A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

ANALIZA ANUMITOR SOLICITĂRI ÎN REŢEAUA DE MEDIE TENSIUNE

Partea a III-a

Bogdan NICOARĂ, Gabriela NICOARĂ

EQUIPEMENT STRESSES ANALYSIS IN MV NETWORKS

The paper presents a method for computing transients in power systems and practical results regarding the stresses on different equipment caused by lightning strokes on the phase conductor of a 20 kV distribution line.

Cuvinte cheie: regimuri tranzitorii, solicitări cu front rapid
Keywords: transitional schemes, solicitations to the front quickly

1. Introducere

În cadrul acestei lucrări, se calculează anumite regimuri tranzitorii determinate de căderea trăsnetului pe conductorul activ al unor linii electrice aeriene de 20 kV din staţia electrică Chitila.

Lovirea conductorului activ de trăsnet are loc, mai aproape sau mai departe de staţie, undeva în deschiderea unei linii electrice aeriene. Canalul de trăsnet atinge conductorul activ şi generează două unde de tensiune ce se propagă pe linie, de o parte şi de alta a punctului de impact. Unda care se depărtează de staţie nu prezintă importanţă. Unda care se îndreaptă spre staţie, ajunge la stâlpul următor şi în funcţie de amplitudinea undei şi de caracteristicile izolaţiei care echipează faza, conduce sau nu la conturnarea izolaţiei liniei la nivelul stâlpului respectiv. În fine, unda ajunge la descărcătorul de linie, pentru liniile de 20 kV, unde are, sau nu are loc, amorsarea acestuia,

pentru descărcătoarele clasice, sau, pentru descărcătoarele cu oxizi metalici, se stabileşte un anumit curent prin acesta.

În continuare, în funcţie de configuraţia staţiei, unda de supratensiune se reflectă şi se transmite la fiecare nod întâlnit, se propagă mai departe pe barele staţiei, pe celulele celorlalte linii, pe celula de transformator etc.

Mai trebuie precizat că, în tot acest proces de propagare, undele de tensiune suferă atenuări, mai mult sau mai puţin importante, datorită descărcării corona şi disipărilor ce au loc în elementele rezistive ale echipamentelor.

Atragem atenţia cititorului că numerotarea paragrafelor, a figurilor, a formulelor şi a tabelelor este făcută în continuarea părţii a II-a a lucrării.

4. Aplicaţii

Pornind de la topologia reţelei şi de la caracteristicile de material ale laturilor sale, s-au realizat fişierele de date corespunzător aplicaţiei Alternative Transients Program.

4.1. Regimul RT1.dat

Lovitură pe c.a. LEA SUT Vest în deschiderea 3. LEA echipată cu descărcător tip DRVL-24. Intensitatea maximă a curentului de trăsnet I_0 = 25 kA

Tensiunile în nodurile staţiei sunt date în tabelul 1 (Supratensiunile corespunzătoare regimului RT1.dat).

Tabelul 1

Nod	Nr.nod	U_{max} [kV]	k [u.r.]	t_o [μs]	t_{max} [μs]
SUT4	12	3551	197	1,00	1,80
SUT3	31	1673	93	1,35	1,50
SUT2	33	1350	75	1,65	1,80
SUT1	10	108	6,0	1,80	2,25
B11	43	75,9	4,2	2,40	2,85
T11	44	75,1	4,2	2,70	28,6

Observaţii:

1. *Numele nodurilor au următoarea semnificaţie*: SUT4 - LEA SUT Vest, un punct în deschiderea 3; SUT3 - LEA SUT Vest, stâlpul nr.3; SUT2 - LEA SUT Vest, stâlpul nr.2; SUT1 - LEA SUT Vest, stâlpul nr.1 (cutia terminală de exterior); B11 - Secţia 1 bare 20 kV; T11 - transformatorul T1, înfăşurarea la 20 kV.

2. *Numărul nodului* este cel din fişierul de date **ATP.**

3. *Timpii indicaţi au următoarea semnificaţie*:

t_o - momentul sosirii undei de supratensiune;
t_{max} - momentul maximului de tensiune.

Panta maximă a tensiunii la bornele transformatorului T1 este:

$$a_{\max} = \frac{69,1}{5,25 - 2,70} = 27,1\, kV / \mu s$$

Curenţii maximi prin descărcătoare sunt daţi în tabelul 2 (Curenţii prin descărcătoare I_{DRV}).

Tabelul 2

Amplasare	LEA SUT Vest	Secţia 1 – 20 kV	Secţia 2 – 20 kV
Nr. nod	SUT1/65	B11/70	B23/69
I_{max} [A]	4.400	1.726	0
t_o [μs]	2,10	2,40	-
t_{max} [μs]	2,25	2,85	-

Intensităţile curenţilor prin arcul electric de conturnare a izolaţiei liniei sunt daţi în tabelul 3 (Curenţii prin arcul de conturnare).

Tabelul 3

Nr. stâlp	2	1
Nr. nod	59	58
I_{max} [A]	20750	8000

Se observă că supratensiunile în toate punctele sunt inferioare tensiunii de ţinere la impuls de trăsnet.

Ca şi în cazul altor staţii electrice, probabilitatea ca un trăsnet cu amplitudinea de 25 kA să lovească linia în prima şi a doua deschidere este neglijabilă, având în vedere faptul că există paratrăsnete montate pe cadrele staţiei iar distanţele nu sunt prea mari. În fiecare caz în parte, ar trebui făcut un releveu la faţa locului, cu poziţiile şi înălţimile paratrăsnetelor şi cu traseele liniilor electrice aeriene şi apoi un calcul de protecţie contra loviturilor directe ale trăsnetului. Conform rezultatelor obţinute cu ocazia altor studii de acest gen, putem spune că, pentru LEA de 20 kV, loviturile de trăsnet în deschiderile 1 şi 2 sunt foarte puţin probabile iar cele în deschiderea a 3-a, au o frecvenţă ce nu poate fi neglijată (regimul RT1.dat).

4.2. Regimul RT2.dat

Lovitură pe c.a. LEA SUT Vest în deschiderea 3. LEA echipată cu descărcător tip DRVL-24. Intensitatea maximă a curentului de trăsnet I_0 = 50 kA. Tensiunile în nodurile staţiei sunt date în tabelul 4 (Supratensiunile corespunzătoare regimului RT2.dat).

Tabelul 4

Nod	Nr.nod	U_{max} [kV]	k [u.r.]	t_o [μs]	t_{max} [μs]
SUT4	12	6800	378	1,00	1,80
SUT3	31	2560	142	1,35	1,50
SUT2	33	1980	110	1,65	1,80
SUT1	10	178	9,9	1,80	2,10
B11	43	97,0	5,4	2,40	37,9
T11	44	101	5,6	2,70	32,2

Panta maximă a tensiunii la bornele transformatorului T1 este:

$$a_{\max} = \frac{94,8}{5,40 - 2,70} = 35,1\, kV / \mu s$$

Curenţii maximi prin descărcătoare sunt daţi în tabelul 5 (Curenţii prin descărcătoare I_{DRV}).

Tabelul 5

Amplasare	LEA SUT Vest	Secţia 1 – 20 kV	Secţia 2 – 20 kV
Nr. nod	SUT1/65	B11/70	B23/69
I_{max} [A]	10500	9750	0
t_o [μs]	2,10	2,40	-
t_{max} [μs]	2,25	42,1	-

Intensităţile curenţilor prin arcul electric de conturnare al izolaţiei liniei sunt daţi în tabelul 6 (Curenţii prin arcul de conturnare).

Tabelul 6

Nr. stâlp	2	1
Nr. nod	59	58
I_{max} [A]	40500	14400

Solicitarea descărcătorului de pe LEA SUT Vest poate fi caracterizată printr-o undă de impuls de curent cu parametrii următori:

t_f = 0,15 μs – timpul frontului;

t_s = 2 μs – timpul semiamplitudinii.

Pentru descărcătoarele DRVL-24, fabricantul indică un curent maxim de 65 kA la unda 4/10 μs. Rezultă că descărcătorul de pe LEA SUT Vest va suporta această solicitare, ca şi celelalte descărcătoare din staţie.

Şi în acest regim, are loc conturnarea izolaţiei liniei ceea ce uşurează, într-o oarecare măsură, solicitarea descărcătorului de pe LEA SUT Vest. Curentul prin el creşte până la 10,5 kA, tensiunea

ajunge la 178 kV ceea ce este insuficient pentru a duce la conturnarea izolaţiei fazei la locul său de instalare (tensiune de conturnare de 250 kV, conform buletinului de încercare).

4.3. Regimul RT3.dat

Lovitură pe c.a. LEA SUT Vest în deschiderea 3. LEA echipată cu descărcător tip HL30no. Intensitatea maximă a curentului de trăsnet I_0 = 25 kA.

Tensiunile în nodurile staţiei sunt date în tabelul 7 (Supratensiunile corespunzătoare regimului RT3.dat).

Tabelul 7

Nod	Nr.nod	U_{max} [kV]	k [u.r.]	t_o [μs]	t_{max} [μs]
SUT4	12	3551	197	1,00	1,80
SUT3	31	1673	93	1,35	1,50
SUT2	33	1350	75	1,65	1,80
SUT1	10	85,9	4,8	1,80	3,00
B11	43	74,0	4,1	2,40	29,2
T11	44	81,8	4,5	2,70	5,40

Panta maximă a tensiunii la bornele transformatorului T1 este:

$$a_{\max} = \frac{81,8}{5,40 - 2,70} = 30,3\ kV / \mu s$$

Curenţii maximi prin descărcătoare sunt daţi în tabelul 8 (Curenţii prin descărcătoare I_{DRV}).

Tabelul 8

Amplasare	LEA SUT Vest	Secţia 1 – 20 kV	Secţia 2 – 20 kV
Nr. nod	SUT1/65	B11/70	B23/69
I_{max} [A]	4128	1457	0
t_o [μs]	1,95	2,55	-
T_{max} [μs]	3,00	29,8	-

Intensităţile curenţilor prin arcul electric de conturnare al izolaţiei liniei sunt daţi în tabelul 9 (Curenţii prin arcul de conturnare).

Tabelul 9

Nr. stâlp	2	1
Nr. nod	59	58
I_{max} [A]	20800	8000

Solicitarea descărcătorului de pe LEA SUT Vest poate fi caracterizată printr-o undă de impuls de curent cu parametrii următori:

t_f = 2,05 μs – timpul frontului;

t_s = 4 μs – timpul semiamplitudinii.

Pentru descărcătoarele HL30no, fabricantul indică un curent maxim de 80 kA la unda 4/10 μs. Rezultă că descărcătorul de pe LEA SUT Vest va suporta această solicitare, ca şi celelalte descărcătoare din staţie.

Şi în acest regim, izolaţia liniei conturnează, diminuând solicitarea la care sunt supuse descărcătoarele.

5. Concluzii

Lucrarea prezintă metoda cea mai utilizată astăzi de analiză a regimurilor tranzitorii în scheme electrice complexe. Aplicaţia metodei este exemplificată la staţia electrică Chitila 110/20 kV.

Au fost considerate diferite situaţii, s-au determinat regimurile tranzitorii corespunzătoare şi s-au calculat supratensunile în punctele importante ale staţiei şi intensităţile curenţilor prin diferite laturi ale schemei electrice.

BIBLIOGRAFIE

[1] Carson, J.R., *Wave propagation in overhead wires with ground return,* Bell Syst. Techn. Journal, vol.5, pag. 539-554, 1926.

[2] Pollaczek, F., *On the field produced by an infinitely long wire carrying alternating current,* Elektrische Nachrichtentechnik, vol.3, pag.339-359, 1926.

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

Prof.Dr.Ing. Bogdan NICOARĂ
Departamentul de Sisteme Electroenergetice, UP Bucureşti
bnicoara@yahoo.fr
Dr. Gabriela NICOARĂ
director Consultanţă şi inginerie pentru sisteme electroenergetice, Bucureşti