

REFERENCE no: sp5- 24.doc

CALCULUL DISTRIBUTIEI CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT MONOFAZAT ÎN INSTALATIILE DE PAMÂNTARE LA MICROHIDROCENTRALE

Prof. Dr. Ing. TOADER DUMITRU, Prep. Ing. IOVA SIMONA, UNIVERSITATEA
„POLITEHNICA” TIMISOARA

1. Introducere

Realizarea unor microcentrale (MHC) respective a centralelor hidroelectrice de mica putere (CHEMP) a necesitat revizuirea si completarea corespunzatoare a normativelor pentru dimensionarea instalatiilor de legare la pamânt. Dimensionarea economica a instalatiilor de legare la pamânt, dar corespunzatoare din punct de vedere tehnic necesita cunoasterea valorii curentilor ce se închid prin acestea în regiunile cele mai nefavorabile din punct de vedere a protectiei muncii. Pentru dimensionarea instalatiilor de legare la pamânt se au în vedere curentii de scurtcircuit monofazat deoarece prin aceste instalatii curentii au valori maxime într-un astfel de regim.

Din punct de vedere al modului de realizare a instalatiilor de legare la pamânt a postului de transformare (medie pe joasa tensiune) si priza de pamânt a MHC sau CHEMP sunt realizate separate (postul de transformare nefiind în incinta MHC sau CHEMP), dar sunt legate între ele printr-o platbanda de otel respective prin nului retelei de joasa tensiune. Se considera cazul în care la bara de joasa tensiune (barele MHC sau CHEMP) sunt racordati si consumatorii situati la o anumita distanta de MHC sau CHEMP, acesta fiind cazul cel mai general.

Rezultatele obtinute prin calcul s-au comparat cu cele obtinute experimental. Pentru aceasta s-au provocat scurtcircuite monofazate la priza MHC, la priza postului de transformare, respective la consumatorul alimentat de la barele de joasa tensiune, într-o instalatie existenta.

2. Modelul matematic de calcul al curentilor de scurtcircuit monofazat

În fig. 1 se prezinta schema monofilara a instalatiei pentru care s-a calculat curentul de scurtcircuit monofazat si distributia acestuia prin instalatia de legare la pamânt. S-a avut în vedere faptul ca scurtcircuitul are loc la priza de pamânt a MHC (K1), priza de pamânt a postului de transformare (K2), respectiv la carcasa motorului asincron (K3).

În aceasta figura notatiile au urmatoarele semnificatii: T – transformator de medie tensiune pe joasa tensiune (20/0.4 kV); H.G.A.- hidrogeneratorul realizat cu un generator asincron; M.A. – motor asincron alimentat de la barele de joasa tensiune ale MHC sau CHEMP; R_{PT} – rezistenta prizei de pamânt a postului de transformare; R_{MHC} – rezistenta prizei de pamânt a MHC; R_{P1} – rezistenta prizei de pamânt a consumatorului; R_{P0} – rezistenta prizei de pamânt din punctul considerat de potential nul; $3I_{01}$ – curentul de scurtcircuit monofazat; $3I_{02}$ – curentul de scurtcircuit monofazat debitat de generatorul asincron; $3I_{03}$ – curentul de scurtcircuit monofazat debitat de sistem (transformatorul de 20/0,4kV); $3I_{04}$ – curentul ce se închide prin platbanda ce leaga priza de pamânt a MHC cu cea a postului de transformare; $3I_{05}$ – curentul ce se închide prin conductorul ce leaga nului postului de transformare cu

nulul consumatorului (al tabloului de la care se alimentează consumatorul); $3I_{06}$ – curentul ce se închide prin conductorul ce leagă nulul postului de transformare cu nulul MHC;

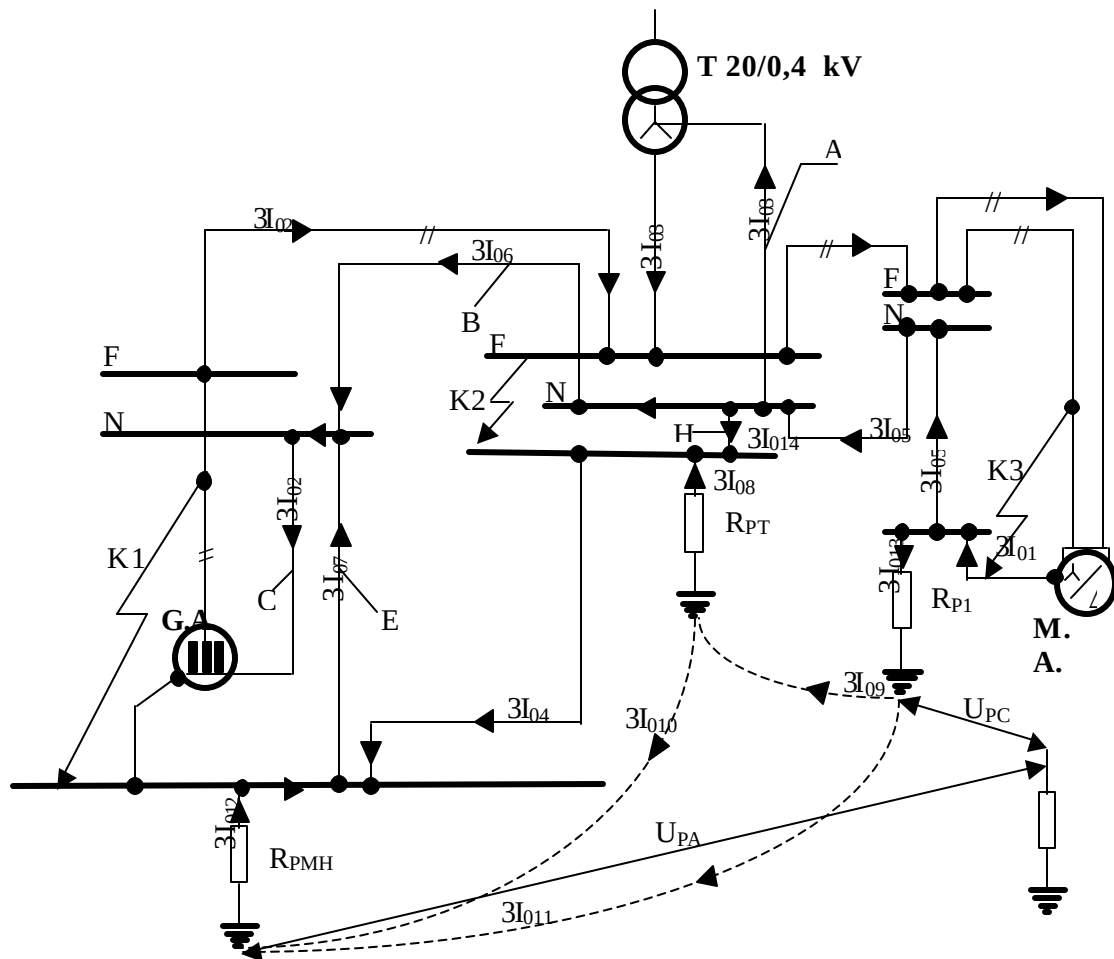


Figura 1. Schema monfilara a instalatiei si repartita curentilor de scurtcircuit

$3I_{07}$ – curentul ce se închide prin cablul ce leagă nulul MHC cu priza de pamânt a MHC; $3I_{08}$ – curentul ce se închide prin priza postului de transformare; $3I_{09}$ – curentul ce se închide prin pamânt între priza consumatorului si a postului de transformare; $3I_{010}$ – curentul ce se închide prin pamânt între priza postului de transformare si MHC; $3I_{011}$ – curentul ce se închide prin pamânt între priza consumatorului si a MHC; $3I_{012}$ – curentul ce se închide prin priza MHC; $3I_{013}$ – curentul ce se închide prin priza de pamânt a consumatorului; $3I_{014}$ – curentul ce se închide prin cablul ce leagă nulul transformatorului cu priza de pamânt a postului de transformare.

Pentru calculul curentilor de scurtcircuit monofazat se utilizează metoda componentelor simetrice. În fig. 2 se prezintă modul de conectare a schemelor de secvență pentru cele trei scurtcircuite monofazate avute în vedere.

În schema din fig. 2 tensiunea sursei se exprima prin relația:

$$U_{ff} = \frac{U_{ff} \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}, \text{ unde } U_{ff} = \frac{U_{f1}(jX_{s1} + Z'_{1L}) + U_{f2}(Z_{1T} + Z'_{1L})}{jX_{s1} + Z_{1T} + 2Z'_{1L}}$$

$$\text{Iar } Z_e = \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}, \text{ unde } R = \frac{(jX_{s1} + Z'_{1L})(Z_{1T} + Z'_{1L})}{jX_{s1} + Z_{1T} + 2Z'_{1L}}$$

$$Z_1 = \frac{(Z_{2T} + Z'_{2L})(R_2' + jX_s' + jX_{s1} + Z''_{2L}) \frac{1}{j\omega C}}{Z_{2T} + Z'_{2L} + R_2' + jX_s' + jX_{s1} + Z''_{2L} + \frac{1}{j\omega C}}$$

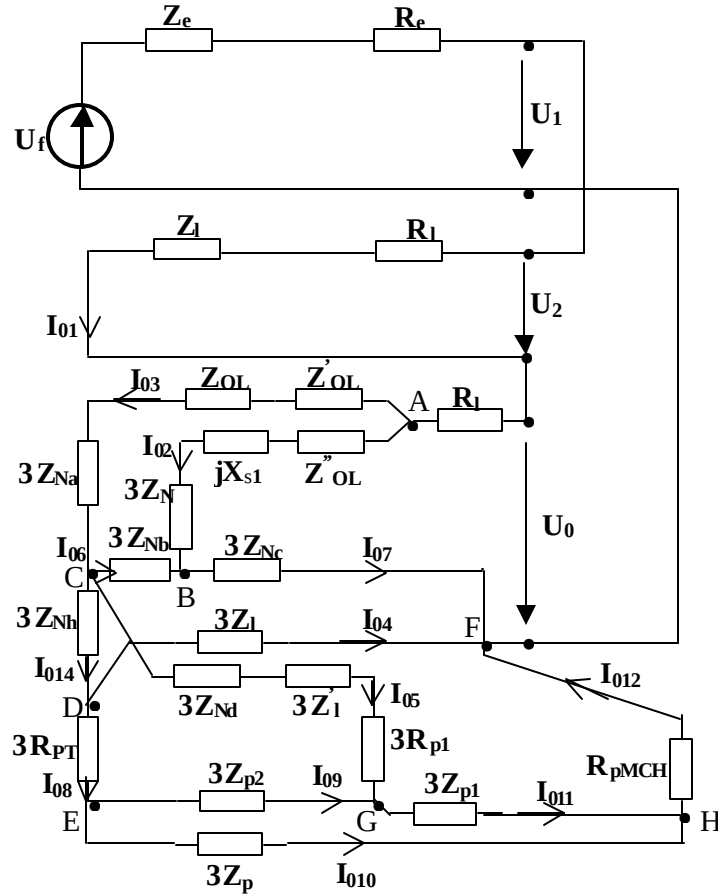


Figura 2. Modul de conectare al schemele de secventa în cazul scurtcircuitului monofazat la priza MHC

Impedantele care intervin în schemele de secventa au următoarele semnificatii:
 Z_{1T} , Z_{2T} , Z_{0T} – impedantele de secventa ale transformatorului 20/0.4 kV; Z'_{1L} , Z'_{2L} , Z'_{0L} – impedantele de secventa ale liniei electrice de la postul de transformare la barele MHC; Z''_{1T} , Z''_{2T} , Z''_{0T} – impedantele de secventa ale liniei electrice de la bornele generatorului asincron la barele MHC; R_1 – rezistența de limitare a curentului de scurtcircuit monofazat; $X_{\sigma 1}$ – reactanța de dispersie a statorului generatorului asincron; $X'_{\sigma 2}$ – reactanța de dispersie a rotorului generatorului asincron redusă la stator; $R_{2/s}$ – rezistența rotorică a generatorului asincron redusă la stator; C – capacitatea de fază a bateriei de condensatori montată pe barele MHC; Z_{1L} , Z_{2L} , Z_{0L} –

impedantele de secventa ale liniei electrice de la barele de postului de transformare la consumator (M.A.); Z_{Na} – impedanta cablului ce leaga nulul transformatorului 20/0.4 kV ca bara de nul a postului de transformare; Z_{Nb} – impedanta cablului ce leaga nulul barelor MHC cu nulul barelor postului de transformare; Z_{Nc} – impedanta cablului ce leaga nulul generatorului asincron cu nulul barelor MHC; Z_{Nd} – impedanta cablului ce leaga nulul barelor postului de transformare cu nulul tabloului de alimentare a consumatorului; Z_1 – impedanta platbandei ce leaga priza MHC cu cea a postului de transformare; Z'_1 – impedanta cablului de otel ce leaga nulul tabloului de alimentare a consumatorului cu priza de pamânt a consumatorului; Z_{Nl} – impedanta cablului ce leaga priza MHC cu nulul barelor MHC; Z_{p1} – impedanta pamântului dintre priza MHC si a consumatorului R_{p1} ; Z_{p2} – impedanta pamântului dintre priza postului de transformare si cea a consumatorului; Z_p – impedanta pamântului dintre priza MHC si cea a postului de transformare; R_{p1} – rezistenta de dispersie a prizei de pamânt aferenta consumatorului; R_{PT} – rezistenta de dispersie a prizei de pamânt aferenta postului de transformare; R_{MHC} – rezistenta de dispersie a prizei de pamânt aferenta micro-hidrocentralei;

Pentru calculul curentilor din laturile circuitului electric reprezentat în fig. 2 se utilizeaza metoda potentialelor la noduri. Ecuatiile obtinute utilizându-se aceasta metoda sunt:

$$\underline{V}_G=0$$

$$\underline{V}_A(\underline{Y}' + \underline{Y}'' + \underline{Y}_e) - \underline{V}_B \underline{Y}'' - \underline{V}_C \underline{Y}' - \underline{V}_F \underline{Y}_e = -\underline{U}_i \underline{Y}_e$$

$$\underline{V}_B(\underline{Y}'' + \underline{Y}_1 + \underline{Y}_9) - \underline{V}_A \underline{Y}'' - \underline{V}_C \underline{Y}_1 - \underline{V}_F \underline{Y}_9 = 0$$

$$\underline{V}_C(\underline{Y}' + \underline{Y}_1 + \underline{Y}_3 + \underline{Y}_4) - \underline{V}_A \underline{Y}' - \underline{V}_B \underline{Y}_1 - \underline{V}_D \underline{Y}_3 = 0$$

$$\underline{V}_D(\underline{Y}_3 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_5) - \underline{V}_C \underline{Y}_3 - \underline{V}_F \underline{Y}_2 - \underline{V}_E \underline{Y}_5 = 0 \quad (1.1)$$

$$\underline{V}_E(\underline{Y}_5 + \underline{Y}_6 + \underline{Y}_8) - \underline{V}_D \underline{Y}_5 - \underline{V}_H \underline{Y}_8 = 0$$

$$\underline{V}_F(\underline{Y}_9 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_{10} + \underline{Y}_e) - \underline{V}_B \underline{Y}_9 - \underline{V}_D \underline{Y}_2 - \underline{V}_H \underline{Y}_{10} - \underline{V}_A \underline{Y}_e = \underline{U}_F \underline{Y}_e$$

$$\underline{V}_H(\underline{Y}_{10} + \underline{Y}_7 + \underline{Y}_8) - \underline{V}_F \underline{Y}_{10} - \underline{V}_E \underline{Y}_8 = 0$$

Din sistemul de ecuatii (1.1) se obtin valorile potentialelor nodurilor. Unde admitantele ce intervin au expresiile:

$$\begin{aligned} \underline{Y}' &= \frac{1}{3Z_{Na} + Z_{OT} + Z_{OL}}, & \underline{Y}'' &= \frac{1}{3Z_{Nc} + jX_{s1} + Z_{OL}}, & \underline{Y}_1 &= \frac{1}{3Z_{Nb}}, & \underline{Y}_2 &= \frac{1}{3Z_e} \\ \underline{Y}_e &= \frac{1}{R_e + Z_e + R_e + Z_e + R_e}, & \underline{Y}_3 &= \frac{1}{3Z_{Nh}}, & \underline{Y}_4 &= \frac{1}{3Z_{Nd} + 3Z'_e + 3R_{p1}}, & \underline{Y}_5 &= \frac{1}{3Z_{RPT}} \\ \underline{Y}_6 &= \frac{1}{3Z_{p2}}, & \underline{Y}_7 &= \frac{1}{3Z_{p1}}, & \underline{Y}_8 &= \frac{1}{3Z_p}, & \underline{Y}_9 &= \frac{1}{3Z_{Nc}}, & \underline{Y}_{10} &= \frac{1}{3R_{pMCH}} \end{aligned} \quad (1.2)$$

Curentii din laturile circuitului functie de potentialele nodurilor se exprima astfel:

$$\begin{aligned} I_{01} &= (\underline{V}_F - \underline{V}_A) \underline{Y}_e & I_{02} &= (\underline{V}_A - \underline{V}_B) \underline{Y}'' & I_{03} &= (\underline{V}_A - \underline{V}_C) \underline{Y}' & I_{04} &= (\underline{V}_D - \underline{V}_F) \underline{Y}_2 \\ I_{05} &= (\underline{V}_C - \underline{V}_G) \underline{Y}_4 & I_{06} &= (\underline{V}_C - \underline{V}_B) \underline{Y}_1 & I_{07} &= (\underline{V}_B - \underline{V}_F) \underline{Y}_9 & I_{08} &= (\underline{V}_D - \underline{V}_E) \underline{Y}_5 \\ I_{09} &= (\underline{V}_E - \underline{V}_G) \underline{Y}_6 & I_{010} &= (\underline{V}_E - \underline{V}_H) \underline{Y}_8 & I_{011} &= (\underline{V}_G - \underline{V}_H) \underline{Y}_7 & I_{012} &= (\underline{V}_H - \underline{V}_F) \underline{Y}_{10} \\ I_{014} &= (\underline{V}_C - \underline{V}_D) \underline{Y}_3 \end{aligned} \quad (1.3)$$

3. Rezultate numerice si experimentale

Pentru situatia concreta avuta în vedere s-au determinat valorile impedanțelor ce intervin în schema din fig. 2. Cu aste valori s-au calculat potentialele nodurilor circuitului (relatiile 1.1) respectiv curentii din laturile circuitului (relatiile 1.3).

Valorile obtinute pentru acesti sunt prezentate în tabelul 1.

Locul descurtcircuit		A I_{01}	A I_{02}	A I_{03}	A I_{04}	A I_{05}	A I_{06}	A I_{07}	A I_{08}	A I_{09}	A I_{010}	A I_{011}	A I_{012}	A I_{013}	A I_{014}
prizaMHC	calculat	162	74.2	80.3	8.2	0.31	71	139.4	4.3	0.21	4.2	0.25	3.9	0.21	12.1
	masurat	150	68.2	76	6.82	0	66	134.2	3.4	0	3.4	0	3.4	0	10.15
	eroare %	0.08	0,08	0,05	0,2		0,07	0,03	0,26		0,23		0,14		0,19
priza postului de transform.	calculat	156.3	61.7	102. 1	10.2	1.58	56.3	10.2	0.88	0.26	0.31	1.84	2.15	1.58	145.2
	masurat	142.7	54.9	95.4	9.3	1.71	52	9.3	0.45	0	0.45	1.71	1.26	1.71	136.3
consumator	calculat	295	102	193	16	251.6	45.4	61	0.2	0.3	0.5	43.1	43.6	43.4	16.2
	masurat	282	95	185. 5	14	242.3	41.3	54	1.9	1.9	0	40	40	40	14.1

Tabelul 1.Valorile calculate si masurate ale curentilor

În acelasi tabel sunt prezentate si valorile curentilor obtinute experimental pentru cele trei scurtcircuite monofazat avute în vedere si anume la priza MHC (punctul K1), la priza postului de transformare (punctul K2), respectiv la consumator(punctul K3).

Din datele prezentate în tabel rezulta ca diferentele dintre valorile curentilor obtinute prin calcul si cele determinate experimental se încadreaza în limitele. Avînd în vedere simplificările acceptate în calculele efectuate abaterile obtinute sunt acceptabile din punct de vedere tehnic. Aceste diferente sunt acceptabile cu atît mai mult cu cît posibilitatile de determinare a valorilor majoritatii parametrilor ce intervin în calculul distributiei curentului de scurtcircuit monofazat prin instalatia de pamântare sunt limitate.

4. Concluzii

În cazul în care exista legaturi între nului postului de transformare si cel al MHC un scurtcircuit monofazat fie la priza de pamânt a MHC, fie la priza de pamânt a postului de transformare nu determina curenti de valori ridicate prin cele 2 prize de pamânt, iar prin priza de pamânt a consumatorului practic nu exista curent. Datorita impedantei reduse a cablului ce leaga nului postului de transformare cu cel al MHC valoarea curentului de scurtcircuit monofazat ce se închide prin aceasta legatura este mult mai mare decît cel care se închide prin prizele de pamânt. Din acest motiv nu este necesar a se impune conditii deosebite din punct de vedere a dimensionarii prizei de pamânt a MHC. Cele doua prize R_{PT} si R_{MHC} fiind conectate si printr-o banda de otel de impedanta Z_1 în afara cablului ce leaga nului PT cu nului MHC, rezulta ca riscul întreruperii legaturilor între cele doua prize este practic inexistent.

În cazul în care scurtcircuitul se produce la priza consumatorului valoarea curentului ce se închide prin aceasta priza atinge valoarea de aproximativ 120 A, valoare ce a determinat o tensiune pe priza de 136 V, tensiune periculoasa din punct de vedere al protectiei muncii. Desi curentul ce s-a închis prin priza de pamânt a

consumatorului a reprezentat doar 14,2 % din curentul de scurtcircuit monofazat totuși aceasta valoare a determinat o tensiune priza periculoasă. Din acest motiv este necesar să se realizeze o priza de pământ la consumator de valoare mai scăzută și de asemenea, legăturile dintre prize trebuie realizate prin cablul cu impedanțe de valori mai mici.

Bibliografie

1. Bercovici, M., Arie, a., Poeata, Al. Retele electrice. Calculul electric. Editura tehnica, Bucuresti, 1974.
2. Sora, C. Bazele electrotehnicii. Editura didactica si pedagogica, Bucuresti, 1982.
3. Toader, D. Contributii privind studiul defectelor de tipul conductor întrerupt si cazut la pământ, în retele electrice de medie tensiune. Teza de doctorat, Universitatea „Politehnica” Timisoara, 1986.
4. Buta, A., Milea, L., Pana, A. Impedanta armonica a retelelor sistemelor electroenergetice. Editura Tehnica, Bucuresti, 2000.
5. Vintan, M. Scurtcircuitul monofazat în retelele electrice de înalta tensiune. Editura MATRIX ROM, Bucuresti, 2003.
6. Toader, D., Hristea, V. Determinarea parametrilor care influenteaza valoarea tensiunii homopolare la un defect duble conductor întrerupt si cazut la pământ spre consumator într-o retea de medie tensiune, Simpozionul National de Retele Electrice Timisoara, oct. 1984, vol. II, p.138-150.
7. Toader, D., Haragus, St. Variation of homopolar voltage in power network with switchable neutral compensation, Analele Universitatii Oradea, 1999.
8. Haragus, St. ,Toader, D., Toaxen, V. Fault transients in distribution networks with improved neutral point grounding, Proceeding of the International Association of Science and Technology for Development, International Conference Spain 2000.
9. Toader, D., Haragus, St., Hategan, I.D. Analysis of a double grounding fault in a 20 kV network having the neutral point grounding with a compensation reactor, Buletinul Stiintific al Universitatii „Politehnica” Timisoara, 2001
10. Toader, D., Andreica, I., Hategan, I.D. Regimuri nesimetrice în retele de medie tensiune cu neutrul izolat. Studiul comportarii protectiilor si propuneri de îmbunatatire, Simpozionul National de Retele Electrice, Oradea, 2002