Caracterizarea dielectricilor solizi prin spectroscopie dielectrica

1. Scopul lucrării

Scopul general al acestei lucrări este de a studia comportamentul dielctric al unor dielectrici solizi sub forma de placi prin spectroscopie dielectrică.

2. Noțiuni teoretice

Spectroscopia dielectrică este o tehnica moderna de analiza a interactiunii dintre un material si campul electric care actioneaza asupra sa. Aceasta metoda este larg utilizata pentru diagnosticarea starii dielectricilor din sistemele de izolatie si pentru detectarea imbatranirii acestora, precum si pentru analiza raspunsului dielectric al noilor materiale in scopul determinarii celor mai potrivite aplicatii pentru aceste materiale. Spectroscopia dielectrica are la baza fenomenele de polarizare electrică și de conducție electrică din materiale. Este bine cunoscut faptul ca la nivel microscopic sau molecular exista diferite mecanisme de polarizare. Fiecare din aceste mecanisme este caracterizat de o frecventa proprie de rezonanta si de relaxare dielectrica (Fig.1).

Cele mai importante mecanisme pot fi împarțite în trei categorii principale:

- *Polarizarea electronică* este prezenta în materiale pana la frecvente optice si se realizeaza printr-o ușoară deplasare a norului electronic al fiecărui atom în raport cu nucleul.
- Polarizarea ionică este datorată deplasării ionilor într-o moleculă sau matrice si se manifesta pana la frecvente de infraroşu.
- Polarizarea de orientare apare atunci când unele grupări moleculare prezintă un moment electric permanent, orientat aleatoriu în spațiu, dar care în momentul aplicării câmpului electric tinde să se orienteze în sensul acestuia, rezultând astfel o polarizare în această direcție. Rata de orientare a dipolilor se află în strânsă dependență cu interacțiunile intersi intra-moleculare. Orientarea dipolilor poate apărea deci într-un domeniu larg de frecvențe in domeniul de frecvente radio, depinzând de uşurința cu care dipolii se orientează sub actiune campului electric.



Determinarile experimentale din cadrul prezentei lucrari se efectueaza utilizand un spectrometru dielectric NOVOCONTROL, ale carui elemente principale sunt unitatea centrala *Alpha-A High Performance Frequency Analyzer* si celula de masura *ZGS*. Acest spectrometru este construit în special pentru analiza materiale dielectrice cu impedanță mare și factor de pierderi foarte mic, într-un domeniu foarte larg al frecvenței (3 μ Hz ÷ 20 MHz), dar poate măsura destul de precis materiale de conductivitatea mare și impedanța electrică mică.



Fig.3. Unitatea centrală Alpha-A a spectrometrului dielectric NOVOCONTROL și celula ZGS

Eșantionul de incercat se monteaza în celula din fig.3, între cei doi electrozi ce formează cu materialul de măsurat un condensator. O tensiune U(t) de amplitudine U_0 se aplică condensatorului între armăturile căruia se află eșantionul, pentru o frecvență fixată $\omega/2\pi$.

Această tensiune determină apariția prin eșantion a unui curent de intensitate I(t) cu amplitudinea I_0 , de aceeași frecvență. Diferența de fază între curent și tesniune este descrisă de unghiul de fază φ . Relațiile dintre tensiune, curent și defazajul φ sunt determinate de proprietățile electrice ale eșantionului (permitivitatea electrică și conductivitate electrică) precum și de structura materialului. Pentru calculul mărimilor corespunzătoare proprietăților analizate se utilizează următoarele relații:

$$U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega t) = \operatorname{Re}(\underline{U}^* \exp(j\omega t))$$
(1)

$$I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi) = \operatorname{Re}(\underline{I}^* \exp(j\omega t))$$
(2)

unde,

$$\underline{U}^* = U_0 \tag{3}$$

$$\underline{I}^{*} = I' + jI'', \ I_{0} = \sqrt{I'^{2} + I''^{2}}, \ \tan \varphi = \frac{I''}{I'}$$
(4)

iar $j = \sqrt{-1}$

Pentru un eșantion cu un răspuns electromagnetic liniar, impedanța măsurată pentru un condensator între armăturile căruia se află eșantionul este:

$$\underline{Z}^{*} = Z' + iZ'' = \frac{U^{*}}{I^{*}}$$
(5)

Determinarea impedantei permite determinarea permitivitatii complexe si a conductivitatii complexe, utilizand relatiile (6) si, respectiv (7):

$$\varepsilon^{*}(\omega) = \varepsilon^{'} - i\varepsilon^{''} = \frac{-i}{\omega Z^{*}(\omega)} \cdot \frac{1}{C_{0}}$$

$$\sigma^{*}(\omega) = \sigma^{'} - j\sigma^{''} = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot \varepsilon_{0}(\varepsilon^{*} - 1) = \frac{1}{\underline{Z}(\omega)} \cdot \frac{d}{A}$$
(6)
(6)
(7)

unde C_0 este capacitatea condensatorului cu vid intre armături, d – grosimea esantionului, iar A – aria electrozilor.

Setarea aparatului se va realiza cu ajutorul soft-ului WinDETA realizat tot de NOVOCONTROL. WinDETA reprezintă un pachet de programe ce poate controla complet măsurătorile realizate asupra componentelor, eșantioanelor și interfețelor, cu ajutorul acestui sistem electric performat. Rezultatele obținute sunt evaluate, afișate și exportate în alte programe în diferite moduri.

3. Chestiuni de studiat

- 3.1. Determinarea variațiilor permitivității electrice și ale factorului de pierderi cu frecvența pentru diferite materiale izolante solide sub formă de placi.
- 3.2. Analizarea rezultatelor obținute și evidentiarea fenomenelor care au loc in materialele studiate la diferite frecvente.

4. Determinări experimentale

4.1. Fixarea eşantionului

Înainte de pornirea spectrometrului, eșantionul se montează în celula din fig.4, între cei doi electrozi ce formează cu materialul de măsurat un condensator. În acest scop se rotește șurubul de fixare (fig.4). Atât eșantionul, cât și cei doi electrozi ai condensatorului trebuie curățați cu alcool etilic, anterior montării, pentru îndepărtarea impurităților și obținerea unor rezultate cât mai exacte.



Fig.4. Celula ZGS a spectrometrului dielectric Alpha-A Analyzer

4.2. Pornirea instrumentelor de măsură și control

- a) Se pornește calculatorul conectat la unitatea centrala (*Alpha-A Analyzer*) a spectrometrului dielectric.
- b) Se pornește unitatea centrală a spectrometrului dielectric *Alpha-A High Performace Frequency Analyzer* de la butonul **On/Off**.
- c) Se pornește sistemul MICROTRONIC de control al temperaturii.

d) Se porneşte aplicația software WinDETA. În momentul pornirii acestei aplicații se inițializează toate setările implicite din fişierul DEFAULT.pre (aflat în Program Files\Novocontrol\WinDETA). În cazul în care anterior au fost salvate alte setări (specifice unor anumite tipuri de analize), acestea pot fi încărcate în locul celor implicite din meniul File→Load Preset file. Descrierea salvărilor setărilor pentru un anumit tip de analiză se face in cadrul paragrafelor 4.7. şi 4.9.

4.3. Configurarea instrumentelor de măsură

- a) Din meniul Analyzer (fig.5) se selectează din listă analizorul utilizat, în cazul nostru ALPHA or BETA Analyzer. Analizorul poate fi configurat din meniul Analyzer→ Options→ Configuration.
- b) În vederea monitorizării setării sistemului de măsură, din meniul Window se bifează opțiunile Status și apoi Tile (fig.6).
- c) Pentru a indica analizorului care este controlerul de temperatură utilizat, din meniul Temp. Controller se selectează Use Novotherm (fig.7.).



Fig.5. Setarea analizorului



Fig.6. Configurarea ferestrelor pentru monitorizarea setărilor sistemului de măsură



Fig.7. Setarea controlerului de temperatură

4.4. Descrierea caracteristicilor eșantionului de măsură

Din meniul **Measurement** se selectează **Sample Specification** pentru a introduce un comentariu măsurătorii (**Sample Comment**: PEJD), ca în fig.8. Pentru celula corespunzătoare materialelor dielectrice, formată dintr-un condensator plan se completează diametrul (**Sample Diameter [mm]** = 40) și grosimea eșantionului (**Sample Thickness [mm]** = 0,5). În funcție de valorile introduse, softul WinDETA calculează automat capacitatea specifică a condensatorului C_0 [F]. Aceste valori influențează estimarea valorilor absolute ale permitivității electrice și ale conductivității specifice.



Fig.8. Descrierea caracteristicilor eșantionului

4.5. Stabilirea ordinii utilizării variabilelor independente

Din meniul **Measurement** se selectează **List Order**. Pentru cazul particular al PEJD, din lista de variabile independente (*Available*) se selectează frecvența și apoi temperatura, care se adaugă (**Add**) în lista *Order* (fig.9). În continuare, se introduc valori pentru variabilele selectate anterior. Astfel, pentru setarea valorilor frecvențelor la care se fac măsurătorile, din meniul **Measurement** se selectează **Value Lists** și apoi **Frequency**. Pentru setarea domeniului de frecvență se selectează **Points** din fereastra **List of Measurement Points** (fig.10) și se introduc limitele *Start* și *End*. De asemenea se stabilește modul de repartizare al punctelor pe grafic, fie într-o progresie aritmetică (*linear*), fie în progresie geometrică (*logarithm*), stabilind un increment (*Increment*) sau un factor de multiplicare (*Factor*). Această listă de puncte se poate adauga la o lista deja existentă (*Add To List*) sau poate înlocui o altă listă (*Replace List*).

În exemplul parcurs în cadrul acestei lucrări, cel al PEJD se selectează domeniul de frecvență $10^{+1} \div 10^{-1}$ Hz pe o scară logaritmică de *Factor* 10. Numărul de puncte afișate în final pe grafic va fi de 3.

Observație: Domeniul de frecvență al spectrometrului dielectric este cuprins între 3 µHz și 20 MHz. Pentru valori scăzute ale frecvenței, timpul necesar realizării măsurătorilor va fi mult mai mare decât în cazul frecvențelor mari.



Fig.9. Lista variabilelor independente

WinDETA V5.65 ><		- 2 🛛
File Measurement Analyzers Temp Controller Graphics Setup Window	7	Help
💶 Status	Message WinDETO : Configuration data loaded	
Sample Setpoint Tampe. Derivation State Gas Heater Analyzer Freq. [Hz] 0.00e+00 Z"[Ohms] 0.00e+00 Z"[Ohms] 0.00e+00	VINDETA : Set device ALPHA or BETA Dielectric Analyzer	
Set Measurement Points		
End 1 00000e 01 • Intera	Graphics	
Easter 10.000000000 C Add To List	RD	
Replace List	2	
List of Measurement Points		
Frequency [Hz] Add	5	
1.000000e+01 Points : 3 Insert		
1:1:000000e+01 2:1:00000e+00 Change		
3: 1.000000e-01 Delete		
Clear	å 4 <u> </u>	
Pointe		
Standard		
	ē	
Help Cancel OK	10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ¹ 10 ² Frequency (Hz)	
Welcome to Novocontrol's WinDETA		

Fig.10. Setarea domeniului de frecvență

Pentru setarea valorii (sau valorilor) de temperatură la care se efectuează măsurătorile, se selectează din meniul **Measurement** opțiunea **Temperature**. În acestă lucrare se utilizează o singură valoare a temperaturii (în cazul nostru 300 K) care se introduce în căsuța **Temperature** din fereastra **List of Measurement Points** (fig.11). Temperatura se stabilește în **Kelvin** prin debifarea opțiunii **Temperature Unit** [°C]. Pentru mai multe valori ale temperaturii se procedează ca și în cazul frecvenței, utilizând opținea **Points**.

4.6. Configurarea WinDETA pentru a comanda controlerul de temperatură

Acest lucru se realizează din meniul **Temp. Controller** prin selectarea opțiunii **Initialize WinDETA from Controller** (fig.12).

■ WinDETA V5.65 ><		_ d X
File Measurement Analyzers Temp, Controller Graphics Setup Window		Help
Status	WinDETA : Configuration data loaded	
Sample Sepoint Temp Derivation State Cas Heater Cas Heater Cas Heater Freq [H] 0.000+00 2°[Ohms] 0.000+00 2°[Ohms] 0.000+00	WinDETA : Set device ALPHA or BETA Dielectric Analyzer	
List of Measurement Points	Online	
Temperature ["C]	Graphics	7
Use Temp, Ramp Gradient [l/min] Measure continuously in Temp, Ramps Gradient [s] Delay Time [s]	jan	
Temperature 25.00 Pointe 1		
1: 25.00 Add		
Insert		
Change		
Delete	s ⁺ .	
Clear		
Points		
I Temperature Unit ["C]		
novocontrol Help Cancel OK	10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ¹ 10 ² Frequency (Hz)	
Welcome to Novacontrol's WinDETA		

Fig.11. Setarea valorii de temperatură



Fig.12. Configurarea WinDETA pentru a comanda controlerul de temperatură

4.7. Salvarea rezultatelor experimentale

Din meniul File se selectează Set File Names pentru a stabili (Set) numele fișierelor în care se salvează rezulatele masurătorii (*PEJD.eps*), mesajele apărute în timpul măsurătorii (*PEJD.msg*), jurnalul de măsurătoare (*PEJD.log*) și temperatura (*PEJD.tem*) (fig.13). Mesajul, jurnalul măsurătorii și temperatura sunt salvate ca fișiere în ferestrele Message, Data Log si Temperature Log (fig.14.).

Observație: In particular, fișierele destinate mesajelor și temperaturii pot ocupa foarte mult spațiu dacă sunt salvate.

■ WinDETA V5.65 ><		- 2 ×
File Measurement Analyzers Temp Controller Graphics Setup Window		Help
Status	Message	
Sample Setpoint 25.0 °C Termp: 24.8 °C Termp: 20.00 °C Termp: 20.00 °C Termp: 0.00 °C Termp: 0.00 °C Termp: 0.00 °C Ciformal 0.00 °C Ciformal 0.00 °C	VINDEIA : Configuration data loaded VinDETA : Set device ALPHA or BETA Dielectric Analyzer VinDETA : Testing Novoentrol GFIB card, Driver V2.1 GFIB clock A HHZ Delay factor 1408.50 National GFIB 7210 Controller Tests passed iec_init : Novocontrol PCI-GFIB card found Novothern : Initialized, Novocontrol Microtronic II V1.4, SNo2026	
		>
	🗖 Online	
Set File Names	Graphics	7
Measurement Result		
DEFAULT3.EPS Set		
Data Log	2	
DEFAULT.LOG		
Message		
DEFAULT.MSG		
Vse Set		
	§ .	
I Use Set		
novocontrol Help Cancel OK		
	10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ⁻¹ 10 ²	
	Frequency (Hz)	

Fig.13. Setarea numelor fișierelor de salvare a rezultatelor

WinDETA V5.65 ><					2 2 X
File Measurement Analyzers Temp. Controller Graphics Setup Window					Help
Status		🗆 🔀 🗖 Message			🛛
_		WinDETA	: Configuration	data loaded	
	Sample	WinDETA	: Set device AL	PHA or BETA Dielectric f	inalyzer
	Norman Sile			card, Driver	· V2.1
	measurement the				
Novotronic	Look in: D PEJD			oller	
	Ó			d Found	
	ly Recent			Hicrotronic)	I U1.4, SNo2026
	Daukton				
	Desktop				
My	Documents				
	Computer				
	Comparer				
	Q				
M	ly Network File name. File	EJD.eps	•	Open	
	Files of type:	Measurement File: ".eps		Cancel	
Set File Names					
/ Measurement Result	10	· · ·			
DEFAULT3.EPS					2
	Set				
Data Log					
DEFAULT.LOG	- n - 1				
Vse Use					÷
Message DEFAULT MSG		8			
Ise State	Set	8			
Temperature Lon					1. E
DEFAULT.TEM					
🔽 Use	Set				
		· • •			
-novocontrol> Help Cancel	OK				
		1072		Frequency [Hz]	104
Welcome to Novocontrol's WinDETA					

Fig.14. Salvarea numelor fișierelor

4.8. Verificarea setărilor

Pentru a verifica setările impuse măsurătorii, din meniul **Measurement** se accesează opțiunea **Show Definitions**, ca în fig.15. Dacă se dorește modificarea acestor setări, acest lucru se poate face folosind pașii descriși anterior ($4.1. \div 4.7.$).

WinDETA V5.65 ><		- ē 🛛
File Measurement Analyzers Temp. Controller Graphics Setup Window		Help
🗖 Status 📃 🗖 🔀	Message	
Sepoint 25.0 °C Termo 24.8 °C Termo 0.0 °C/min Stee *** S T A B L E ***	<pre>VinDETA : Configuration data loaded VinDETA : Set device ALPHA or BETA Dielectric Analyzer VinDETA : Festing Howcontrol GFIG card, Driver V2.1 GFIG clock A HM2 Delay factor 1406.50 Delay factor 1406.50 Controller Tests passed iec_init : Neurontrol PCI-GFIG card found Neurontrol Initialized, Neuroncol Microtronic II V1.4, SHo2826 Neuroncol PCI-GFIG card footnot II V1.4, SHO2826</pre>	
Ela Edit Extrat Value Hab		
He Lat romat vew Hep SUESSED TIME 8 minutes	1	
FILE MAMES : E:\PEID\PEID.mgs 		
SAMPLE : PEID Comment : PEID Diameter = 4.000+01 mm 1 -spacer = 0.000+00 pm -spacer = 0.000+00 pm -spacer = 0.000+00 pm2		>
Edge compensation off		
START CONDITIONS : Acv = 1.000 vrms		?
END CONDITIONS : Heating Off	л. — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	
LIST ORDERING Prequency.[kz] 1: 1.000000e+01 Temperature ['C] 1: 25.00		
AVERAGING :	ē	
AUTO SKIP :		
IMPEDIACE OFVICE(S) : ALPHA, BETA Analyzer Reference Measurement Low Capacity open calibration : off Low Capacity open calibration : off Low Cost reference capacitor correction : on 4 wire pront State 4 wire of twe Lo Shield : off c effact coupling : correction : off Reference capacitor correction : off c effact coupling : correction : off Reference capacitor correction : off c effact coupling : correction : off multi point, 20nA single point integration time : Maximum of 0.500 Seconds or 1 Perf	;, 200na single point, 2 pa Default	
4		

Fig.15. Verificarea setărilor impuse măsurătorilor

4.9. Inlocuirea fisierelor implicite

Pentru a salva toate setările realizate la pasul 4.4., în fișierul prezent, din meniul File se selectează Save Preset (fig.16). Acestea pot fi utilizate în măsurători viitoare prin înlocuirea fișierelor implicite din meniul File \rightarrow Load Preset \rightarrow OK.

WinDETA V5.65 ><		_ # X
File Measurement Analyzers Temp, Controller Graphics Setup Window	Y	Help
Sans Sample Setpoin 25.0 °C Temp 24.8 °C Derivation 0.0 °C/min State *** S T A B L E *** Gas Heater Off Freq [Hi] 0.00+00 Z"[Ohms] 0.00+00 Z"[Ohms] 0.00+00	VinDETA : Configuration data loaded VinDETA : Set device ALPHA or BETA Dielectric Analyzer VinDETA : Testing Novocontrol GPIB card, Driver V2.1 GPIB clock 4 MHz Delay factor 1408.50 Mational GPIB 7210 Controller Tests passed iec_init : Novocontrol PCI-GPIB card found Novotherm : Initialized, Novocontrol Microtronic II V1.4, SNo2026	
		>
Save Preset File	Contine	
Save in: 🔁 PEJD 💽 🔶 🛍 🗰	G aprilas	
Wy Recent Documents Wy Documents Wy Documents Wy Documents Wy Documents Wy Documents Seve as type: Pleases Save Destrop Person File: *pre	Target (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	
	Frequency [Hz]	

Fig.16. Salvarea setărilor impuse măsurătorilor

4.10. Demararea măsurătorilor

Pentru a demara măsurătorile, din meniul Measurement se bifează opțiunea Start (Ctrl+R), ca în fig.17.

După accesarea opțiunii **Start,** softul WinDETA ne va anunța activare încălzirii celulei de măsură la temperatura setată, în cazul nostru temperatura stabilită a fost de 300 K (fig.18).



Fig.17. Demararea măsurătorilor



Fig.18. Activare încălzirii celulei de măsură la temperatura setată

4.11. Finalizarea măsurătorilor

Oprirea ciclului de măsurători se face automat, după realizarea tuturor analizelor în condițiile (frecvență, temperatură) stabilite anterior. La încheierea măsurătorilor, rezultatele precum și celelalte mesaje înregistrate în timpul măsurătorilor se află salvate în fișierele stabilite anterior la pasul 4.1.7.

Rezultatele obținute în urma măsurătorilor sunt afișate în fereastra **Online** a graficului, ca în fig.19.



Fig.19. Afișarea rezultatelor obținute în fereasta online a graficului

4.12. Salvarea și prelucrarea rezultatelor

a) Din meniul File, se accesează opțiunea Save Measurement As ASCII (fig.20), și se setează datele de interes ce se vor a fi prelucrate, precum: permitivitatea electrică complexă, partea reală ε' și imaginară ε'' , factorul de pierderi *Tan(Delta)* și unghiul de pierderi *Loss Angle (Delta)* [Deg], ca în fig.21. Datele sunt salvate ca fișier text.



Fig.20. Salvarea și prelucrarea rezultatelor obținute

VinDETA V5.65 >E:\PEJD\PEJD.eps<	
Measurement whatyzers rempiricultroller anaplitics secup window.	
Sample Sepoint 25.0 °C Temp 24.9 °C Derivation 0.0 °C/min Stele Stele Stele Gas Heater Off Intervention 1.00e-01 2'(Dhms) 1.55e+08 2''(Dhms) 2.48e+10	Heasurement : Neasurement started Heasurement : [2]=2.668+08 Ohrs -86.907° C-5.975e-11F R=4.929e+09 Ohns Heasurement : [2]=2.668+08 Ohrs -86.907° C-5.975e-11F R=4.929e+09 Ohns Heasurement : [2]=2.628+08 Ohrs -86.907° C-5.975e-11F R=4.929e+09 Ohns Heasurement : Waiting for temperature stabilization Heasurement : [2]=2.520e+09 Ohns -88.627° C-6.315e-11F R=1.052e+11 Ohns Heasurement : Image: Im
Save Result File as ASCII	🗖 Online 📃 🗖 🗖
Dependent Variables File Header	Graphics Ro
Permittivity' Nothing Save Geometry	→ The Residuation detection 0 -0 Inter Residuation detection -0 -0 Inter Residuation detection -0 <t< th=""></t<>
Permittivity" Nothing Save Fix Values	29
Tan(Delta) Nothing	
Uptons	
Specific Resistance (Oh A Tan(Pata) (Capacity Certify) (Cent (Capacity Certify) (Cent (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent (Cent)) (Cent) (Cent (Cent)) (Cent) (Cent (Cent)) (Cent) (Cent) (Cent) (Cent) (Cent) (Cent) (Cent) (Cent) (Ce	Ammandary 25 29 25 24 20 20 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25 25
-novocontrol>	10 ⁻² 10 ⁻¹ 10 ⁰ 10 ¹ 10 ²
	riequency (nx)

Fig.21. Salvarea rezultatelor de interes obținute

b) Datele astfel salvate pot fi prelucrate cu ajutorul diferitelor programe. În cazul analizat, fișierul *PEJD.txt*, va fi importat în programul Origin, astfel : **File** \rightarrow **Import** \rightarrow **Single ASCII**, ca în fig.22. Datele importate sunt prelucrate, pentru ca în final graficele dorite sa fie afișate ca în fig.23.

😸 Microsal Origin - UNITILID	
Ribs Edit Wew Flot Column Analysis Tools Format Whidow Help	
a marine Duu	
John Markan	
We Diversion Control C	
Page Supp	
Expert ASCIL Expert ASCIL	
Percent Fig. ASCII Options	
Put Lobus (W72)	
Excel (0.5)	
dgASE (DBF)	
<u>Q</u> pr	
Lab Jack	
Şond (WAV)	
Estimation -	
Enablished to the second se	
pOmp	
Resd ASCII file deta into the current window	Data1 NUM

Fig.22. Importul datelor în programul Origin



Fig.23. Prelucrarea datelor în programul Origin

c) În final, se oprește mai întâi softul WinDETA și abia apoi spectrometrul dielectric NOVOCONTROL.