



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

VALIDAREA UNOR MODELE ÎN REȚELELE DE MEDIE TENSIUNE

Gabriela NICOARĂ, Bogdan NICOARĂ

MODELS VAALIDATION IN MEDIUM VOLTAGE NETWORKS

The paper presents parts of a measurement program developed on a 20 kV distribution line and the corresponding ATP simulation. Comparisons are made between the measured data and the simulation results.

Cuvinte cheie: modelare, regimuri tranzitorii

Keywords: modeling, transient

1. Introducere

În România se utilizează nivelul de tensiune de 20 kV mai ales pentru distribuția rurală. Datorită uzurii, echipamentul electric indică, din ce în ce mai frecvent, o funcționare defectuoasă. Pentru investigații au fost alese unele linii de distribuție radială în zona Bucureștiului. Aceste linii sunt conectate la sistemul de bare de 20 kV a stației Domnești, care are, de asemenea, nivele de tensiune de 110 kV și 400 kV.

Stația Domnești are un sistem dublu de bare și o bară de transfer la 400 kV cu două transformatoare de 250 MVA, 400/110 kV, conectate la sistemele de bare II A și II B, la tensiunea de 110 kV. În mod normal, cele două sisteme de bare la 110 kV funcționează cu cupla transversală deschisă și fiecare dintre ele alimentează, prin intermediul unui transformator de 16 MVA, 110/20 kV, sistemul de bare la 20 kV, secția 1 și respectiv, secția 2. La 20 kV, în mod normal, cele două secții de bare sunt de asemenea separate. Manevrele de comutație s-au efectuat cu întreruptorul de linie Clinceni.

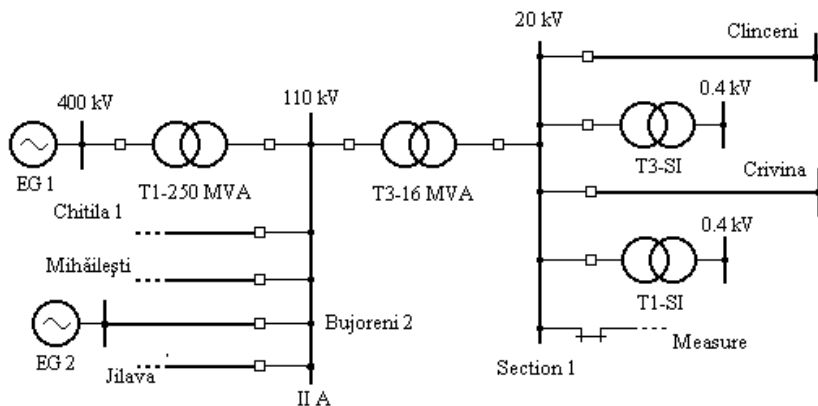


Fig. 1 Schema electrică monofilară analizată

2. Măsurări în teren

Circuitul utilizat pentru măsurări este descris în cele ce urmează. Tensiunile fază - pământ au fost preluate de la partea de joasă tensiune a trei divizoare de tensiune rezistiv-capacitive special construite în acest scop. Aceste tensiuni au fost aplicate direct la intrările osciloscopului TDS 420 A Tektronix. Curentul de pe faza R a fost măsurat prin căderea de tensiune pe o rezistență neinductivă conectată în circuitul secundar al transformatorului de măsurare de curent al liniei. Caracteristicile de transfer ale fiecărui lanț de măsurare au fost stabilite, [1], în laboratorul de Înaltă Tensiune din Universitatea Politehnica București. Pentru măsurarea curentului s-a utilizat un transformator de curent de același tip cu cel instalat pe linia de distribuție. Osciloscopul a fost conectat la o imprimantă printr-o interfață GPIB.

Figura 2 prezintă una dintre oscilogramele înregistrate cu o manevră de conectare a întreruptorului de linie.

Se pot observa două preaprinderi pe faza R (R1), prima la $t = 7$ ms și a doua la $t = 9,5$ ms, și apoi la $t = 13,5$ ms închiderea electrică a circuitului este realizată.

La faza S (R2), preaprinderea apare la $t = 6$ ms și închiderea definitivă la $t = 12$ ms, iar la faza T (R3), o preaprindere la $t = 5$ ms și apoi închiderea electrică la 8,5 ms.

Arcul electric în timpul unei preaprinderi arde între $300 \mu\text{s}$ și $500 \mu\text{s}$.

Între preaprinderi, faza liniei, care a fost încărcată la tensiunea instantanee a sursei, se descarcă prin izolația echipamentelor conectate între fază și pământ.

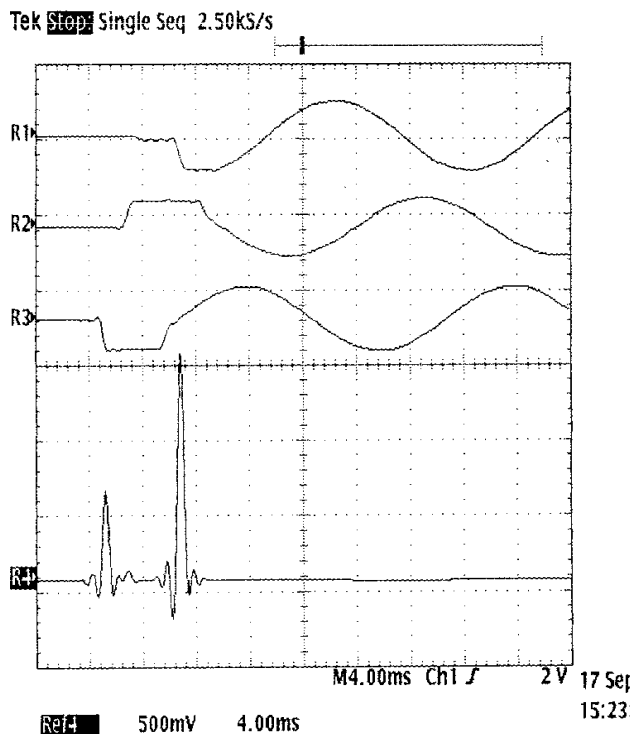


Fig. 2 Oscilograma nr. 1

Curentul pe faza R (R4) are o valoare maximă de 315 A.

Figura 3 prezintă o altă oscilogramă, realizată în aceleași condiții ca mai înainte. Preaprinderile arcului electric sunt, de asemenea, vizibile, dar, în acest caz întrerupătorul de linie nu rămâne în poziția "închis".

Acest comportament a fost generat, foarte probabil, de defecțiuni la partea mecanică a acestuia.

El s-a deschis de la sine, după care fazele se descarcă în timp.

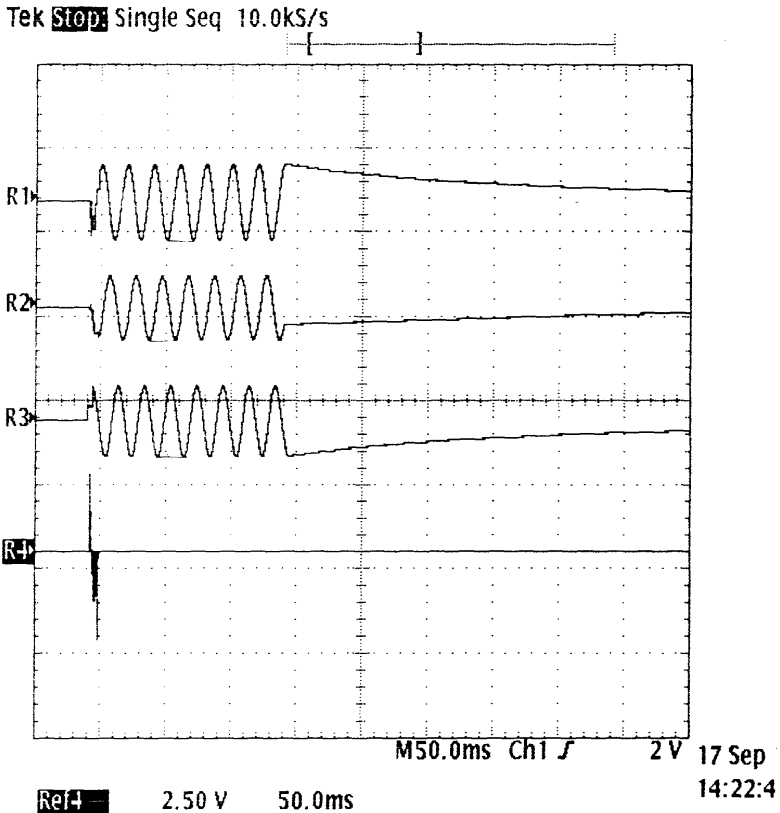


Fig. 3 Oscilograma nr. 2

3. Simulare APT

Parametrii primari ai circuitului, prezentat în figura 1, au fost culeși iar apoi circuitul a fost modelat [2, 3]. Pentru linii și transformatoare s-a folosit modelarea trifazată. În modelul de transformator s-au introdus și capacitățile înfășurărilor obținute din buletinele de încercare. Barele și legăturile electrice din stație au fost modelate ca elemente R-L serie, C derivație cu cuplaje mutuale. Preaprinderile au fost reprezentate ca întreruptoare ideale comandate în timp, în paralel dacă erau mai multe preaprinderi pe aceeași fază.

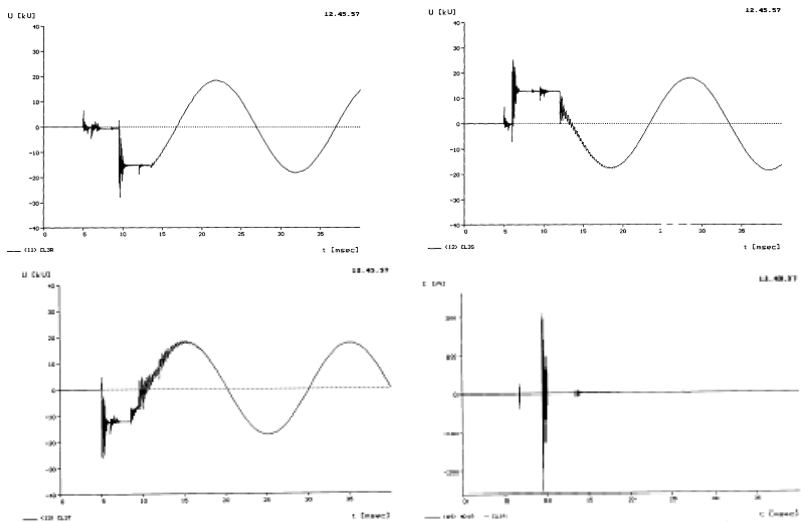


Fig. 4 a, b, c, d Simulare ATP corespunzător oscilgramei nr.1

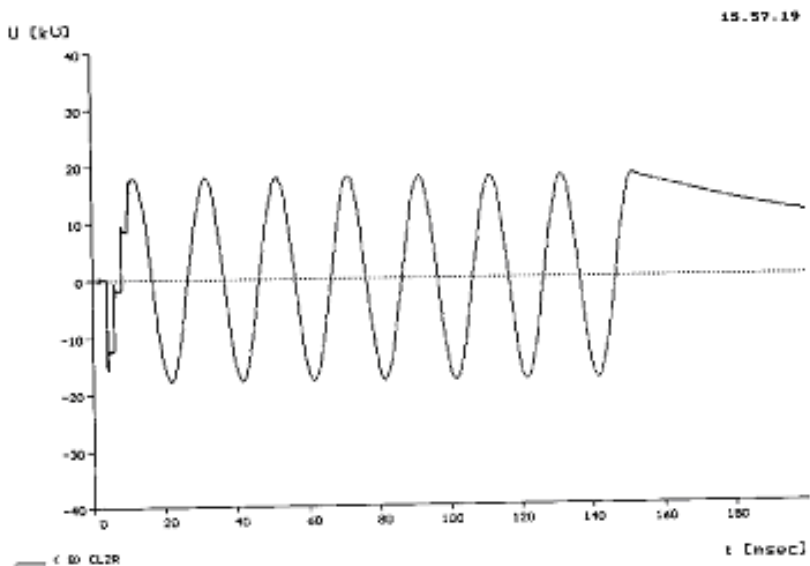


Fig. 5a Simulare ATP corespunzător oscilgramei nr.2

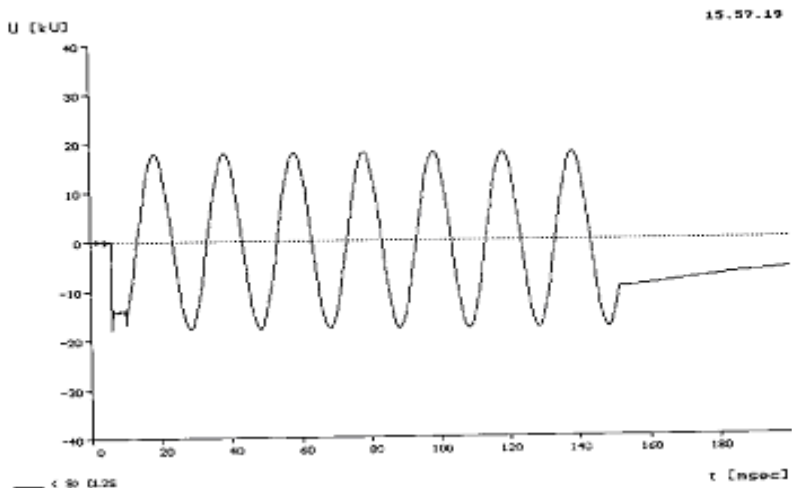


Fig. 5b Simulare ATP corespunzător oscilogramului nr.2

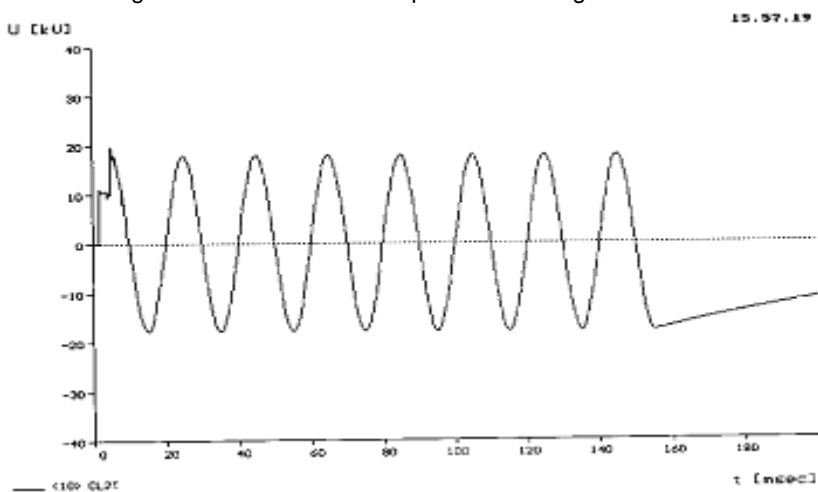


Fig. 5c Simulare ATP corespunzător oscilogramului nr.2

Conectarea și deconectarea acestora s-a făcut la momente prestabilite. Curentul de smulgere pentru un astfel de întrerupător a fost ales la o valoare mai mare decât curentul de linie, astfel încât să se deschidă instantaneu.

Figura 4 prezintă curbele tensiunilor, fază - pământ, fazele R, S, și T și a curentului pe faza R în același loc unde au fost înregistrate

(vezi figura 2). Tensiunile corespund în mare măsură cu cele măsurate, cu excepția oscilațiilor de frecvență înaltă, care apar la momentul preaprinderilor arcului în întreruptor. Cauza diferenței ar putea fi dată de caracteristicile de frecvență ale divizoarelor de tensiune utilizate. În ceea ce privește curentul pe faza R, neconcordanța este mai importantă decât în cazul tensiunilor. Simularea indică un vârf pozitiv, de aproximativ 200 A, și un vârf negativ, de aproximativ -250 A, în vreme ce măsurările indică practic numai un vârf pozitiv. În acest caz, cauza este dată de imposibilitatea utilizării unor legături ecranate în secundarul transformatorului de măsurare de curent (montaj "improvizat" în interiorul stației Domnești).

Figura 5 prezintă diagramele simulării ATP pentru cele trei tensiuni fază - pământ, ce corespund oscilogramelor nr. 2.

După cum se poate vedea, cel puțin în cazul tensiunilor, există concordanță între simulare și măsurări.

4. Concluzii

Lucrarea prezintă unele măsurări in situ efectuate pe o linie electrică de distribuție de 20 kV din sistemul energetic național. Au fost înregistrate cele trei tensiuni fază - pământ și curentul pe faza R pentru situații diferite. Tensiunile au fost măsurate utilizând divizoare de înaltă tensiune, tip R -C, iar intensitatea curentului a fost măsurată utilizând transformatoarele de măsurare de curent deja existente în stație. Linia de distribuție a fost de tip radial.

Măsurările au arătat că întreruptorul de linie efectuează manevra de conectare cu preaprinderi ale arcului electric între contactele sale cu o durată de ardere de aproximativ $400 \mu\text{s}$, apărând la intervale diferite de timp. După una sau mai multe preaprinderi, urmate de stingerea arcului electric, cea din urmă era fără stingerea arcului și întreruptorul de linie realiza legătura galvanică definitivă între bornele sale.

Nu s-a înregistrat nici-o supratensiune spectaculoasă.

În cazul unor manevre de conectare, s-au observat deschideri intempestive ale întreruptorului. Concluzia a fost că partea mecanică a întreruptorului prezintă disfuncționalități. Acest lucru a fost confirmat ulterior.

A fost elaborată o schemă electrică echivalentă a porțiunii de sistem în care s-au făcut măsurările. Aceasta a cuprins: generatoarele echivalente de sistem la barele de 400 kV și 110 kV, transformatorul de putere 250 MVA, 400/110 kV, liniile electrice aeriene de distribuție și

transport cuplate la barele de 110 kV, transformatorul de putere 16 MVA, 110/20 kV, bara de 20 kV, transformatoarele de servicii interne și liniile radiale de distribuție conectate la bara respectivă.

Rezultatele simulării ATP au fost în concordanță cu măsurările, în cazul tensiunilor fază - pământ, indicând faptul că preaprinderile arcului electric între contactele întreruptorului pot fi modelate cu întreruptoare ideale în paralel, comandate în timp. Concordanța nu a fost satisfăcătoare pentru curentul de fază, dar, cel puțin, ordinul de mărime a fost corect.

Acest lucru se datorează, în opinia noastră, următoarelor fapte:

- nu toate echipamentele existente au fost modelate, unele fiind neglijate;

- în cazul unor echipamente, datele din buletinele periodice nu au fost accesibile și a fost necesar să se facă estimări;

- aparatul de măsurare disponibilă, în special pentru curent, nu a fost foarte performantă;

- datorită lipsei de informații în timp real, din sistemul energetic român, au existat unele incorectitudini cu privire la configurația sistemului și la consumurile de energie.

BIBLIOGRAFIE

[1] Schwab, A.J., *Hochspannungsmesstechnik*, Springer Verlag, Berlin, 1981.

[2] * * * *Alternative Transients Program. Rule Book*, Leuven EMTP Centre, 1992.

[3] Dommel, H.W., *Digital computer solution of electromagnetic transients in single- and multiphase networks*. IEEE Trans. on PAS, PAS-88, nr.4, 1969.

Dr. Gabriela NICOARĂ

Consultanță și inginerie pentru sisteme electroenergetice

Prof.Dr.Ing. Bogdan NICOARĂ

Sisteme Electroenergetice, Universitatea "Politehnica" din București