

Utilizarea interfețelor LabView pentru generarea formelor de undă și a fișierelor specifice încercării aparatelor electrice de comutație

Marinel Popescu

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și
Încercări pentru Electrotehnică, ICMET

Bd. Decebal, 118A, Craiova
marinel_popescu@yahoo.com

Constantin Iancu

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și
Încercări pentru Electrotehnică, ICMET

Bd. Decebal, 118A, Craiova
lmp@icmet.ro

REZUMAT

Lucrarea prezintă câteva aspecte ale activității desfășurate în laborator pentru încercări de natură electrică efectuate aparatelor de comutație și echipamentelor electrotehnice. Sunt evidențiate elementele principale ale montajelor realizate pentru efectuarea testelor, mărimile fizice măsurate și înregistrate și traductoarele utilizate.

Scopul lucrării este acela de a prezenta un mod simplu de generare și vizualizare interactivă a evoluției mărimilor înregistrate și analizate în cazul funcționării aparatelor de comutație în regim tranzitoriu.

Lucrarea se adresează studenților facultăților cu profil electric și oferă punctul de plecare și suportul necesar pentru dezvoltarea de mijloace de autoinstruire specifice studiului regimurilor dinamice ale aparatelor electrice.

Ca element de noutate, lucrarea evidențiază modul de generare interactivă a formelor de undă și a fișierelor de date. De asemenea, este permisă analiza și vizualizarea în mod interactiv a parametrilor obținuți.

Cuvinte cheie

Aparate de comutație, regim tranzitoriu, interfață interactivă, sinteză semnale, generare fișiere.

Clasificare ACM

I.6. Simulation and modeling.

INTRODUCERE

Verificarea funcționării aparatelor electrice de comutație în conformitate cu prevederile standardelor de specialitate și cu cele ale documentației tehnice a producătorului se realizează prin efectuarea unor teste în laboratoare de încercări. Sunt supuse verificării exemplare ale produselor noi sau ale celor modernizate.

Încercările pot avea ca scop verificarea unor caracteristici tehnico-funcționale de natură electrică, mecanică, climatică, fizico-chimică, etc. În cadrul lucrării se face referire la încercările de natură electrică la care sunt supuse aparatele electrice de comutație destinate integrării în circuite și echipamente electrotehnice și electroenergetice.

Mijloacele de încercare, măsurare și înregistrare nu sunt totdeauna accesibile studenților interesați de analiza evoluției mărimilor fizice măsurate pe durata desfășurării proceselor de comutație ale aparatelor electrice de mare putere.

În timpul testelor de verificare a aparatelor electrice se folosesc tensiuni și curenți cu valori mari (adesea kV, kA). Aceste mărimi fizice sunt generate și transformate cu ajutorul unor echipamente energetice speciale: generatoare sincrone de putere, transformatoare de șoc, etc. În timpul efectuării testelor tensiunile și curenții evoluează în regim tranzitoriu și sunt înregistrate cu echipamente speciale numite “înregistratoare de fenomene tranzitorii” care conțin resursele hardware și software necesare achiziției și analizei semnalelor de măsurare asociate acestor mărimi.

Mijloacele tehnice menționate mai sus fac parte din dotarea laboratoarelor de încercări și sunt utilizate de operatori cu grad înalt de specializare.

Sunt prezentate câteva interfețe simple, realizate ca panouri de comandă, utilizate pentru sinteza și “înregistrarea” formelor de undă ale tensiunilor și curenților întâlnite în timpul solicitărilor termice și dinamice ale aparatelor electrice. Aceste interfețe sintetizează funcția de achiziție întâlnită în cazul înregistratoarelor de fenomene tranzitorii.

Evoluția semnalelor de măsurare generate de traductoarele de tensiune și de curent urmează să fie salvată în fișiere de date care ulterior vor fi accesate pentru vizualizare și efectuare de măsurări în regim grafic și pentru determinarea parametrilor formelor de undă respective: valori de șoc, supracreșteri, perioade, decrement logaritm, valoare efectivă, etc. Aplicația căreia i se rezervă acest rol nu face obiectul acestei lucrări. Ea va realiza funcțiile de vizualizare și măsurare în mod grafic, întâlnită în cazul sistemelor de achiziție și măsurare multicanal, bazate pe structuri hardware complexe [1].

În general, rolul aparatelor electrice este acela de a închide sau deschide căi de conducție a curentului în circuite electrice în prezența sau în absența tensiunii. Comutația se poate realiza în condiții normale de funcționare când curentul și tensiunea în circuitele respective nu depășesc valorile nominale ale aparatului sau se poate realiza în condiții de “avarie” când tensiunea sau curentul pot depăși cu mult valorile nominale.

Producerea comutației în condiții de “avarie” sau de defect intern poate să conducă la apariția:

► unor supratensiuni care pot pune în pericol izolația între căile de curent aflate la potențiale diferite sau pot îngreuna întreruperea arcului electric și refacerea

rigidității dielectrice a mediului în zona separării contactelor;

► unor supracurenți care pot crea, între căi conductoare paralele, forțe electrodinamice ce pot produce deformarea conductoarelor, deteriorarea sau distrugerea suporturilor electroizolanți ai acestor căi, deteriorarea sau distrugerea îmbinărilor mecanice ale căilor respective;

► unor supracurenți care pot produce pierderi de energie prin efect Joule-Lenz, și care în zonele cu rezistență electrică mare (îmbinări mecanice, suduri, secțiuni reduse ale conductoarelor, zona contactelor) pot să producă încălziri excesive ale căilor de curent, perlarea sau oxidarea contactelor, topirea metalului sau întreruperea căilor de curent.

O parte din aparate trebuie să aibă capacitatea de a întrerupe astfel de curenți în locul în care sunt montate și de a asigura protecția circuitelor electrice în care sunt integrate. Verificarea capacității de rupere se face la valoarea curentului de scurtcircuit aplicat pentru 0,05...0,1 s. De asemenea, aparatele trebuie să fie stabile din punct de vedere dinamic la acțiunea curenților de scurtcircuit, adică trebuie să aibă capacitatea de a suporta curentul maxim de șoc pentru un interval de timp precizat (1...3 s) fără a fi afectată rezistența mecanică a acestora. În mod asemănător, aparatele trebuie să aibă stabilitate termică la acțiunea curenților de scurtcircuit, adică încălzirea elementelor aparatelor în prezența curenților de scurtcircuit pentru un interval de 1 s să nu depășească limitele maxim admise [2], [3], [4].

PREZENTAREA PROCESULUI DE TESTARE

Încercările în condiții de laborator reproduc condițiile reale și solicitările ce pot să apară în funcționarea aparatului și au rolul de a evidenția capacitatea aparatului de a face față acestor solicitări.

În funcție de tipul aparatului sau echipamentului testat, de tipul verificării și de solicitările producătorului se pot realiza diverse montaje care asigură alimentarea aparatului mono, bi sau trifazat. În figura de mai jos se prezintă o schemă de test pentru verificarea unui aparat de comutație (ACT) alimentat trifazat. Montajul conține:

- o sursă de alimentare cu energie (grup motor-generator sincron trifazat, rețea electrică);
- un întreruptor electric (I) folosit pentru deconectarea sursei de energie de la montaj la sfârșitul testului;
- un scurtcircuitor (SC) pentru conectarea sursei la montaj în momentul începerii testului;
- bobine (L) pentru limitarea curentului de încercare la valoarea necesară efectuării testului;
- transformator de separare și adaptare a curentului sau tensiunii (Tr) la nivelul impus de efectuarea testului;
- impedanța (Z) alimentată de la sursă prin aparatul de comutație testat (ACT);

► traductoare pentru măsurarea mărimilor de interes: curenți (cu valori de ordinul x1kA, x10 kA, pentru care se folosesc ca traductoare șunturile S1...S3 sau

transformatoare de măsurare pentru curent, traductoare Rogowski) sau tensiuni (cu valori x100 V...x10 kV, pentru care se folosesc ca traductoare divizoarele de tensiune D1...D3 sau transformatoare de măsurare pentru tensiune).

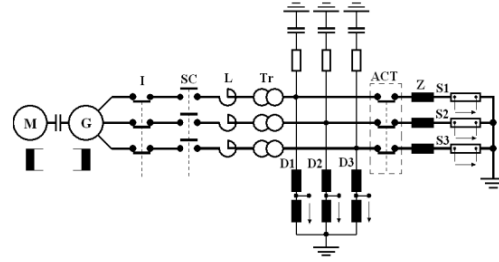


Figura 1. Exemplu de schemă de test utilizată la realizarea montajului pentru efectuarea încercării.

Pe durata efectuării testului semnalele de măsurare generate de aceste traductoare sunt achiziționate de un sistem pentru înregistrarea proceselor tranzitorii iar formele de undă, care reflectă evoluția lor pe durata testului, sunt expuse pe suprafața unui monitor. Aici, prin metode grafice, se pot face măsurări și determinări ale unor parametri specifici: valoare de șoc, amplitudine, valoare efectivă, viteză de creștere, timp de creștere, durata regimului tranzitoriu, durata întârzierilor la închiderea sau la deschiderea contactelor aparatului, etc.

Operatorul din sala de comandă a laboratorului are posibilitatea de a selecta momentul inițial, al conectării montajului la sursă (închiderea SC), momentul final, al deconectării montajului de la sursă (deschiderea I) și durata totală a testului cu ajutorul unui echipament electronic numit adesea “programator al secvențelor de comandă”. De asemenea, operatorul poate modifica atât faza inițială cât și amplitudinea tensiunii de alimentare folosită pentru încercare folosind potențiometrele programatorului și cele ale circuitului de reglare a curentului de excitație al generatorului sincron folosit ca sursă de alimentare cu energie [5].

În fig.2. este prezentat un exemplu de înregistrare obținută cu un sistem de achiziție profesional utilizat pe durata unui test de verificare a stabilității dinamice a unui aparat de comutație trifazat.

“Înregistrări” asemănătoare pot fi obținute cu ajutorul generatoarelor de formă de undă virtuale a căror utilizare reproduce succesiunea etapelor parcurse în timpul testelor din laborator.

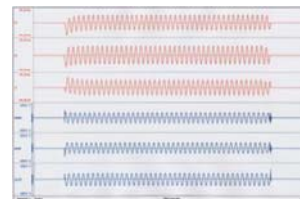


Figura 2. Înregistrarea formelor de undă ale semnalelor de măsurare pe durata încercării.

Se prezintă în continuare câteva exemple de interfețe ale generatoarelor de formă de undă specifice încercărilor din laboratoarele de mare putere.

GENERAREA FORMELOR DE UNDĂ ȘI A FIȘIERELOR DE DATE

Cazul scurtcircuitului monofazat

Interfața creată pentru generarea formelor de undă ale mărimilor achiziționate este realizată cu ajutorul elementelor de control oferite de mediul de dezvoltare LabView [6]. Interfața este organizată ca un panou de comandă și vizualizare, este populată cu controale tip “slide”, “knob” și indicatoare tip “numeric indicator” și “waveform graph”.

La efectuarea încercării de scurtcircuit monofazat este utilizată tensiunea creată de o singură fază a generatorului care este aplicată unui aparat monofazat sau unui singur pol al unui aparat trifazat. Tensiunea se aplică în intervalul de timp scurs între momentul închiderii scurtcircuitului SC și cel al deschiderii întreruptorului I. În cadrul interfeței din fig.3. aceste momente pot fi alese folosind controale de tip “slide” plasate în zona programatorului secvențelor de comandă.

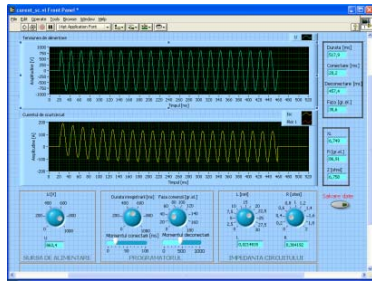


Figura 3. Interfața pentru generarea formelor de undă în cazul scurtcircuitului monofazat

Acesta este un ansamblu de module electronice care asigură sincronizarea comenzilor aparatelor de conectare și deconectare (SC, I) cu momentele trecerii prin zero ale tensiunii generatorului, aleasă ca semnal de referință. Folosind programatorul, operatorul poate selecta momentul conectării, cel al deconectării, durata testului și faza inițială a tensiunii în momentul conectării.

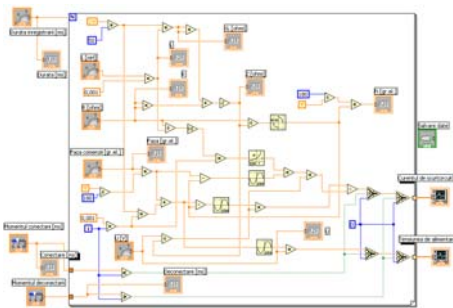


Figura 4. Diagrama-bloc pentru cazul scurtcircuitului monofazat

În zona elementelor care formează impedanța circuitului de test sunt plasate două controale de intrare tip “knob” care oferă utilizatorului posibilitatea de a prescrie valorile inductivității și rezistenței echivalente ale circuitului. Simultan cu modificarea poziției acestor controale are loc actualizarea conținutului celor doua display-uri care preiau

funcția de afișare pentru vizualizare oferită, în cazul real, de sistemul de achiziție. În partea dreaptă a interfeței sunt fixate indicatoare numerice pentru parametrii specifici acestei structuri.

Cazul scurtcircuitului trifazat

La efectuarea încercării de scurtcircuit trifazat sunt utilizate toate cele trei tensiuni create la borne de generatorul sincron folosit ca sursă de alimentare cu energie. Pentru indicarea valorii tensiunii utilizată pentru efectuarea testului a fost introdus un indicator tip “gauge” (fig.5.)

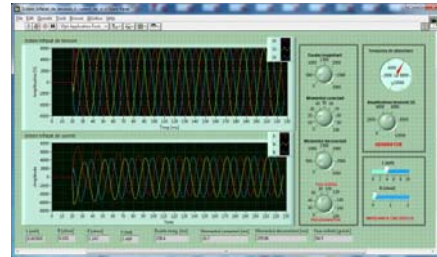


Figura 5. Interfața pentru generarea formelor de undă în cazul scurtcircuitului trifazat

Elementele interfeței rămân aceleași, doar dispunerea lor în planul panoului de comanda și vizualizare a fost modificată: partea stângă a fost rezervată funcției de vizualizare (conține indicatoarele), în timp ce partea dreaptă conține elementele de intrare (controalele) pentru realizarea funcției de comandă. Zona de vizualizare este mai densă datorită faptului că pe suprafața unui “waveform graph” sunt reprezentate trei forme de undă. Acționarea unui element din zona de control are efect instantaneu asupra tuturor formelor de undă din zona de vizualizare.

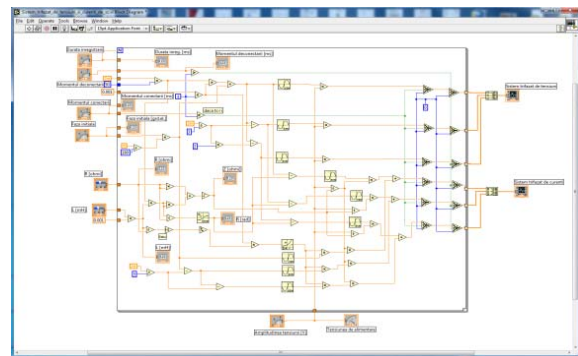


Figura 6. Diagrama-bloc asociată interfeței pentru generarea formelor de undă în cazul scurtcircuitului trifazat

Acest fapt permite utilizatorului să observe efectul produs de modificarea parametrilor elementelor de circuit și de modificarea fazei inițiale, la momentul conectării, asupra evoluției formelor de undă: modificarea valorii de șoc a curentului, modificarea valorii și duratei componente aperiodice, modificarea fazei sistemului trifazat în cadrul căreia au loc aceste transformări.

Cazul tensiunii tranzitorii la comutarea în curent continuu

Atunci când aparatele de comutație întrerup curenți de scurtcircuit apar regimuri tranzitorii ale tensiunii în care peste tensiunea continuă se suprapune o tensiune tranzitorie cu frecvență ridicată. Din superpoziția celor două componente pot rezulta supratensiuni cu efecte nedorite asupra funcționării circuitelor și echipamentelor. Cunoașterea evoluției componentei tranzitorii se poate realiza prin analiza răspunsului la semnal treaptă a circuitului echivalent al montajului de test. Interfața din fig.7. oferă elementele necesare generării componentei tranzitorii cu scopul determinării parametrilor specifici: timpul de întârziere, timpul de creștere, panta de creștere, supracreșterea, durata regimului tranzitoriu, frecvența proprie de oscilație, decrementul logaritmic, etc.

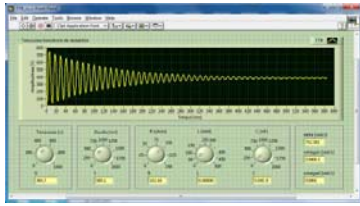


Figura 7. Interfața pentru generarea formei de undă a tensiunii tranzitorii de restabilire (t.t.r.) la comutarea în curent continuu (c.c.)

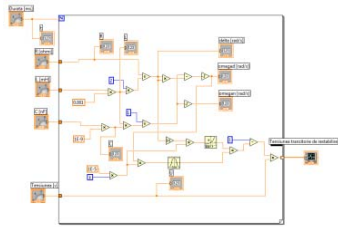


Figura 8. Diagrama-bloc asociată interfeței pentru generarea formei de undă a t.t.r. la deconectarea în c.c.

Cazul tensiunii tranzitorii la comutarea în curent alternativ

Întreruperea curentului ce străbate o cale de conducție poate fi însoțită de apariția superpoziției între unda cu frecvență industrială și unda tranzitorie cu frecvență ridicată. Cunoașterea parametrilor undei rezultante este utilă pentru aprecierea capacității de comutație a aparatului.

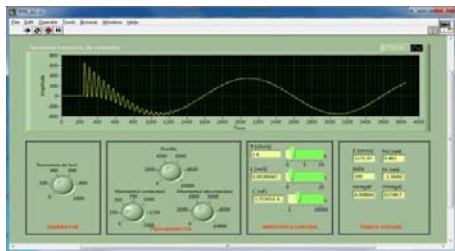


Figura 9. Interfața pentru generarea formei de undă a (t.t.r.) la comutarea în curent alternativ (c.a.)

CONCLUZII

Lucrarea pune la dispoziția cititorului mijloace virtuale de modelare a unor fenomene reale întâlnite în practică, în laboratoarele de încercare a aparatelor electrice de comutație. Este prezentată o metodă simplă și eficientă de generare a formelor de undă care reflectă evoluția mărimilor fizice măsurate, înregistrate și vizualizate în timpul testelor. Sunt utilizate elemente ale mediului de dezvoltare LabView care facilitează dezvoltarea diagramelor-bloc și înțelegerea modelului prezentat.

Disponerea controalelor și indicatoarelor pe panoul de comandă respectă topologia schemei electrice cu caracter general prezentată în capitolul introductiv, astfel încât identificarea elementelor și a funcțiilor realizate să se facă rapid. Sunt prezentate numai elementele de bază pentru a ușura înțelegerea procesului de efectuare a testelor și pentru a evidenția influența modificării elementelor din schema de test (instalația tehnologică) asupra evoluției mărimilor analizate. Faptul că această influență se manifestă și poate fi observată instantaneu de aplicației un caracter “interactiv”.

Având la dispoziție atât panourile frontale cât și diagramele-bloc (sursele) pentru cazurile prezentate, cititorul inițiat poate verifica, dezvolta și diversifica gama aplicațiilor și poate sesiza avantajele oferite de opțiunile privind alegerea duratei înregistrării, a momentelor conectării și deconectării.

Pentru forma de undă sintetizată, datele prezente la intrarea în “waveform graph” sunt salvate în fișiere de tip “spreadsheet” (foaie de calcul). Ulterior, de aici vor fi preluate de o altă aplicație care are ca scop prezentarea metodelor și dezvoltarea aptitudinilor de măsurare a mărimilor fizice în regim grafic.

Lucrarea realizează o conexiune între o activitate tehnică, reală, importantă, desfășurată în condiții de laborator și un posibil set de instrumente virtuale capabile să reproducă aspecte ale activității reale cu mijloace reduse și cu costuri minime. Pentru dezvoltarea aplicațiilor a fost adoptat mediul de dezvoltare LabView care oferă mijloacele necesare implementării rapide a modelelor de analiza. Structurile diagramelor-bloc sunt relativ simple și ușor de realizat, de urmărit, de analizat și de înțeles și au ca bază experiența autorilor.

REFERINȚE

1. HBM GmbH-Gen Series Data Acquisition System. User manual.
2. G. Hortopan- Aparate electrice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.
3. *** IEC 62271-103 High-voltage switchgear and controlgear. Part 103. Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV.
4. *** Schneider Electric-Cahier technique no. 154. LV circuit-breaker breaking techniques. <http://www2.schneider-electric.com/.../ect154.pdf>
5. Mircea Gogu- Mașini electrice. Curs. Capitolul VI http://www.mircea_gogu.ro/html/masini_electrice_cuprins.html, capitolul_VI.pdf
6. Malan Shiralkar-LabVIEW Graphical Programming Course.<http://cnx.org/content/col10241/1.4/>