء. ويرتبط زمن وشدة الاسترخاء عكساً مع التردد المطبق من خلال علاقة ديبي Debye الترموديناميكية

$$\tau = 1/(2\pi f) = \tau_0 \exp(-E_a/k_B T)$$

حيث  $E_a$  هي طاقة تنشيط الناقلية الأيونية و  $\tau_0$  زمن الاسترخاء في درجة حرارة عالية. كذلك تلعب بعض المناطق الداخلية الذاتية intrinsic النانوية في الشبكة البلورية للعينة التي تبدي

ثنائيات أقطاب محددة، دوراً في التحكم بشكل الاستجابة للحقل الكهربائي المطبق. ولا يخفى تأثر ثنائيات الأقطاب الكهربائية هذه بالتركيب البنوي للعينة وبطبيعة العيوب الموجودة فيها بالإضافة إلى التآرجحات الطورية التي تعاني منها.

## ٥. الخاتمة

قمنا في هذه الدراسة بأتمتة مضخم قفل الطور بالتكامل مع أجهزة القياس الكهربائي الأخرى من أجل دراسة الممانعة الكهربائية لبعض العينات السيراميكية كأكسيد الموليبيدينوم المشوب. من خلال كتابة برنامج مناسب يأخذ بعين الاعتبار تسجيل كل من استجابة العينة الكهربائية وفقاً لتغير التردد المطبق داخلياً أو خارجياً وبدلالة درجة الحرارة أيضاً، وتسجيل مركبات الإشارة المقيسة وطورها بالنسبة إلى المرجع، وجدنا أنه يمكن، بكفاءة وسرعة عالية، دراسة سلوك الناقلية الكهربائية للعينات المدروسة في مجال ترددي واسع بتحصيل الاستجابة الترددية مقدره بالفولت أو الأمبير، وذلك لاستنتاج الممانعة الكهربائية عندئذ. لوحظ أن منحنى الاستجابة المتعلق بالأكسيد المشوب بـ ٢٠% من أكسيد النيوبيوم يبدي قمة دنيا عند 500kHz دالة على انخفاض الممانعة، بينما وجد أنه من أجل العينة السيراميكية المشوبة بـ ٤٠% تظهر قمتان عظيميان مع ارتفاع التردد تشيران إلى ارتفاع في الممانعة عندئذ، ووجود طورين يميزان هذه العينة التي تبدي استرخاءً ملحوظاً في ممانعتها حينئذ (بعد كل قمة) يرتبط بتحسن في ناقليتها الكهربائية الأيونية مع ازدياد التردد.

## كلمة شكر:

نود أن نتوجه بالشكر لإدارة الهيئة متمثلة بشخص مديرها العام، وإدارة قسم الفيزياء على دعمهم لهذا العمل، وأن نشكر السيد د. محمد قاسم من قسم الكيمياء على تزويدنا بالعينات السيراميكية التي قيست في هذه الدراسة.

## ٦. المراجع:

[1] Neil W. Ashcroft and N. David Mermin, "Solid State Physics",

- International Edition, Saunders College Publishing, Florida 1976.
- [2] James D. Doss, “Engineer’s Guide to High Temperature Superconductivity”, Wiley 1989.
- [3] V. Lounasmaa, “Experimental principles and Methods below 1K”, Academic Press, London 1974.
- [4] D. Roddy and J. Coolen, “Electronic Communications”, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey 1995.
- [5] P. Horowitz, W. Hill, “The Art of Electronics”, 2<sup>nd</sup> Edition, Cambridge University Press 1995.
- [6] Signal Recovery Instrumentation, Product Catalog, Issue 5, USA 2002.
- [7] C. Calvert, “Borland C++ Builder Unleashed”, Borland Press 1998.
- [8] The Operation Manual of the Interface Card: Ines GPIB 04002.02.
- [9] S. Al-Khawaja, M. Kassem, “Electron transport investigation of layered MoO<sub>3</sub> oxides doped with different concentrations of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oxide”, Report on Scientific Laboratory Study, AECS-PH\RSS 783, July 2008.

ملحق: البرنامج

```
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop
#include <stdio.h>
#include "z_anal_T_7280.h"
//-----
#include "windows.h"
#define WINDOWS
#include "IEEE488.h"
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
```



```

TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
Mcomments->Clear();
Mcomments->Lines->Add(Date());
Mcomments->Lines->Add("");

SDisp1->Clear();
SDisp2->Clear();
IeInit(0xec80,0,0,0);
UINT16 vario=7;
IeAbortio(vario);
IeRemote(712);
B_Set->Click();
nsend=17;
IeOutput(703,IE_NOSAD,"Measu:Imm:Typ RMS",&nsend);
}
//-----
void __fastcall TForm1::EXIT1Click(TObject *Sender)
{
Close();
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_ContAqu_offClick(TObject *Sender)
{
bottons_off();
nsend=4;
IeOutput(712,IE_NOSAD,"IE 0",&nsend);
B_ContAqu_on->Visible=true;
GB_contAqu->Visible=true;
GB_Fsweep->Visible=false;
GB_Asweep->Visible=false;
}
//-----
void TForm1::bottons_off(void)
{
B_ContAqu_on->Visible=false;
BFSweep_on->Visible=false;
}

```

```

BASweep_on->Visible=false;
BExtF_on->Visible=false;
GB_contAqu->Visible=false;
GB_Fsweep->Visible=false;
GB_ExtF->Visible=false;
P_CtlExtF->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BFSweep_offClick(TObject *Sender)
{
  bottons_off();
  nsend=4;
  IeOutput(712,IE_NOSAD,"IE 0",&nsend);
  GB_Fsweep->Visible=true;
  BFSweep_on->Visible=true;
  GB_contAqu->Visible=false;
  GB_Asweep->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BASweep_offClick(TObject *Sender)
{
  bottons_off();
  nsend=4;
  IeOutput(712,IE_NOSAD,"IE 0",&nsend);
  BASweep_on->Visible=true;
  GB_contAqu->Visible=false;
  GB_Fsweep->Visible=false;
  GB_Asweep->Visible=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BExtF_offClick(TObject *Sender)
{
  bottons_off();
  nsend=4;
  IeOutput(712,IE_NOSAD,"IE 2",&nsend);
  BExtF_on->Visible=true;
  GB_contAqu->Visible=false;
  GB_Fsweep->Visible=false;
  GB_Asweep->Visible=false;
  GB_ExtF->Visible=true;
}

```

```

P_CtlExtF->Visible=true;

nsend=5;
IeOutput(719,IE_NOSAD,"AMPL?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(719,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-3);
int i=1000.*s.ToDouble();
E_setExtA->Text=i;
E_Amplit->Text=i;

nsend=5;
IeOutput(719,IE_NOSAD,"FREQ?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(719,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
double temp=s.ToDouble();
i=temp;
E_setExtF->Text=i;
E_F->Text=i;

nsend=5;
IeOutput(719,IE_NOSAD,"OFFS?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(719,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
EExtOffs->Text=s;
nsend=5;
IeOutput(719,IE_NOSAD,"TSRC0",&nsend);

}

```

```

//-----
void TForm1::read_data(void)
{
    bool abort_sweep=false;
    double xx,yy1,yy2,temp;
    nsend=4;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"FRQ."&nsend);
    x=100;
    for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
    IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
    auxc=auxu;
    E_F->Text=auxc;
    s=auxc;
    xx=s.ToDouble();
    if(BFSweep_on->Visible || BExtF_on->Visible)
    {
        if (xx>=Fsweep_end) abort_sweep=true;
    }
    s=s+" ";
    s=s.SetLength(17);
    fprintf(Stream,"%s ",s);

    nsend=2;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"X."&nsend);
    x=100;
    for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
    IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
    auxc=auxu;
    E_X->Text=auxc;
    s=auxc;
    s=s+" ";
    s=s.SetLength(17);
    fprintf(Stream," %s ",s);

    nsend=2;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"Y."&nsend);
    x=100;
    for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
    IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
    auxc=auxu;
}

```

```

E_Y->Text=auxc;
s=auxc;
s=s+" ";
s=s.SetLength(17);
fprintf(Stream," %s ",s);

nsend=4;
IeOutput(712,IE_NOSAD,"MAG.",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
E_R->Text=auxc;
s=auxc;
yy1=s.ToDouble();
s=s+" ";
s=s.SetLength(17);
fprintf(Stream," %s ",s);

nsend=4;
IeOutput(712,IE_NOSAD,"PHA.",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
E_tet->Text=auxc;
s=auxc;
yy2=s.ToDouble();
s=s+" ";
s=s.SetLength(17);
fprintf(Stream," %s ",s);

if(BASweep_on->Visible)
{
Oscill_A=Oscill_A+Asweep_step;
if(Oscill_A>=Asweep_end)
{
Oscill_A=Asweep_end;
abort_sweep=true;
}
}

```

```

    xx=Oscill_A;
}

E_Amplit->Text=FloatToStrF(Oscill_A,ffFixed,5,3);
s=E_Amplit->Text;
s=s+" ";
s=s.SetLength(8);
fprintf(Stream," %s ",s);

nsend=6;
IeOutput(712,IE_NOSAD,"ADC. 1",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(712,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
E_T->Text=auxc;
s=auxc;
if(B_ContAqu_on->Visible) xx=s.ToDouble();
s=s+" ";
s=s.SetLength(12);
fprintf(Stream," %s ",s);

SDisp1->AddXY(xx,yy1,"",clTeeColor);
SDisp2->AddXY(xx,yy2,"",clTeeColor);
if(BExtF_on->Visible && !abort_sweep)
{
    FREQUEN=FREQUEN+F_step;
    if ( FREQUEN>Fsweep_end) FREQUEN=Fsweep_end;
    s=FREQUEN;
    s="FREQ"+s;
    nsend=s.Length();
    IeOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
    s="Hor:main:sca "+FloatToStrF(2/(float)FREQUEN,ffExponent,1,1);
    nsend=s.Length();
    IeOutput(703,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

    nsend=14;
    IeOutput(703,IE_NOSAD,"Measu:Imm:Val?",&nsend);
    x=100;
    for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
}

```

```

IeEnter(703,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
temp=s.ToDouble();
s="ch1:volts "+FloatToStrF(temp,ffExponent,1,1);
nsend=s.Length();
IeOutput(703,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
}
if(BFSweep_on->Visible && !abort_sweep)
{
FREQUEN=FREQUEN+F_step;
if ( FREQUEN>Fsweep_end) FREQUEN=Fsweep_end;
temp=FREQUEN*1000;
s=temp;
s="OF "+s;
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
s="Hor:main:sca "+FloatToStrF(2/(float)FREQUEN,ffExponent,1,1);
nsend=s.Length();
IeOutput(703,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
nsend=14;
IeOutput(703,IE_NOSAD,"Measu:Imm:Val?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(703,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
temp=s.ToDouble();
s="ch1:volts "+FloatToStrF(temp,ffExponent,1,1);
nsend=s.Length();
IeOutput(703,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
}
nsend=14;
IeOutput(703,IE_NOSAD,"Measu:Imm:Val?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(703,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;

```

```

s=auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
nsend=14;
IeOutput(703,IE_NOSAD,"Measu:Imm:Uni?",&nsend);
x=100;
for (int i=0;i<150;i++) auxu[i]=0;
IeEnter(703,IE_NOSAD,auxu,&x);
auxc=auxu;
s=s+auxc;
s.SetLength(s.Length()-1);
EOsillo->Text=s;
fprintf(Stream," %s \n",s);

if (abort_sweep)
{
    T_Aquis->Enabled=false;
    if(BFSweep_on->Visible) BEnd_Fsweep->Click();
    if(BASweep_on->Visible) BEnd_Asweep->Click();
    if(BExtF_on->Visible) BExtF_stop->Click();
}
}
//-----
void __fastcall TForm1::TwaitTimer(TObject *Sender)
{
    T_Aquis->Enabled=true;
    Twait->Enabled=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::T_AquisTimer(TObject *Sender)
{
    read_data();
}
//-----

void __fastcall TForm1::B_stop_AQClick(TObject *Sender)
{
    E_int_AQ->Enabled=true;
    B_start_AQ->Visible=true;
    B_pause_AQ->Visible=false;
    B_resume_AQ->Visible=false;
}

```



```

B_stop_AQ->Visible=false;
T_Aquis->Enabled=false;
fclose(Stream);
//stop saving to file
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_resume_AQClick(TObject *Sender)
{
    T_Aquis->Interval=E_int_AQ->Text.ToInt();
    E_int_AQ->Enabled=false;
    B_resume_AQ->Visible=false;
    B_pause_AQ->Visible=true;
    B_stop_AQ->Visible=true;
    T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_pause_AQClick(TObject *Sender)
{
    T_Aquis->Enabled=false;
    E_int_AQ->Enabled=true;
    B_resume_AQ->Visible=true;
    B_stop_AQ->Visible=true;
    B_pause_AQ->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_start_AQClick(TObject *Sender)
{
    if (!SaveDialog1->Execute()) return;
    myfile=SaveDialog1->FileName;
    Mcomments->Lines->SaveToFile(myfile);
    Stream=fopen(myfile.c_str(),"at+");
    fprintf(Stream,"\n\nF(Hz)        X(V)        Y(V)        R(V)        TET(deg)
O_A(V)  V_T(V)\n  Oscillo(V)");
    T_Aquis->Interval=E_int_AQ->Text.ToInt();
    SDisp1->Clear();
    SDisp2->Clear();
    C_AC->BottomAxis->Title->Caption="Temp (V)";
    C_BC->BottomAxis->Title->Caption="Temp (V)";
    E_int_AQ->Enabled=false;
    B_start_AQ->Visible=false;

```

```

B_pause_AQ->Visible=true;
B_stop_AQ->Visible=true;
T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::E_int_AQKeyPress(TObject *Sender, char &Key)
{
if((Key<'0' || Key>'9') && Key!=VK_BACK) Key=VK_CANCEL;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_StartFsweepClick(TObject *Sender)
{
int delay,temp;
FREQUEN=EStartF->Text.ToInt();
if (FREQUEN>2000000)
{
  ShowMessage("Error in Start frequency limit, it is < 2 MHz");
  return;
}
temp=FREQUEN*1000;
s=temp;
s="OF "+s;
nsend=s.Length();
IcOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

Fsweep_end=EStopF->Text.ToInt();
if (Fsweep_end>2000000)
{
  ShowMessage("Error in Stop frequency limit, it is < 2 MHz");
  return;
}
if (Fsweep_end<FREQUEN)
{
  ShowMessage("Error in frequency limits, start F > Stop F !!");
  return;
}
/*temp=Fsweep_end*1000;
s=temp;
s="FSTOP "+s;
nsend=s.Length();

```

```

IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);*/

F_step=EFstep->Text.ToInt();
if (F_step>10000)
{
    ShowMessage("Error in frequency step, it is < 10 kHz");
    return;
}
/* temp=F_step*1000;
s=temp;
s="FSTEP "+s;

nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend); */

delay=ET_Fsweep->Text.ToInt();
if (delay>1000000)
{
    ShowMessage("Error in sweep delay, it is < 1000s");
    return;
}
/* s=delay;
s="SRATE "+s;
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend); */

if (!SaveDialog1->Execute()) return;
myfile=SaveDialog1->FileName;
Mcomments->Lines->SaveToFile(myfile);
    Stream=fopen(myfile.c_str(),"a+");
    fprintf(Stream,"\n\nF(Hz)        X(V)        Y(V)        R(V)        TET(deg)
O_A(V)  V_T(V)  Oscillo(V)\n");
    SDisp1->Clear();
    SDisp2->Clear();
    C_AC->BottomAxis->Title->Caption="Int Freq.";
    C_BC->BottomAxis->Title->Caption="Int Freq.";
    PFsweep->Enabled=false;
    B_StartFsweep->Visible=false;
    BPause_Fsweep->Visible=true;

```

```

BEnd_Fsweep->Visible=true;
nsend=7;
T_Aquis->Interval=delay;
T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BEnd_FsweepClick(TObject *Sender)
{
PFsweep->Enabled=true;
B_StartFsweep->Visible=true;
BPause_Fsweep->Visible=false;
BResume_Fsweep->Visible=false;
BEnd_Fsweep->Visible=false;
T_Aquis->Enabled=false;
fclose(Stream);
}
//-----
void __fastcall TForm1::BPause_FsweepClick(TObject *Sender)
{
T_Aquis->Enabled=false;
PFsweep->Enabled=true;
BResume_Fsweep->Visible=true;
BEnd_Fsweep->Visible=true;
BPause_Fsweep->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BResume_FsweepClick(TObject *Sender)
{
PFsweep->Enabled=false;
BResume_Fsweep->Visible=false;
BPause_Fsweep->Visible=true;
BEnd_Fsweep->Visible=true;
T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_StartAsweepClick(TObject *Sender)
{
int Astart,Aend,Astep,delay,temp;
Astart=EStartA->Text.ToInt();
if (Astart>1000)

```

```

{
    ShowMessage("Error in Start amplitude limit, it is < 1000 mV");
    return;
}
s=Astart;
s="Astart "+s;
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

Aend=EStopA->Text.ToInt();
if (Aend>1000)
{
    ShowMessage("Error in Stop Amplitude limit, it is < 1000 mV");
    return;
}
if (Aend<Astart)
{
    ShowMessage("Error in Amplitude limits, start A > Stop A !!");
    return;
}
s=Aend;
s="ASTOP "+s;
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
Asweep_end=float(Aend)/1000;

Astep=EAstep->Text.ToInt();
if (Astep>10000)
{
    ShowMessage("Error in frequency step, it is < 10 kHz");
    return;
}
s=Astep;
s="ASTEP "+s;
s=s+" 1";
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
Asweep_step=float(Astep)/1000;

```

```

delay=ET_AswEEP->Text.ToInt();
if (delay>1000000)
{
    ShowMessage("Error in sweep delay, it is < 1000s");
    return;
}
s=delay;
s="SRATE "+s;
nsend=s.Length();
IeOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

if (!SaveDialog1->Execute()) return;
myfile=SaveDialog1->FileName;
Mcomments->Lines->SaveToFile(myfile);
    Stream=fopen(myfile.c_str(),"at+");
    fprintf(Stream,"\n\nF(Hz)          X(V)          Y(V)          R(V)          TET(deg)
O_A(V)  V_T(V)  Oscillo(V)\n");
    PAsweep->Enabled=false;
    B_StartAsweep->Visible=false;
    BPause_AswEEP->Visible=true;
    SDisp1->Clear();
    SDisp2->Clear();
    C_AC->BottomAxis->Title->Caption="AMPLITUDE";
    C_BC->BottomAxis->Title->Caption="AMPLITUDE";
    BEnd_AswEEP->Visible=true;
    nsend=7;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"SWEEP 2",&nsend);
    Oscill_A=float(Astart)/1000;
    Twait->Interval=delay/2;
    T_Aquis->Interval=delay;
    Twait->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BEnd_AswEEPClick(TObject *Sender)
{
    nsend=7;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"Sweep 0",&nsend);
    PAsweep->Enabled=true;
    B_StartAsweep->Visible=true;
    BPause_AswEEP->Visible=false;
}

```

```

BResume_AswEEP->Visible=false;
BEnd_AswEEP->Visible=false;
T_Aquis->Enabled=false;
fclose(Stream);
}
//-----
void __fastcall TForm1::BPause_AswEEPClick(TObject *Sender)
{
    T_Aquis->Enabled=false;
    nsend=7;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"Sweep 0",&nsend);
    PAsweep->Enabled=true;
    BResume_AswEEP->Visible=true;
    BEnd_AswEEP->Visible=true;
    BPause_AswEEP->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::BResume_AswEEPClick(TObject *Sender)
{
    PAsweep->Enabled=false;
    nsend=7;
    IeOutput(712,IE_NOSAD,"Sweep 2",&nsend);
    BResume_AswEEP->Visible=false;
    BPause_AswEEP->Visible=true;
    BEnd_AswEEP->Visible=true;
    Twait->Enabled=true;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_ModifClick(TObject *Sender)
{
    P_oscill->Enabled=true;
    B_Set->Visible=true;
    B_Modif->Visible=false;
}
//-----
void __fastcall TForm1::B_SetClick(TObject *Sender)
{
    int F,A;

```

```

F=E_setF->Text.ToInt();
if (F>2000000)
{
    ShowMessage("Error in Frequency Value, it is < 2 M Hz");
    return;
}
F=F*1000;
s=F;
s="OF "+s;
nsend=s.Length();
IcOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

A=E_setA->Text.ToInt();
if (A>1000)
{
    ShowMessage("Error in Amplitude Value, it is < 1000 mV");
    return;
}

s=A;
s="OA "+s;
nsend=s.Length();
IcOutput(712,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);
Oscill_A=float(A)/1000;
B_Set->Visible=false;
P_oscill->Enabled=false;
B_Modif->Visible=true;
}
//-----

void __fastcall TForm1::B_extModifClick(TObject *Sender)
{
    P_Extoscill->Enabled=true;
    Poffset->Enabled=true;
    B_extSet->Visible=true;
    B_extModif->Visible=false;
}
//-----

```



```

void __fastcall TForm1::B_extSetClick(TObject *Sender)
{
    int F,A,O;
    F=E_setExtF->Text.ToInt();
    if (F>30000000)
    {
        ShowMessage("Error in Frequency Value, it is < 30 M Hz");
        return;
    }
    s=F;
    s="FREQ"+s;
    nsend=s.Length();
    IeOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

    A=E_setExtA->Text.ToInt();
    if (A>5000)
    {
        ShowMessage("Error in Amplitude Value, it is < 1000 mV");
        return;
    }
    double aa=(double)A/1000;
    s=FloatToStrF(aa,ffFixed,5,3);
    Oscill_A=aa;
    s="AMPL"+s;
    s=s+"VP";
    nsend=s.Length();
    IeOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

    O=EExtOffs->Text.ToDouble();
    if (O>5)
    {
        ShowMessage("Error in Offset Value, it is < 5 V");
        return;
    }

    s="OFFS"+EExtOffs->Text;
    nsend=s.Length();
    IeOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

    B_extSet->Visible=false;

```

```

P_Extoscill->Enabled=false;
B_extModif->Visible=true;
}
//-----

void __fastcall TForm1::BextF_startClick(TObject *Sender)
{
    int delay,temp;
    FREQUEN=EExtF_start->Text.ToInt();
    if (FREQUEN>30000000)
    {
        ShowMessage("Error in Start frequency limit, it is < 30 MHz");
        return;
    }
    s=FREQUEN;
    s="FREQ"+s;
    nsend=s.Length();
    IcOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

    FswEEP_end=EExtF_End->Text.ToInt();
    if (FswEEP_end>30000000)
    {
        ShowMessage("Error in Stop frequency limit, it is < 30 MHz");
        return;
    }
    if (FswEEP_end<FREQUEN)
    {
        ShowMessage("Error in frequency limits, start F > Stop F !!");
        return;
    }

    F_step=EExt_Step->Text.ToInt();
    if (F_step>10000)
    {
        ShowMessage("Error in frequency step, it is < 10 kHz");
        return;
    }

    delay=EExtF_delay->Text.ToInt();
    if (delay>1000000)

```

```

{
    ShowMessage("Error in sweep delay, it is < 1000s");
    return;
}

if (!SaveDialog1->Execute()) return;
myfile=SaveDialog1->FileName;
Mcomments->Lines->SaveToFile(myfile);
    Stream=fopen(myfile.c_str(),"a+");
    fprintf(Stream,"\n\nF(Hz)          X(V)          Y(V)          R(V)          TET(deg)
O_A(V)  V_T(V)  Oscillo(V)\n");

s=FREQUEN;
s="FREQ"+s;
nsend=s.Length();
IcOutput(719,IE_NOSAD,s.c_str(),&nsend);

SDisp1->Clear();
SDisp2->Clear();
C_AC->BottomAxis->Title->Caption="Ext Freq.";
C_BC->BottomAxis->Title->Caption="Ext Freq.";
PExtF->Enabled=false;
BextF_start->Visible=false;
BExtF_pause->Visible=true;
BExtF_stop->Visible=true;
T_Aquis->Interval=delay;
T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----

void __fastcall TForm1::BExtF_stopClick(TObject *Sender)
{
    PExtF->Enabled=true;
    BextF_start->Visible=true;
    BExtF_pause->Visible=false;
    BExtF_resume->Visible=false;
    BExtF_stop->Visible=false;
    T_Aquis->Enabled=false;
    fclose(Stream);
}

```

```

}
//-----

void __fastcall TForm1::BExtF_pauseClick(TObject *Sender)
{
    T_Aquis->Enabled=false;
    PExtF->Enabled=true;
    BExtF_resume->Visible=true;
    BExtF_stop->Visible=true;
    BExtF_pause->Visible=false;
}
//-----

void __fastcall TForm1::BExtF_resumeClick(TObject *Sender)
{
    PExtF->Enabled=false;
    BExtF_resume->Visible=false;
    BExtF_pause->Visible=true;
    BExtF_stop->Visible=true;
    T_Aquis->Enabled=true;
}
//-----

```

SYRIAN ARAB REPUBLIC  
ATOMIC ENERGY COMMISSION  
DAMASCUS- P.O.BOX: 6091



Report on Scientific Laboratory Study  
Department of physics

## **Automated AC Electrical Impedance Measurement of Ceramic Oxides by means of a Lock-in Amplifier**

**Dr. S. Al-Khawaja**  
**Dr. M. B. Alsous**  
**Phys. F. Nasrallah**