

REGIMURI TRANZITORII INDUSE DE MANEVRELE DIN CIRCUITELE PRIMARE ÎN SECUNDARELE TRANSFORMATOARELOR DE MĂSURARE.

Constantin VLAICU

Universitatea Politehnica București, e-mail: cvlaicu@electro.masuri.pub.ro

Abstract:

The paper present a study about the transient signal induced in secondary lines of measurement transformers by the opening and closing operations of breakers and disconnectors in the high voltage line of power stations. There are presented the tests made in three power stations with 400kV and 220kV high voltage line using, for data acquisition, two 4-channel digital oscilloscopes (Tektronix TDS 420), connected to PC by GPIB(IEEE 488) interface. The registered data are presented and commented in order to obtain conclusion about voltage stress of digital equipment connected in the secondary line of measurement transformers in order to choose the appropriate methods for its protection.

1. INTRODUCERE

Așa cum s-a menționat în descrierea temei, regimurile tranzitorii care iau naștere în circuitele secundare din stații ca urmare a manevrelor efectuate în circuitele primare (manevre de separatoare de bare și de întreruptoare) pot constitui o problemă serioasă de când, în aceste circuite secundare, au început să se monteze echipamente electronice de protecție și înregistrare a datelor, mult mai sensibile la aceste solicitări decât echipamentele clasice.

Din multitudinea de surse de perturbații electromagnetice (PEM) existente într-o stație electrică (descărcările disruptive în izolațiile de înaltă tensiune ale stației și LEA aferente, funcționări ale descărcătoarelor și eclatoarelor de protecție, trăsnete localizate pe instalația de paratrăsnet a stației sau LEA aferente etc.) manevrele de separatoare de bare și de întreruptoare din stație produc uneori regimuri tranzitorii periculoase, atât prin amplitudinea acestora, cât și prin frecvența mare a acestor manevre, în comparație cu celelalte evenimente producătoare de PEM.

Descărcările electrice dintre contactele separatoarelor în special, care apar pe parcursul manevrelor de închidere și deschidere, prin care partea de instalație ce se deconectează este adusă periodic la potențialul înalt al sursei, produc tensiuni și curenți tranzitorii, în căile de curent de înaltă tensiune și câmpuri magnetice și electrice tranzitorii, în vecinătatea acestora.

Din literatura de specialitate și din unele probe efectuate până în prezent, se desprinde faptul că acest gen de PEM sunt caracterizate prin:

- durata perturbației este funcție de viteza de deplasare a contactului mobil al separatorului (între 40ms și 2s);
- regimul tranzitoriu se prezintă sub forma unor salve de impulsuri de frecvență foarte mare (5 – 10 mii de impulsuri pe salvă) a căror amplitudine crește pe măsură ce distanța dintre contacte se mărește;
- durata acestor impulsuri este de 10 – 15 μ s și ea depinde de lungimea căii de curent deconectate;
- între impulsurile succesive intervin pauze provocate de stingerea arcului electric la trecerea prin zero a curentului pe durata căroră mărimile perturbatoare iau valori constante.
- se constată o creștere practic proporțională a PEM odată cu creșterea tensiunii nominale a stației.

Măsurătorile și înregistrările efectuate în cele 3 stații, descrise în continuare, în mare parte au confirmat aceste așteptări dar pe unele dintre ele nu le-a validat, deși numărul de măsurători a fost relativ mare (cca.160 de manevre de separatoare și întreruptoare). Din analiza acestor măsurători s-au tras concluziile necesare determinării solicitărilor la care sunt supuse aparatele de protecție și înregistrare electronice numerice pentru dimensionarea dispozitivelor de protecție și limitare a acestor solicitări.

2. MĂSURAREA ȘI ÎNREGISTRAREA REGIMURILOR TRANZITORII

Deoarece nu se dispune de informații suficiente privind PEM care apar în secundarul transformatoarelor de curent deoarece nu au fost studiate, s-a acordat o deosebită atenție măsurării și înregistrării regimurilor tranzitorii induse în secundarul transformatoarelor aflate pe linia unde s-a făcut manevra de separatoare. În acest fel s-au cules date privind regimurilor tranzitorii induse în toate circuitele secundare în vederea detectării celor mai periculoase supratensiuni și adoptării celor mai adecvate mijloace de protecție. S-a urmărit și stabilirea punctelor din schemă unde ar trebui instalate aceste mijloace de protecție pentru a se obține o eficiență maximă.

Datorită situației concrete a sistemului energetic, în care sistemul de linii de 400 kV are o importanță strategică, măsurătorile s-au putut efectua pentru stațiile Gura Ialomiței și Dârste de 400kV și Brazi Vest de 220kV.

Aparatura de măsurare utilizată a fost specializată pe achiziția de date de frecvență ridicată pentru a putea înregistra cu precizie regimurile tranzitorii din circuitele secundare.

Astfel au fost folosite osciloscopul TDS 420 și TDS 420 A (Tektronix) - osciloscop digital cu 4 canale de 200 MHz bandă de frecvență și 100 Megasamples/secundă - rată maximă de eșantionare cu o rezoluție de 8 biți. Memoria osciloscopului este de 120 de ecrane pentru cele 4 canale sau 60 de ecrane pentru cele 4 canale.

Divizoarele de tensiune, utilizate pe intrarea osciloscopelor (pentru a putea măsura supratensiuni de 10-15kV), au fost de tipul rezistiv-capacitiv compensate în frecvență ($R_1C_1=R_2C_2$) având raportul de divizare 10/0,1kV. Ele au fost testate pe semnal treaptă și la impuls de tensiune tip STA și s-au încadrat în toleranța de 1%.

Pentru cuplarea osciloscopelor la calculator s-a utilizat magistrala GPIB deoarece s-a dispus de o interfață AT GPIB. Programul de achiziție și prelucrare, intitulat TransVIEW, a fost realizat în colaborare cu UPB, în mediul de programare LabVIEW 6i. În acest mod au fost salvate sub formă de fișiere toate înregistrările efectuate cu cele două osciloscopul pentru a putea fi prelucrate ulterior.

Măsurătorile au fost efectuate mai întâi în stația Gura Ialomiței din cadrul ST București. Au fost efectuate manevre de comutare de pe bara de lucru pe bara de transfer și revenirea la situația inițială pentru toate elementele ce intră în componența stației, și anume, 4 celule de linie și 2 celule de transformare.

Au fost efectuate un număr de 104 manevre de separatoare și întreruptoare (închideri și deschideri) din care s-au înregistrat cca. 100 de regimuri tranzitorii. Unele dintre ele au prezentat supratensiuni demne de luat în seamă însă majoritatea nu au prezentat astfel de fenomene. Au fost totuși înregistrate pentru o interpretare generală statistică a frecvenței și condițiilor de apariție a acestor regimuri tranzitorii potențial periculoase.

Trebuie precizat faptul că manevrele de separatoare au fost efectuate în totalitate manual în această stație pentru a reproduce condițiile cele mai defavorabile de producere a regimurilor tranzitorii, când arcul electric ce apare la deschidere și închidere are durata cea mai lungă și asimetria sistemului de linii conectate sau deconectate este maximă.

Deoarece regimurile tranzitorii înregistrate la conectarea și deconectarea întreruptoarelor au fost în toate cazurile de amplitudine mică, acestea nu au mai fost analizate în lucrare.

A doua stație la care s-au efectuat probe, a fost stația Dârste din cadrul ST Sibiu. S-au efectuat măsurători și înregistrări de fenomene tranzitorii la comutarea circuitelor primare pentru toate

elementele stației adică două celule de linie, o celulă de transformator (Trafo 250MVA) și celula bobinei de reactanță pentru compensarea factorului de putere. S-au efectuat în total cca. 28 de manevre de separatoare și întreruptoare care au fost integral înregistrate. De remarcat că toate manevrele de separatoare au fost efectuate automat de la pupitrul stației astfel că închiderile și deschiderile au fost trifazate și au avut durate mult mai mici decât în cazul manevrelor manuale (zecimi de secundă față de 2-3 secunde).

În aceste condiții la toate măsurătorile și înregistrările efectuate nu s-au obținut regimuri tranzitorii cu supratensiuni de valori semnificative pe nici o linie secundară investigată.

Ultimele înregistrări s-au făcut în stația de 220kV Brazi Vest din cadrul ST Ploiești. Aici au fost înregistrate cele mai interesante fenomene, care vor fi prezentate și analizate în continuare.

În acest caz au fost efectuate comutări a 2 celule de linie și a unei celule de autotransformator (AT2 220/110kV) de pe bara de lucru pe bara cuplei combinate și revenirea la configurația inițială.

Au fost efectuate un număr de 28 manevre de separatoare și întreruptoare toate regimurile tranzitorii fiind înregistrate cu succes. De remarcat că o parte din comutările de separatoare s-au făcut automat prin comenzi de la pupitrul stației (deschiderea și închiderea separatoarelor aferente celulei AT2) iar o parte au fost efectuate manual ca urmare a unor defecțiuni intervenite la sistemul centralizat de comandă a separatoarelor. În acest ultim caz au fost obținute și cele mai interesante și mai relevante regimuri tranzitorii potențial periculoase pentru aparatele electronice numerice.

3. INTERPRETAREA REZULTATELOR

Înregistrările, efectuate cu cele 2 osciloscopae Tektronix TDS420 și TDS420A reglate pe auto declanșare, au fost transferate sub formă de fișiere cu ajutorul Programului de achiziție și prelucrare TransVIEW 6.1 direct pe hardiscul calculatorului dotat cu placa de interfață AT-GPIB. Aceste înregistrări au fost ulterior analizate și prelucrate cu același program pentru a se determina amplitudinea și durata fenomenelor tranzitorii precum și alte caracteristici ale acestora (panta, durata, amplitudinea etc.). Cu același program au fost generate rapoarte sub formă de documente .html și word în care sunt prezentate pe lângă oscilograme și tabele cu valorile de interes (sensibilități pe x și y, amplitudini, poziția cursorilor, diferențe între cursoare etc.) date referitoare la momentul înregistrării, la operator și la momentul întocmirii raportului. Un astfel de raport este înfățișat în Fig.1. Oscilograma a fost reținută ca interesantă, ca urmare a supratensiunilor induse pe bara -B a bateriei de alimentare cu curent continuu a aparatelor din stație. Înregistrarea a fost făcută în stația Gura Ialomiței 400kV la deschiderea întreruptorului cuplei de transfer.

Se observă supratensiuni repetitive, suprapuse peste zgomotul de fond de frecvența rețelei, având amplitudini de 165V vârf-vârf, ce pot solicita izolația componentelor din etajul de alimentare al echipamentului electronic. Aceste impulsuri, prin viteza lor mare de variație, se pot propaga prin liniile de alimentare și pe partea de intrare și pot constitui cauza unor comenzi false.

În cazul ST Brazi Vest 220kV la comutarea separatoarelor unei celule de linie s-au obținut regimuri tranzitorii cu variații rapide și frecvențe ridicate pe secundarele transformatoarelor de curent. S-a constatat că această linie de 220kV este situată la cea mai mare distanță față de barele la care este conectată. Aceste linii lungi au capacități totale mari astfel că și curenții capacitivi pe care separatoarele trebuie să-i rupă sunt importanți formându-se arcuri electrice cu energie mare și cu durată mare de ardere mai ales la manevrarea manuală care conduce la durate de manevră lungi.

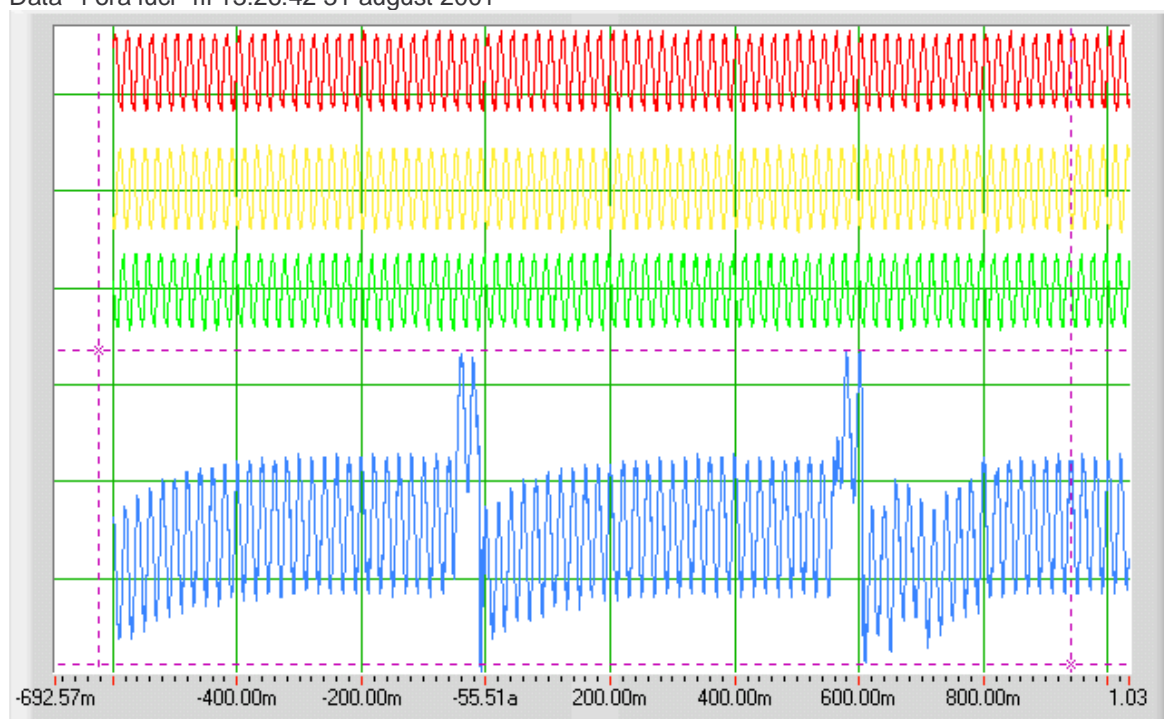
În Fig 2.a) este redat tot regimul tranzitoriu înregistrat iar în Fig2.b) este înfățișat un detaliu ce pune în evidență amplitudinea și durata unui impuls reprezentativ din acest regim tranzitoriu obținut pe faza R a secundarului transformatorului de curent. Din motive de economie de spațiu nu au mai fost redat integral rapoartele elaborate în urma înregistrărilor, ci numai oscilogramele.

S-au obținut astfel că parametrii impulsului sunt de cca 28 V amplitudine și 1ms ca durată, rezultând o viteză de variație a semnalului de cca 56kV/s pe fiecare front.

Înregistrare efectuată din cabina de relee a celulei Trafo 3

Sta ia GURA IALOMITEI

Data i ora lucr rii 13:26:42 31 august 2001



	Culoare	Semnal m surat	Sensibilitate
Canal 1	ROSU	IR	50.00mV/div
Canal 2	GALBEN	IS	20.00mV/div
Canal 3 -	VERDE	IT	50.00mV/div
Canal 4	ALBASTRU	- B	50.00mV/div

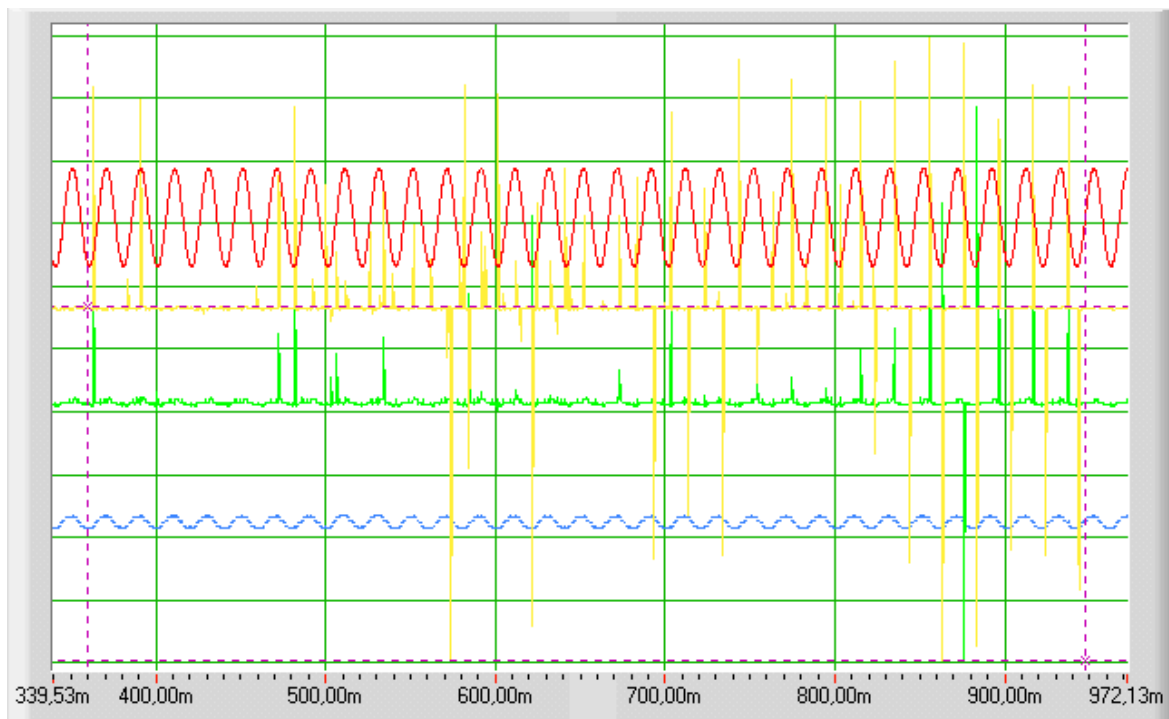
Cursoarele de amplitudine

	Ch1-Rosu [V]	Ch2 -Galben [V]	Ch3 -Verde [V]	Ch4 - Albastru [V]	Raport divizor	Uvv [V]
V1	-0.314	-0.101	-0.198	-0.071	1000	71
V2	-0.149	-0.035	-0.032	0.094	1000	94
dV	0.165	0.066	0.165	0.165	1000	165

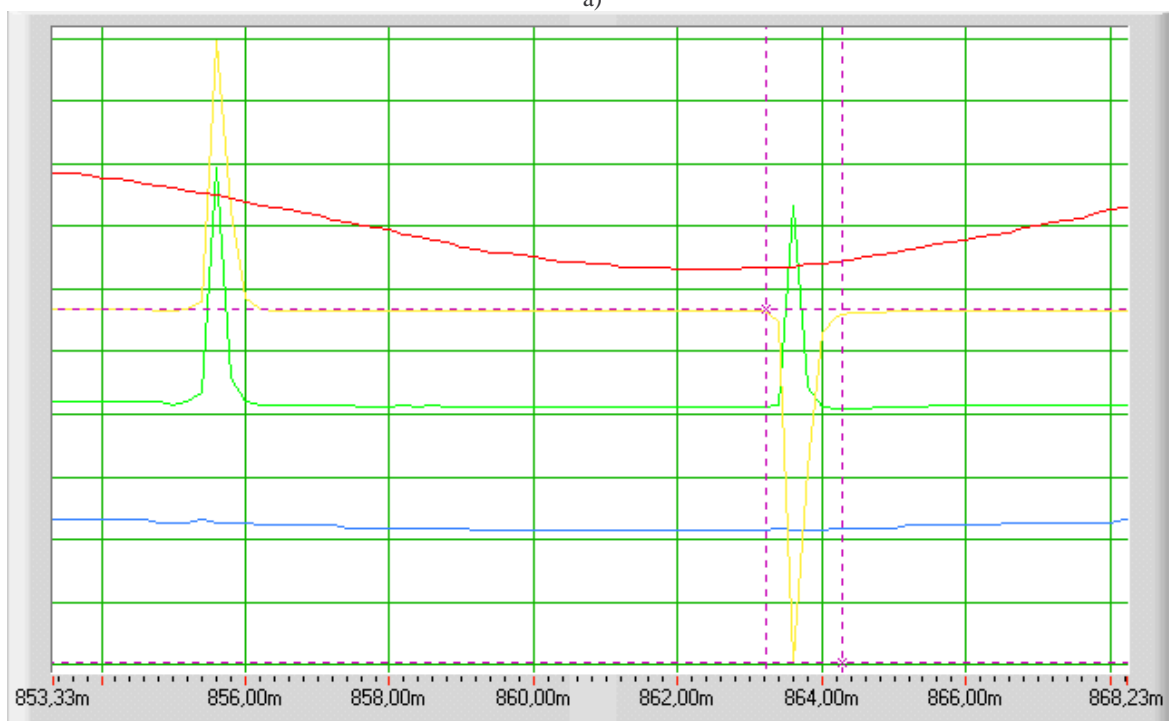
Fig.1. Raportul elaborat în urma unei înregistrări de regim tranzitoriu la manevra unui întrerupător din sta ia Gura Ialomitei

Impulsurile au formă aproximativ triunghiulară cu fronturi cu viteză mare de variație.

Această variație rapidă poate să constituie un pericol de transmitere a unui impuls parazit care să conducă la comenzi intempestive ale protecțiilor electronice din stație, chiar dacă amplitudinea acestui impuls nu este potențial periculoasă din punct de vedere al solicitărilor dielectrice ale izolației diferitelor componente ale echipamentului electronic.



a)



b)

Fig.2. Oscilogrammele regimurilor tranzitorii obținute la comutația unui separator de linie în ST Brazi Vest, 220kV
a) regimul tranzitoriu la comutarea unui separator,
b) detaliu de impuls de tensiune pe secundarul TC.

4. CONCLUZII

Lucrarea prezintă studiul regimurilor tranzitorii ce apar în circuitele secundare ale transformatoarelor de măsurare în cazul manevrelor de comutație efectuate în circuitele primare de înaltă tensiune. S-au făcut încercări și înregistrări ale fenomenelor tranzitorii în trei stații de înaltă tensiune, două de 400 kV și una de 220kV.

S-a constatat așa cum era de așteptat că manevrele de separatoare produc cele mai importante regimuri tranzitorii propagate în circuitele secundare ale transformatoarelor de măsurare datorită arcului electric care apare ca urmare a curenților capacitivi pe care separatorul trebuie să-i comute la închidere și deschidere. Fenomenele sunt cu atât mai ample și supratensiunile pătute cu atât mai mari cu cât liniile comutate sunt mai lungi și curenții capacitivi au valori mai importante.

S-a mai constatat că manevra manuală a separatorului datorită timpului mai lung de acționare și a duratei mai mari a arcului de comutație produce și supratensiuni mai mari și de durată mai mare.

Regimurile tranzitorii înregistrate pe circuitele secundare ale transformatoarelor de tensiune au fost în toate cazurile ne semnificative și total nepericuloase.

În schimb pe secundarele transformatoarelor de curent s-au obținut regimuri tranzitorii mai periculoase nu atât ca amplitudine cât mai ales ca viteză de variație caracteristică ce le permite transmitere capacitivă potențial periculoasă pentru producerea de evenimente false și comenzi intempestive.

În mod normal era de așteptat ca pe secundarele transformatoarelor de curent, cu rezistențe mari să se inducă și regimuri tranzitorii mai importante, iar pe secundarele transformatoarelor de curent cu rezistențe mici aceste regimuri să fie puternic atenuate. În realitate s-a constatat exact contrariul.

O explicație o poate constitui comportarea diferită la frecvențe mari și viteze de variație rapide a acestor circuite unde reactanțele inductive și capacitive au pondere mai importantă de cât rezistențele. Un studiu pe scheme echivalente a acestor fenomene poate conduce la explicații și concluzii mai bine fundamentate științific.

La liniile de alimentare cu curent continuu a aparatelor s-au înregistrat de asemenea regimuri tranzitorii potențial periculoase prin amplitudinea lor de cca. 150 - 200V, obținute în cazurile funcționării cu liniile izolate față de pământ. De data aceasta cele mai mari valori s-au obținut la deschiderea unui întreruptor ce comuta curenți relativ importanți furnizați de o celulă de transformator de 400MVA/400kV.

În consecință au fost propuse și testate metode și scheme de protecție a echipamentului electronic numeric care sunt prezentate în altă lucrare din cadrul simpozionului.

5. BIBLIOGRAFIE

[1]. ALBU M.M., IOSOF C, VLAICU C., Analyse des transitoires electromagnetiques de puissance a l'apparition de defaults. Conference Proceedings of CONGRES EF'99-Electrotechnique du Futur, Lille 1999.

[2]. C. VLAICU, F. MIHAI, TRANSVIEW - program pentru achiziția datelor în regim tranzitoriu cu 2 oscilosoape conectate la PC prin GPIB. *Simpozionul METSIM'2002, 27-28 iunie 2002, Bucuresti*

[3]. VLAICU, F. MIHAI, Program de calcul a supratensiunilor produse de scurtcircuitele primare în secundarele transformatoarelor de măsurare de curent, *Simpozionul METSIM'2002, 27-28 iunie 2002, Bucuresti*