



THE FACTORS OF INFLUENCE ON THE RELIABILITY OF POWER EQUIPMENT OF DISTRIBUTION NETWORK

Fiodor ERHAN, Dinu VOINESCO

State Agrarian University of Moldova

Abstract. *The Power Electric Distribution Systems (PEDS) possess a great dynamics of development. Thanks to this phenomenon in the power electric distribution systems (PEDS) the probability of apparatus of asymmetrical regimes increase monotonously. As a result of this reliability of the functioning of the power electric equipment installed in the electric knots changes. The asymmetrical regimes in the power electric distribution systems (PEDS) accompanied by the short circuit current are a function of a row determinate is a vague factor of probabilistic nature.*

Coming from it follows that the investigation of the influence of the asymmetrical regimes accompanied by the current of the short circuit on the reliability of the Power Electric Distribution Systems (PEDS) is one of the most important problems of the development the Power Electric Distribution Systems.

The short circuit currents influence the structural and functional reliability of distribution networks and at the reliability of electrical equipment installation.

Key words: *Current of the short circuit, Asymmetrical regimen, Power Electric Distribution Systems, Reliability of electrical equipment.*

FACTORII DE INFLUENȚĂ ASUPRA FIABILITĂȚII UTILAJULUI ELECTROENERGETIC DIN REȚELELE DE DISTRIBUȚIE

Fiodor ERHAN, Dinu VOINESCO

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Rezumat: *Modul de dezvoltare a sistemelor electroenergetice de transport și distribuție a energiei electrice dispune de o dinamică destul de pozitivă. Sporirea volumului de livrare a energiei electrice aduce la sporirea puterilor instalate în sistemele respective, care la rândul lor pot aduce la aparițiilor regimurilor nesimetrice însoțite de curenți de scurt circuit, care dispun de o influență directă asupra indicatorilor de fiabilitate și a fiabilității de funcționare a sistemelor respective.*

Cuvinte-cheie: *Fiabilitatea de funcționare a utilajului electric, curenți de scurt circuit, indicatori de fiabilitate și variația lor în timp, regimuri asimetrice nesinusoidale.*

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Ерхан Ф.М., Войнеско Д.А.

Государственный Аграрный Университет Молдовы

Реферат: *Динамика развития электроэнергетических систем более высокая по сравнению с другими техническими системами. Увеличение объемов выработки и потребления электрической энергии связана с ростом установленных мощностей, что способствуют росту уровней токов короткого замыкания, которые непосредственно влияют на показатели надежности и функциональную надежность установленного электрооборудования.*

Ключевые слова: *Динамика развития электроэнергетических систем, токи короткого замыкания, несимметричные режимы, показатели надежности электроэнергетических систем и составных элементов.*

INTRODUCERE

Sistemele electroenergetice și cele de distribuție a energiei electrice dispun de o dinamică de dezvoltare destul de evidențiată. Acest fenomen se datorează utilizării tot mai pe larg a energiei electrice în diverse ramuri ale economiei naționale (industrie, agricultură, sfera socială, etc.). Ca urmare puterea, instalată în nodurile de generare și a sistemului în întregime crește în continuu.

În sistemele de distribuție cresc monoton neconținut și discret curenții de scurtcircuit (s.c.), fapt care aduce la variația fiabilității de funcționare a echipamentelor și utilajelor electrotehnice instalate în noduri.

Scopul lucrării este studiul și analiza influenței curenților de scurtcircuit asupra fiabilității echipamentelor și utilajelor electrotehnice instalate în nodurile sistemelor de distribuție a energiei electrice.

MATERIAL ȘI METODĂ

Problemele fiabilității echipamentelor electroenergetice sunt unele din cele mai actuale probleme de prognoză și exploatare în electroenergetică și depind de un șir de factori atât determinați, cât și nedeterminați.

De aceea aceste probleme necesită o deosebită atenție. Metodele cunoscute de analiză și apreciere a indicilor de fiabilitate (atât ai rețelelor, nodurilor cât și ai echipamentelor electrice și ai sistemelor electroenergetice și cele de distribuție în întregime), în unele cazuri nu fac față cerințelor respective, deoarece nu se țin cont de toți factorii, care influențează asupra fiabilității echipamentelor și utilajelor electrotehnice.

Curenții de scurtcircuit în S.E.E. au un caracter probabilistic și capătă valori determinate la diferite etape, ce depind atât de puterea instalată cât și de starea elementelor și a schemei electrice la momentul apariției scurtcircuitului. De aceea studiul și cercetarea influenței valorilor curenților de s.c. asupra fiabilității rețelelor, nodurilor electrice și echipamentelor instalate în sistemele electroenergetice este una din cele mai actuale probleme referitoare la dezvoltarea sistemelor electroenergetice și electroenergeticii în întregime.

Pentru a determina această influență a fost studiat un sistem electroenergetic timp de 25 ani cu intervale de 5 ani. În fiecare perioadă se calculau valorile curenților de scurtcircuit așteptate și nivelul de fiabilitate.

Analiza rezultatelor capătate ne indică, că fiabilitatea nodurilor S.E.E. depinde de fiabilitatea elementelor componente, schemele de conectare în nodurile sistemurilor, precum și de valorile așteptate ale curenților de s.c.

Sa stabilit dependența fiabilității elementelor și nodurilor S.E.E. de valorile curenților de s.c. $R = f(I_{sc})$.

În procesul de calculul și apreciere a fiabilității elementelor și nodurilor S.E.E. sa determinat, că curenții de s.c. au o influență primară asupra fiabilității echipamentelor. Sa constatat, că de starea acestor elemente depinde nu numai fiabilitatea nodurilor în care ele sunt instalate, dar și fiabilitatea unei părți mari a S.E.E., care are legături cu nodul dat. Analiza modului de funcționare a echipamentelor ne indică, că fiabilitatea lor depinde de următorii factori:

- valorile așteptate ale curenților de s.c. care pot apărea în sistem;
- frecvența de apariție ale curenților de scurtcircuit;
- valorile tensiunii tranzitorii de restabilire $U_{TR}(t)$ care apare la barele întreruptoarelor, și de variația lor.

Fiabilitatea de funcționare a întreruptoarelor și capacitatea lor de deconectare este direct proporțională cubului curenților de scurtcircuit în nodul dat. Posibilitatea întreruptoarelor de a deconecta orice tip de scurtcircuit se caracterizează cu viteza de schimb (variație, derivata $di_{s.c.}/dt$ a curenților electric de scurtcircuit la barele întreruptorului [1,2]. Dacă această variație a curenților electric de scurtcircuit se află în limitele de $2 < di_{s.c.}/dt < 10 A/msec.$, atunci probabilitatea și perioada de apariție a arcului electric la bornele întreruptorului este minimală și atunci acest întreruptor poate deconecta orice tip de scurtcircuit.

Dacă variația curenților electric de scurtcircuit este în limitele de $15 < di_{s.c.}/dt < 30 A/msec.$, atunci deconectarea oricărui tip de scurtcircuit de către întreruptoarele aeriene devine deficilă pentru orice tip de întreruptor care se află în prezent în exploatare, în sistemul studiat.

În funcție de valorile așteptate ale curenților de s.c., deplasarea scurtcircuitului față de întreruptor, procesul de deconectare a scurtcircuitului se caracterizează cu factorul de complicitate a deconectării scurtcircuitului. Acești factori caracterizează influența diferitor parametri la procesul de funcționare a întreruptoarelor în momentul de scurtcircuit. Așa parametri sunt:

- valorile maxime așteptate ale curenților de scurtcircuit de deconectare;
- amplituda și variația componentei aperiodice a curenților de s.c.;
- derivata inițială și amplituda primei perioade a tensiunii tranzitorii de restabilire la barele întreruptoarelor din ambele părți;
- forțele dinamice, care acționează la barele întreruptoarelor;
- temperatura mediului înconjurător, durata arcului electric și alți factori, care pot avea influență directă.

Valoarea acestui factor în funcție de valorile curenților de s.c. deconectați $I^3_{s.c.}(t)$ și curenții maxim de deconectare a întreruptorului $I_{MX}(t)$ se determină cu expresia:

$$K_t = C L I^3_{s.c.}(t) \quad (1)$$

Unde C - este coeficient de proporționalitate, $C = 0,375$; L - depărtarea unde are loc scurtcircuitul față de bare; $I^3_{s.c.}(t)$ - valoarea curenților de scurtcircuit deconectat.

Din analiza rezultatelor obținute reeasă, că fiabilitatea rețelelor sistemului și fiabilitatea echipamentelor instalate în nodurile sistemului depind de dinamica schimbării curenților de s.c.. Dependența fiabilității de valorile așteptate ale curenților de scurtcircuit sunt prezentate în Fig.1. Unul din parametrii, care caracterizează fiabilitatea întreruptoarelor este fluxul de refuz $[\omega(t)]$. Pentru aprecierea fluxului de refuz este elaborat un model matematic, care dă posibilitatea de a ține cont de numărul de cicluri de funcționare și de intensitatea de funcționare de la ultima revizie tehnică. În așa caz frecvența de funcționare fără refuz $\lambda(t)$ este determinată conform [3] în funcție de valorile $I^{(1)}_{s.c.}(t)$; $I^{(3)}_{s.c.}(t)$. Dacă frecvența de funcționare (λ_1) la darea în exploatare a utilajului (λ_2) și momentul de scoatere la reparație capitală sunt cunoscute atunci limita lui de funcționare din punct de vedere al fiabilității poate fi determinată cu expresia:

$$\Delta P(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

unde: $\Delta P(t)$ - este limita posibilă de micșorare a probabilității de funcționare pînă la următoarea reparație a utilajului;

$\Delta \lambda = (\lambda_1 - \lambda_2)$ - diferența probabilităților la începutul și sfârșitul perioadei de exploatare.

Numărul de cicluri complete în funcție de probabilitatea și frecvența de funcționare se determină cu expresia:

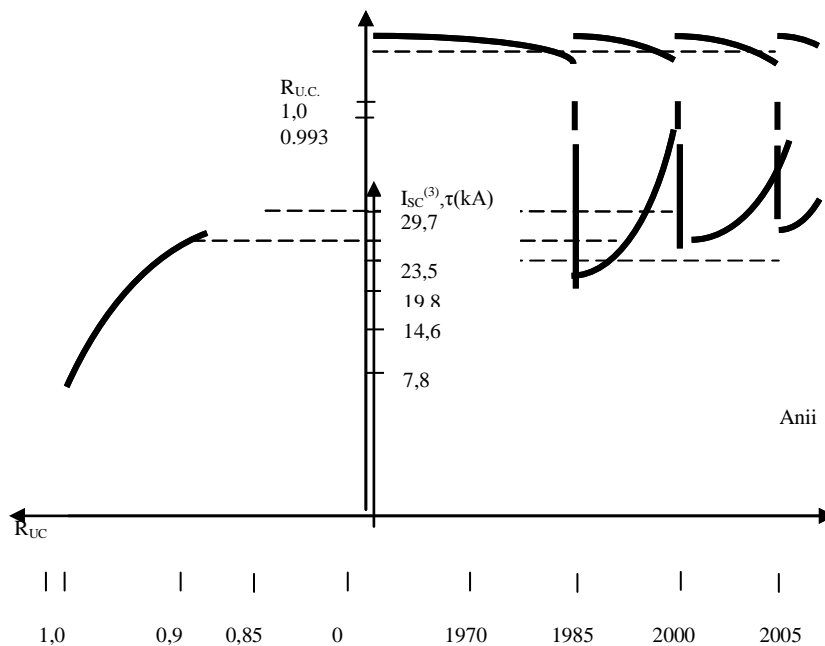


Fig. 1 Dependența fiabilității de valorile aleatorii ale curenților de scurtcircuit.

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

unde: N_0 - este numărul de cicluri complete de funcționare a întreruptorului care deconectează curenți de scurtcircuit. cu valoarea mai mare sau egală de 10% din cel maximal așteptat conform GOST-687 - 89.

Valoarea fiabilității întreruptoarelor $R(t)$ în funcție de numărul de cicluri pînă la efectuarea reviziei următoare sau scoaterea la reparație $N(t)$ în funcție de valorile curenților de scurt circuit deconectați așteptați $I_{s.c.}$ a fost determinată experi-mental și se prezintă în tabelul 1.

Tabelul 1.

$I_{s.d.}^{(3)} / I_{s.n}^{(3)}$	0.08	0.16	0.25	0.50	0.75	1.00
$N(t)$	32	26	20	15	12	10
$R(t)$	0.996	0.998	0.999	0.999	0.993	0.991

unde: $N(t)$ - este numărul de cicluri de deconectări efectuate de întreruptor; $R(t)$ - este fiabilitatea de funcționare a întreruptoarelor.

Din cele expuse reiese, că fiabilitatea de funcționare a întreruptoarelor este o funcție multifactorială determinată de valorile curenților de scurtcircuit, variația tensiunii tranzitorii, factorul de complicitate a scurt circuitului deconectat [6,7].

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În procesul de analiză toate relațiile determinate este primit că durata și frecvența are o distribuție cu o probabilitate ($p = 0.97$) și se supun legilor, care corespund distribuției Weibull.

În așa caz această funcție poate fi determină din (5).

La aprecierea influenței curenților de s.c. asupra fiabilității e necesar de ținut cont nu numai de valorile așteptate ale curenți-lor de s.c., dar și de efectul termotehnic, care îl produc a acestui curent. Influența termică ale curenților de s.c. în așa caz se determină prin termoimpulsurile, care sunt proporționale valorilor patratului curenților de s.c.și pot fi determinate din expresia următoare:

$$W_k(t) \leq I^2(t) Z(t)dt \quad (4)$$

unde: $I^2(t)$ - este valoarea eficace a curentului de scurtcircuit deconectat.

$$f(t) = \alpha t * e^{-(\alpha-1)t/T} / T \quad (t > 0) \quad (5)$$

unde: T - este perioada de funcționare ; t - momentul apariției a refuzului stabil; $\alpha > 0$ - forma de distribuție a refuzurilor.

Probabilitățile de refuz a echipamentelor ce funcționează în condiții ce nu corespund cerințelor tehnice (din cauza cărora se mărește probabilitatea de refuz) a tuturor echipamentelor poate fi determinată din expresia (6).

$$P_R(t) = (1 + a_B^0 * K_A) * K_t * a_B \quad (6)$$

unde:

a_B - este indicele de recuplare automată ($a_B = 1$ dacă recuplarea automată funcționează fără refuz; $a_B = 0$ dacă recuplarea automată lipsește.);

K_A - coeficientul care ține cont de ciclurile fără succes de recuplare automată;

K_t - coeficientul de complicitate de deconectare a scurtcircuitului real;

a_B^0 - numărul de deconectări fără succes în funcție de valorile curenților de s.c.

Analiza materialelor statistice (tuturor refuzurilor întreruptoarelor) ne arată, că circa 25% din numărul total de refuzuri au loc din pricina defectelor exterioare ale izolației, deaceia e necesar de introdus coeficientul de corelație ($k_r = 0.25$), care ține cont de micșorarea fiabilității din cauza defectelor exterioare

În așa caz ținând cont de toate cele descrise se poate de constatat, că indicatorii și nivelul de fiabilitate a întreruptoarelor este în funcție de valorile aleatorii ale curenților de scurtcircuit.

CONCLUZII

1. Analiza amplă a fiabilității echipamentelor și utilajelor electrotehnice instalate în sistemele de distribuție a energiei electrice r S.E.E. arată, că aceasta depinde de valorile așteptate ale curenților de scurtcircuit, de tensiunea tranzitorică de restabilire și variația ei la barele echipamentelor și de numărul de cicluri efectuate. Această funcție poartă un caracter neliniar.

2. Valorile probabilistice așteptate ale curenților de scurtcircuit trebuie să corespundă cerințelor tehnice de referință ale echipamente electrotehnice. În caz contrar e necesar de elaborat măsuri suplimentare pentru limitarea sporirii valorilor curenților de s.c..

3. Pentru determinarea influenței curenților de scurt circuit și a tensiunii tranzitorii asupra indicatorilor de fiabilitate a echipamentelor și utilajelor în sistemele de distribuție s-a elaborat un model matematic, ce ține cont de dinamica de variație a curenților de scurt circuit.

BIBLIOGRAFIE

1. Ragaller K. Otklúenie tokov v seteah vysokogo napryaženiâ. M: Ènergoatomizdat, 1981 -327 s.
2. Erhan F., Neklepaev B. Toki korotkogo zamikaniâ i nadežnosti energosystem; Chișineu, 1985 - 217s.
3. Neklepaev B.N. Koordonaciâ i optimizaciâ urovnei tokov korotkogo zamikaniâ v electroenergeticeskih sistemah. M; Ènerghiâ, 1978 - 167s.
4. Erhan T., Melnic S. Short-circuit current level effect on the electric power systems reliability. The III - Internasional Symposion " Short-circuit currents in power system" Polond, Sulejow 1988, V-I, 81-89 p.
5. Kuznetov V.Gh., Postolatii V.M., Erchan F.M. Calculation of asymmetric regims and induced voltage in compact transmission lines. The VI -th Internasional Symposion " Short-circuit currents in power electric systems". Belgia, Liege. 1994.V-II.76-84 p.
6. V Usov Èlectriceskie stancii i podstancii. Leningrad. Ènergiâ. 1987.- 432 s.
7. Ždanov P.S. Ustoicivisti èlectriceskih sistem. M.: Gosènergoizdat, 1948.- 400s.