

Utilizarea interfețelor grafice pentru vizualizarea și măsurarea off-line a mărimilor fizice înregistrate în timpul proceselor și fenomenelor de scurtă durată din laboratoarele pentru încercări

Marinel Popescu

ICMET Craiova, România

Bd. Decebal, 118A

marinel_popescu@yahoo.com

Ovidiu Mihaita

ICMET Craiova, România

Bd. Decebal, 118A

ovidiu.mihaita@yahoo.com

REZUMAT

În lucrare este descris modul în care se pot efectua, off-line, în mod grafic, măsurări ale mărimilor înregistrate la testele de laborator efectuate aparaturii electrice de comutație și echipamentelor electrotehnice.

Durata redusă a testului, viteza de desfășurare a fenomenelor, capacitatea limitată a simțurilor observatorului uman și, uneori, imposibilitatea refacerii testului recomandă înregistrarea evoluției mărimilor importante și analiza lor off-line. Sunt prezentate câteva elemente necesare realizării unei interfețe grafice care să permită utilizatorului vizualizarea evoluției mărimilor înregistrate pe durata testului, salvate în fișiere de date.

De asemenea, pentru formele de undă reprezentate în planul unei componente grafice tip *Chart*, este prezentat un mod simplu de marcarea a punctelor necesare determinării parametrilor, prin măsurare directă sau prin calcul, folosind datele din intervalul marcat.

O parte din fișierele de date utilizate pentru aceste exemple au fost sintetizate folosind aplicații prezentate într-o lucrare anterioară [1]. O altă parte este formată din fișiere obținute cu un sistem de achiziție profesional utilizat în timpul testelor de laborator [2], [3], [4].

Lucrarea se adresează studenților de la facultățile tehnice cu profil electric, care au realizat aplicații în limbajele Pascal sau Delphi, și propune o soluție simplă pentru dezvoltarea propriilor aplicații în care exemplele simple prezentate pot să fie integrate, adaptate sau dezvoltate.

Cuvinte cheie

Interfață, vizualizare, măsurare off-line, teste comutație.

Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

INTRODUCERE

Procesele și fenomenele ce se desfășoară în mediul înconjurător au uneori viteze de evoluție și durate de manifestare care depășesc capacitatea simțurilor noastre de a percepe și analiza obiectiv procesul sau fenomenul respectiv.

De aceea, în majoritatea cazurilor se face apel la mijloace de înregistrare rapidă a evoluției uneia sau mai multor

mărimi fizice care pot fi relevante pentru analiza procesului sau fenomenului.

Variațiile mărimilor fizice vizate sunt transformate în variații similare ale unor semnale electrice de către traductoarele prezente în mediul în care are loc procesul sau fenomenul. Sunt utilizate sisteme de achiziție bazate pe unități de procesare care “colectează eșantioane” din aceste semnale electrice și le salvează în fișiere de date pe suporturi de memorare. Fidelitatea înregistrării este dependentă de:

- capacitatea traductorului de a sesiza și de a urmări fidel evoluția mărimii măsurate;
- de valoarea frecvenței de eșantionare utilizată în raport cu variațiile posibile ale mărimii măsurate;
- de capacitatea sistemului de achiziție de a elimina influența surselor de perturbații, care pot fi câmpuri electrice sau magnetice prezente pe traseul de transmitere a semnalelor de măsurare de la traductorul aflat în zona de desfășurare a procesului (fenomenului) la sistemul de achiziție aflat la distanță de această zonă;
- de rezoluția oferită de sistemul de achiziție pentru reprezentarea eșantioanelor în format digital, etc.

Pentru a preîntâmpina apariția unor influențe nedorite, în sistemele de achiziție moderne, semnalele electrice de măsurare generate de traductor sunt convertite în semnale optice transmise prin fibră optică de la punctul de măsurare la cel de înregistrare, unde sunt reconvertite în semnale electrice pentru conversia analog-numerică.

Sunt cazuri în care conversia analog-numerică este realizată în punctul de măsurare de module numite “digitizare” alimentate de la acumulatori electrici [5]. Rezultatele conversiei analog-numerică sunt transmise serial prin fibra optică la unitatea de procesare care crează și salvează fișierele de date.

Această soluție este utilizată în laboratoarele pentru încercarea echipamentelor electrotehnice care sunt supuse unor teste de verificare a capacității acestora de a conecta și deconecta circuite electrice aflate la tensiuni mari și parcurse de curenți intensi, fără a suferi modificări structurale și funcționale deosebite. Durata testelor poate varia de la câteva zeci de milisecunde până la 2-3 secunde. În acest interval de timp obiectul testat face parte dintr-o schemă electrică de încercare în care sunt măsurate și înregistrate mărimi electrice (tensiuni, curenți), mărimi

mecanice (deplasări liniare și viteze de deplasare ale sistemelor de contacte mobile), etc. Ulterior, analiza off-line a formelor de undă înregistrate poate oferi informații importante despre evoluția parametrilor încercării și despre comportarea echipamentului pe durata testului. Analiza este efectuată cu ajutorul unor aplicații software care crează utilizatorului interfața cu informațiile din fișierele de date. Aplicația trebuie să permită:

- identificarea fișierului de date asociat unui test precizat și preluarea datelor în variabile temporare;
- identificarea parametrilor de reprezentare a datelor (perioada de eșantionare, factori de scală pentru semnalele înregistrate, etc.);
- determinarea duratei înregistrării sau a numărului de eșantioane;
- reprezentarea grafică punct cu punct a evoluției mărimilor înregistrate (vizualizarea evoluției mărimilor înregistrate);
- utilizarea unor instrumente de marcare și măsurare în planul reprezentării grafice;
- utilizarea efectelor “zoom” și “scroll horizontal” și “scroll vertical” pentru redarea detaliilor și schimbarea zonei analizate în planul reprezentării, etc.

REPREZENTAREA EVOLUȚIEI MĂRIMILOR.

Marcarea limitelor domeniilor de măsurare.

Pentru realizarea unei aplicații care să corespundă scopului declarat anterior se propune utilizarea mediului de dezvoltare integrat “Delphi” care oferă utilizatorului posibilitatea folosirii componentei *Chart* (*chart: grafic, diagrama*) pentru reprezentarea grafică a evoluției mărimilor măsurate.

Pe o formă pot fi plasate una sau mai multe componente *Chart* pentru reprezentarea uneia sau mai multor mărimi.

Se consideră că datele din fișier sunt reprezentate în unități ale mărimii fizice supuse analizei și sunt stocate în ordinea eșantionării. În etapa de inițializare datele sunt preluate de componentele unei variabile *Array* cu tipul numeric al datelor din fișier.

Se pot determina valorile minimă și maximă din șirul *Array* care vor servi la precizarea domeniului axei ordonate.

După atașarea unei serii *Chart*-ului utilizat, în cadrul unei bucle for, folosind procedura *Series1.Add()*, se reprezintă punctele care au drept coordonate:

- numărul de ordine al eșantionului sau al componentei variabilei *Array* (coordonata pentru axa absciselor). Acesta poate fi multiplicat cu valoarea perioadei de eșantionare pentru a transforma axa absciselor într-o axă a timpului;
- valoarea instantanee a mărimii măsurate, în momentul eșantionării (ordonata punctului).

Este urmărită apoi activitatea *mouse*-lui. Mișcarea *mouse*-lui în planul *Chart*-ului (*OnMouseMove* event) este un eveniment care trebuie să marcheze printr-un simbol grafic poziția cursorului și să afișeze în mod clar coordonatele acestuia în planul respectiv.

Aceste operațiuni se efectuează în cadrul procedurii asociate evenimentului mișcării *mouse*-lui (fig.1). În programul aplicației trebuie să fie declarate, de exemplu, ca variabile globale: *tmpX*, *tmpY*, *Pin.X*, *Pin.Y*, *Pfin.X*, *Pfin.Y*.

- *tmpX*, *tmpY* – coordonatele temporare, curente al cursorului în planul *Chart*-ului;
- *Pin.X*, *Pin.Y* – coordonatele punctului inițial memorate în momentul apăsării butonului stâng al *mouse*-lui;
- *Pfin.X*, *Pfin.Y* – coordonatele punctului final memorate în momentul eliberării butonului stâng al *mouse*-lui.

Este monitorizată activitatea butonului stâng al *mouse*-lui care este folosit pentru marcarea unor puncte de interes în planul *Chart*-ului. Apăsarea acestui buton (*MouseDown* event) are ca efect memorarea coordonatelor actuale ale cursorului în coordonatele punctului marcat inițial: *Pin* (*Pin.X*, *Pin.Y*). Eliberarea butonului (*MouseUp* event) are ca efect memorarea coordonatelor actuale ale cursorului în coordonatele punctului marcat la final: *Pfin* (*Pfin.X*, *Pfin.Y*).

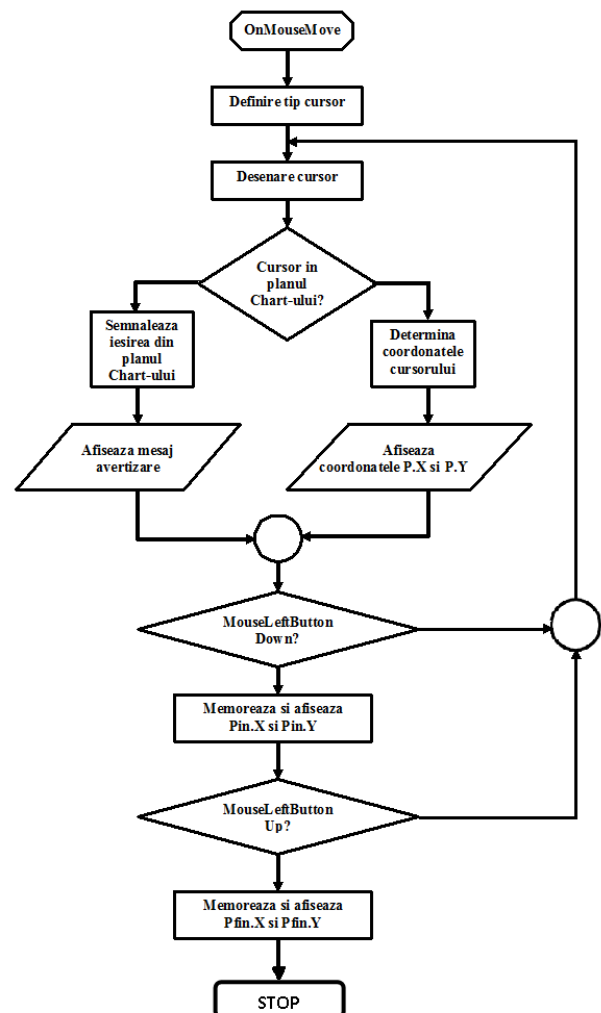


Figura 1. Succesiunea evenimentelor pentru marcarea unui domeniu

O succesiune de evenimente de tipul *MouseDown-MouseMove-MouseUp* permite marcarea și memorarea coordonatelor a două puncte diferite în planul

componentei *Chart* folosită ca suport de reprezentare grafică (fig.2).

Cu coordonatele omoloage ale celor două puncte pot fi efectuate operații matematice. Acest fapt crează posibilitatea efectuării de măsurări în coordonate absolute sau relative în planul respectiv. Folosind această posibilitate, programatorul poate crea pentru utilizator un set de instrumente de analiză care să-i permită evaluarea cantitativă și calitativă a unui fenomen sau proces de scurtă durată, greu sau chiar imposibil de urmărit și de analizat de către observatorul uman.

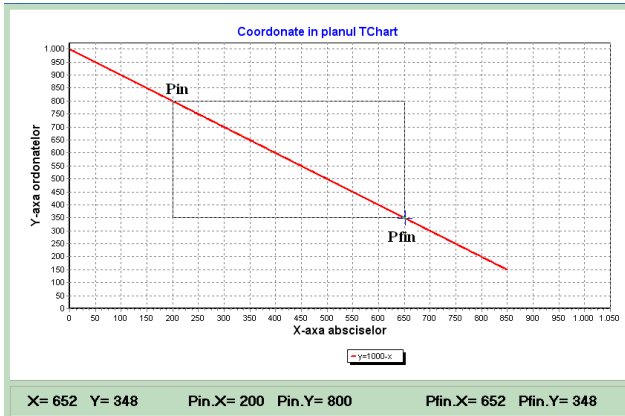


Figura 2. Marcarea punctelor P_{in} și P_{fin} pe graficul dreptei $y=1000-x$

EXEMPLE DE UTILIZARE

Determinarea vitezei de creștere, dy/dt , și a timpului de creștere, t_c , pentru mărimi în regim tranzitoriu

Acestă măsurare se aplică în cazul înregistrărilor unor mărimi oscilant-amortizate și utilizează coordonatele punctelor inițial și final memorate în cadrul evenimentelor *ChartMouseDown* și *ChartMouseUp*.

Evoluția mărimii de ieșire oscilant-amortizate în regimul tranzitoriu al sistemelor electrice este dependentă de forma mărimii de intrare care produce acel regim și de parametrii sistemului.

Astfel, când mărimea de intrare, x , are o variație de tip treaptă, mărimea de ieșire, y , poate să oscileze cu amplitudine descrescătoare până când se stabilizează la valoarea de regim staționar, y_{st} [6], [7].

Pe curba mărimii de ieșire y se fixează punctul inițial cu ordonata $P_{in}.Y=0,1 y_{st}$ și se apasă butonul stâng al *mouse*-lui (se memorează coordonatele punctului inițial). Cu butonul apăsat se fixează punctul final cu ordonata $P_{fin}.Y=0,9 y_{st}$ și se eliberează butonul *mouse*-lui (se memorează coordonatele punctului final). Cu aceste date se pot calcula:

- variația

$$dx = P_{fin}.X - P_{in}.X$$

care reprezintă timpul în care y crește de la $0,1 y_{st}$ la $0,9 y_{st}$, adică t_c ;

- variația

$$dy = P_{fin}.Y - P_{in}.Y$$

și raportul

$$dypdx = dy/dx$$

care reprezintă viteza de variație a lui y pe porțiunea crescătoare, aproximativ liniară.

Opțional se poate trasa un segment de dreaptă în planul *Chart* între P_{in} și P_{fin} .

Forma de undă asemănătoare celei reprezentată în fig. 3. poate fi întâlnită în înregistrările testelor de deconectare a circuitelor cu un întreruptor, când între contacte apare tensiunea tranzitorie de restabilire suprapusă peste tensiunea aplicată circuitului de test.

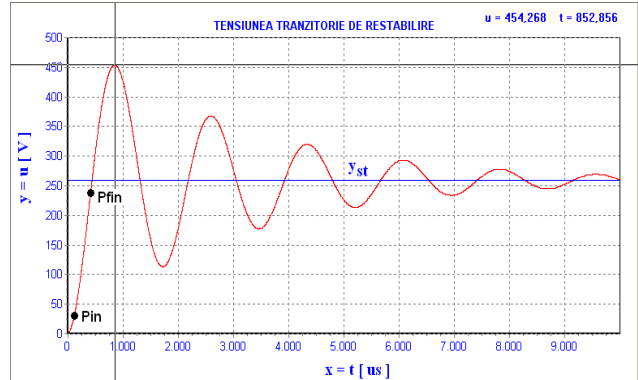


Figura 3. Marcarea punctelor pentru măsurarea vitezei de variație a mărimii măsurate

Determinarea supracreșterii- σ , (suprareglajului)

Folosind forma de undă din figura anterioară, se fixează P_{in} pe primul maxim al mărimii y și P_{fin} pe y_{st} , la aceeași abscisă cu P_{in} . Pentru calcul se utilizează relația:

$$\sigma = P_{in}.Y - P_{fin}.Y$$

Procedura de determinare a supracreșterii σ poate continua cu determinarea factorului de amortizare pe baza relației ce leagă cele două mărimi [6], [7].

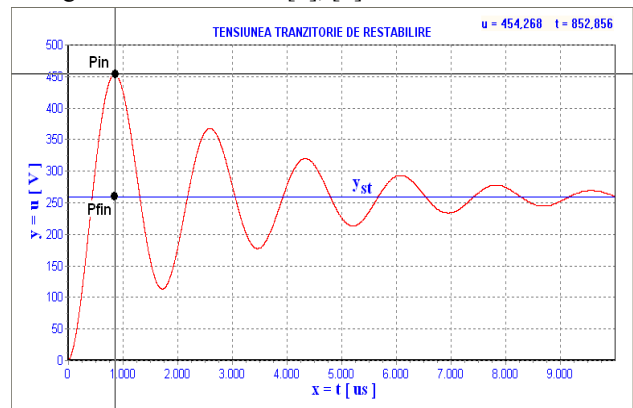


Figura 4. Marcarea punctelor pentru măsurarea supracreșterii

Determinarea perioadei- T și a frecvenței- f

Folosind aceeași formă de undă, se fixează P_{in} la prima intersecție a curbei y cu y_{st} și P_{fin} la cea de-a treia intersecție (fig.5). Perioada sinusoidii amortizate se determină cu relația:

$$T = P_{fin}.X - P_{in}.X$$

În același mod se procedează și în cazul unui semnal periodic nesinusoidal pentru a marca una sau mai multe perioade întregi. Trebuie însă observat cu atenție care este zona finală din reprezentarea grafică în care forma de undă repetă forma din zona inițială.

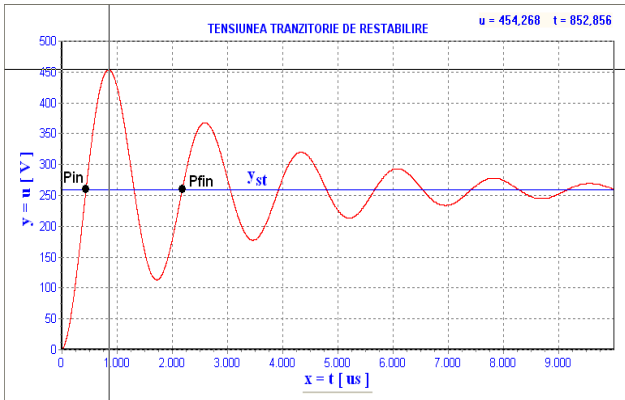


Figura 5. Marcarea punctelor pentru măsurarea perioadei

Determinarea timpului de stabilizare- t_{st}

În acest caz P_{in} se fixează la intersecția axei ordonatei cu y_{st} și P_{fin} în punctul în care y intră definitiv în banda $[y_{st}-\epsilon, y_{st}+\epsilon]$, unde ϵ este eroarea admisă pentru y în raport cu y_{st} în regim staționar.

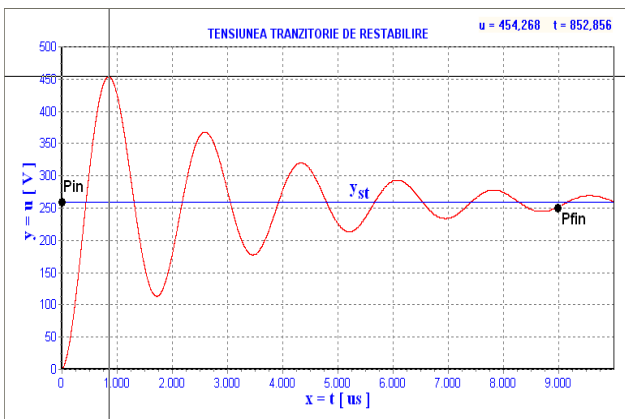


Figura 6. Marcarea punctelor pentru măsurarea timpului de stabilizare

Determinarea constantei de timp a circuitului din variația aperiodică a mării de ieșire, y

Se marchează $P1$ ca punct inițial și $P2$ ca punct final. Ambele puncte se găsesc pe înfășurătoarea exponențială care unește punctele de maxim ale semialternanțelor pozitive ale mării I_{sc} . Se poate scrie pentru fiecare punct o ecuație de forma [8], [9]:

$$P1.Y = I_{sc} e^{-\frac{t_1}{T}}, t_1 = P1.X$$

$$P2.Y = I_{sc} e^{-\frac{t_2}{T}}, t_2 = P2.X$$

I_{sc} – valoarea inițială a componentei exponențiale aflată la intersecția înfășurătoarei cu axa ordonatei;

T – constanta de timp a circuitului parcurs de I_{sc} ;

t_1 – momentul atingerii maximului $P1.Y$;

t_2 – momentul atingerii maximului $P2.Y$;

Calculând logaritmul natural al membrilor din stanga și din dreapta semnului egal se obține:

$$\ln(P1.Y/P2.Y) = (t_2 - t_1)/T$$

$$T = (t_2 - t_1) / \ln(P1.Y/P2.Y)$$

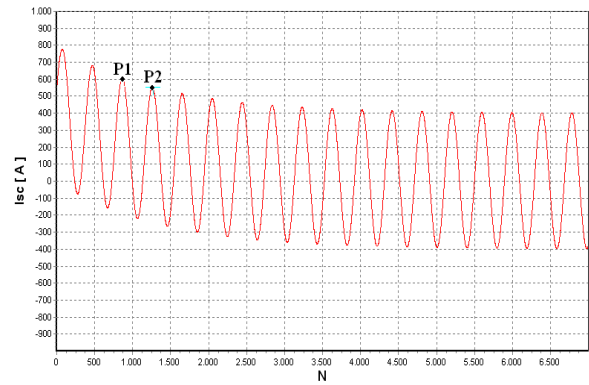


Figura 7. Marcarea punctelor de măsurare pe oscilograma curentului cu componentă aperiodică.

Determinarea factorului de formă, k_f , al semnalelor periodice nesinusoidale

Figura de mai jos prezintă două semnale cu forma de undă diferită de cea sinusoidală. Pentru calcularea raportului dintre valoarea efectivă, U_{ef} , și valoarea medie (redresată), U_{med} , a fiecărui semnal (raport numit factor de formă, k_f) se marchează punctele $P1$ și $P2$ care definesc intervalul de analiză.

Acesta trebuie să fie format dintr-un număr întreg de perioade ale semnalului analizat. Folosind eșantioanele din acest interval, prin integrare numerică, se calculează:

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_k^2}$$

$$U_{med} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_k$$

$$k_f = U_{ef} / U_{med}$$

N – numărul de eșantioane din intervalul de analiză marcat prin $P1$ și $P2$ (presupunând eșantionarea uniformă).

$P1$ – punctul inițial al domeniului de analiză;

$P2$ – punctul final al domeniului de analiză.

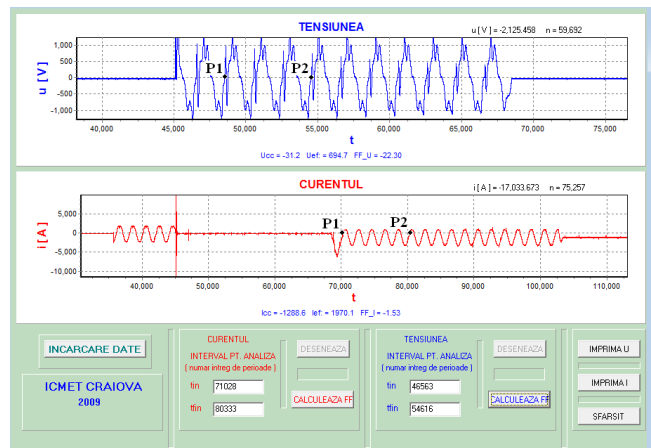


Figura 8. Interfața pentru determinarea factorului de formă a două unde distorsionate

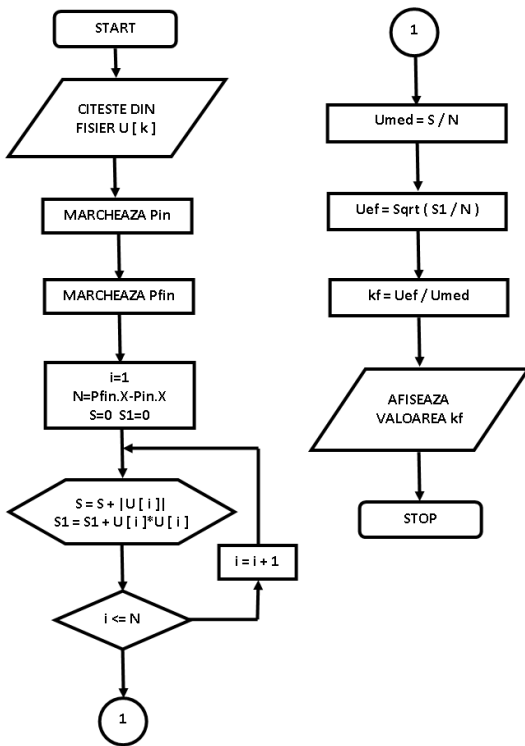


Figura 9. Organigrama algoritmului de calcul pentru determinarea factorului de formă al unei unde distorsionate.

Determinarea conținutului de armonice al unui semnal periodic nesinusoidal

Analiza armonică a unui semnal nesinusoidal constă în găsirea tuturor semnalelor armonice (sinusoidale) care prin superpoziție dau ca rezultat semnalul analizat. Analiza se face pe un interval de timp egal cu un număr întreg de perioade (cel puțin una). Se face reeșantionarea software a semnalului în intervalul marcat [Pin, Pfin] pentru a obține un număr de 2N+1 eșantioane. Acestea vor fi utilizate într-un sistem de ecuații pentru a găsi componentele reale și imaginare ale celor N armonice și a componentei de curent continuu. Algoritmul utilizat, care are la bază seriile Fourier discrete, nu va fi prezentat în aceasta lucrare.

În fig.10 este prezentat un semnal dinte de fierăstrău, iar în fig.11, un semnal alternativ cu două pulsuri sinusoidale pe semialternanță.

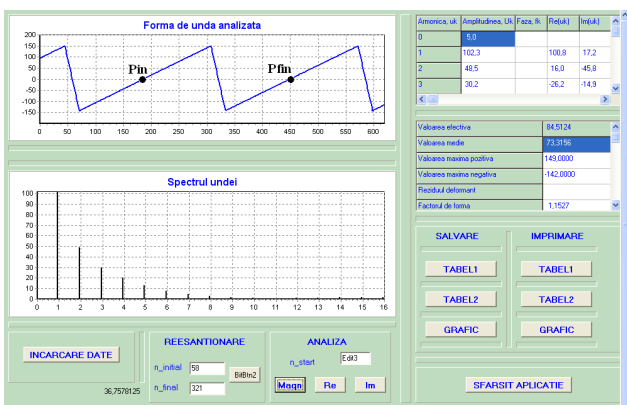


Figura 10. Interfața simplă pentru determinarea spectrului unui semnal nesinusoidal.

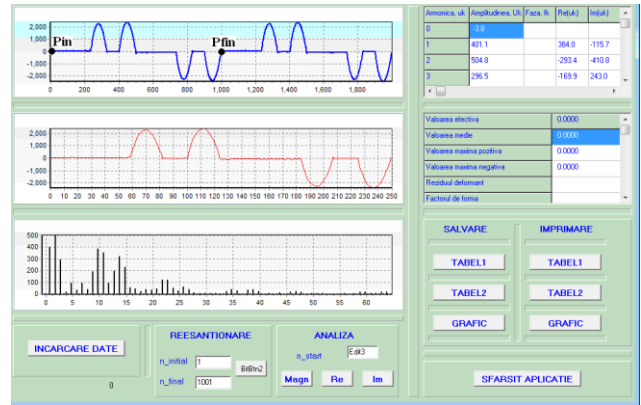


Figura 11. Determinarea spectrului unui semnal alternativ cu două pulsuri sinusoidale pe alternanță.

Determinarea valorii efective a unui semnal alternativ prin metoda celor trei extreme succesive

Metoda se poate aplica în cazul în care semnalul analizat este format prin superpoziția unei componente de curent alternativ peste o componentă aperiodică (cazul curentului de scurtcircuit asimetric).

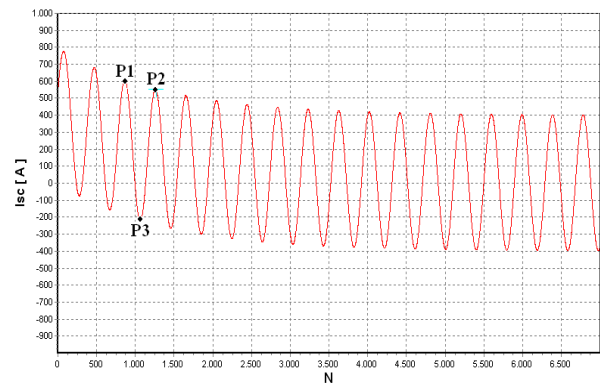


Figura 12. Determinarea valorii efective a unui semnal folosind metoda celor trei extreme (vârfuri) succesive.

Această metodă grafică de determinare a valorii efective a unui semnal cu evoluția din fig. 12 constă în marcarea și memorarea coordonatelor punctelor P1, P2 și P3 în planul Chart-ului pe care se face reprezentarea.

Ordonatele celor trei vârfuri (P1.Y, P2.Y, P3.Y) vor constitui termenii relației de calcul de mai jos [10]:

$$I_{scef} = (0.5(P1.Y + P2.Y) - P3.Y) / \sqrt{8}$$

I_{scef} – valoarea efectivă a curentului din figură.

Determinarea valorii energiei unui semnal cu ajutorul metodei grafice

Pentru determinarea valorii energiei trebuie precizat intervalul de timp pentru care se calculează această energie.

Definirea intervalului se face folosind marcarea punctelor de început Pin și de sfârșit al intervalului, Pfin. Diferența Pfin.X-Pin.X dă lungimea intervalului de timp pentru care urmează să se facă integrarea.

Considerand că în intervalul [Pin.X, Pfin.X] sunt M+1 eșantioane ale semnalului atunci perioada de eșantionare T_e are valoarea:

$$Te=(P_{fin.X}-Pin.X)/M$$

Notând cu $y(i)$ un eșantion din intervalul $[Pin.X, P_{fin.X}]$ atunci energia $E(i)$ ce i se asociază se poate calcula prin metoda dreptunghiurilor cu relația:

$$E(i) = y^2(i) * (P_{fin.X} - Pin.X) / M$$

Energia totală E se va obține prin însumarea celor M energii parțiale de forma $E(i)$.

Seria exemplurilor poate continua și poate fi completată de către realizatorul aplicației.

CONCLUZII

Elementele expuse în paragrafele anterioare evidențiază o soluție reală pentru realizarea unei interfețe adecvată efectuării măsurărilor în regim grafic.

Interfața își dovedește utilitatea în cazul necesității vizualizării evoluției unor mărimi relevante înregistrate în timpul desfășurării unor procese sau fenomene rapide. Se menționează aici, ca exemplu, regimurile tranzitorii ale mărimilor electrice ce au loc în laboratoarele de încercări pentru echipamentele electrotehnice.

Domeniul de aplicare poate fi extins la vizualizarea "amprenteii" altor fenomene specifice altor domenii de activitate în care mărimile înregistrate sunt evaluate calitativ și cantitativ în cadrul unei proceduri off-line.

Metoda descrisă în lucrare a fost utilizată cu succes în cadrul unor aplicații tehnice care includ minisisteme de achiziție cu cost redus [11], [12].

Pentru dezvoltatorii de aplicații se crează posibilitatea preluării și reprezentării grafice a datelor din orice fișier în al cărui antet sunt specificate informațiile referitoare la parametrii achiziției (perioada de eșantionare, factori de scală, etc.).

Sintetizând informațiile din capitolele anterioare se pot distinge următoarele etape esențiale pentru aplicarea metodei:

- preluarea datelor din fișier și reprezentarea grafică ținând seama de informațiile menționate anterior;
- marcarea punctelor de interes în concordanță cu natura măsurării efectuate;
- utilizarea relațiilor de calcul după marcarea ultimului punct necesar obținerii rezultatului;
- afișarea rezultatului măsurării în unități ale mărimii fizice măsurate.

Cu rezultate foarte bune se poate utiliza o componentă *Image* inserată într-o casetă *ScrollBar* care permite defilarea reprezentării grafice pentru analiza diverselor zone de interes.

Procedurile de marcarea și de memorare a coordonatelor punctelor pot fi asociate aceluiași eveniment legat de activitatea mouse-ului cât timp acesta se află pe suprafața componentei *Image*.

Pe lângă componentele de tip *Chart* pe interfața grafică pot fi plasate componente *StringGrid* care sau *Label* în care să se afișeze valorile exacte ale mărimii măsurate. Reprezentarea în planul *Chart*-ului se face prin rotunjirea valorilor coordonatelor pentru cele două axe.

Dacă lista variabilelor afișate este redusă afișarea valorilor se poate face pe o bară de stare (*StatuBar*) plasată în partea inferioară a formei.

REFERINȚE

1. Popescu M. Iancu C. - Utilizarea interfetelor LabView pentru generarea formelor de unda și a fișierelor specifice încercării aparatelor electrice de comutație. A 9-a Conferința Națională de Interacțiune Om-Calculator, București, 6-7 Septembrie 2012.
2. *** - ISOBE5600-Measurement and transmission systems with fiber-optic isolation. <http://www.hbm.com/en/menu/products/measurement-electronics-software/specialized-data-acquisition-systems/power-and-isolation-products/isobe5600/>
3. *** - GEN5i - Portable high speed DAQ and transient recording. www.hbm.com/en/menu/products/measurement-electronics-software/high-speed-data-acquisition/
4. Michael Hoyer, Michael Hoyer, Carlos Mata, Molly Blakewell – Use high-speed data acquisition systems to measure transient electrical events. www.embedded.com/design/test-and-measure/4235209
5. *** - MV6600 / HV6600 Isolated Digitizer. www.hbm.com/en/menu/products/measurement-electronics-software/specialized-data-acquisition-systems/power-and-isolation-products/mv6600-hv6600/
6. ***-L5_Analiza_in_timp_2.pdf www.shiva.pub.ro/PDF/TRA/L5_Analiza_in_timp_2/
7. *** - Studiul proceselor tranzitorii din aparatele electrice de comutație. www.aparate.elth.ucv.ro/Echipamente%20electrice%20I/Laborator/Studiul...
8. ***-Studiul fenomenului de scurtcircuit.pdf, http://cfcem.ee.tuiasi.ro/catedra/nou/resurse/Capitolul4-Studiul_fenomenului_de_scurtcircuit.pdf
9. ***-Root Mean Square. http://en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_square
10. ***-STL technical report. STL-TC 2003
11. Marin Popescu, Costel Caramida – Conferința Națională de Actionari Electrice, CNAE 2010, Low Cost System for Waveform Continuous Analysis, Craiova, 7-8 Octombrie 2010, Sisteme de Achiziție și Monitorizare, ISSN 1842-4805.
12. Marin Popescu, Laurentiu Vlădoi – Conferința Națională de Actionari Electrice, CNAE 2010, Data Acquisition System for Testing Mechanical Endurance of Electrical Disconnectors, Craiova, 7-8 Octombrie 2010, Sisteme de Achiziție și Monitorizare, ISSN 1842-4805.