

CZU: 621.311.1

ESTIMAREA IMPACTULUI FACTORILOR DE INFLUENȚĂ ASUPRA FIABILITĂȚII REȚELELOR ELECTRICE

*Victor POPESCU**Universitatea Agrară de Stat din Moldova*

Abstract. Currently, in electrical networks take place a large number of planned and unplanned disconnections, which interrupt the power supply and affect consumers causing economic damages. To ensure the quality of power supply it is needed to know the factors influencing the reliability of power networks that have noticeable impact on the variation of reliability indicators of the equipment installed in power supply networks. This paper is devoted to problems of computation and analysis of reliability of electrical networks and to estimate the impact of various factors influencing the process of power supply to consumers.

Key words: Electric Power Networks; Electrical equipment; Equipment reliability; Reliability indicators

Rezumat. În prezent, în rețelele electrice au loc un număr mare de deconectări planificate și neplanificate, care întrerup alimentarea cu energie și afectează consumatorii, provocându-le daune economice. Pentru a asigura calitatea alimentării cu energie este necesar să se cunoască factorii care influențează fiabilitatea rețelelor electrice, care au un impact sesizabil asupra variației indicatorilor de fiabilitate a echipamentelor instalate în rețelele de alimentare cu energie electrică. Această lucrare este dedicată problemelor de calcul și analiză a fiabilității rețelelor electrice și de estimare a impactului diferitor factori care influențează procesul de alimentare cu energie a consumatorilor.

Cuvinte cheie: Rețele electrice; Echipament electric; Fiabilitatea echipamentelor; Indicatori de fiabilitate

INTRODUCERE

La momentul actual, în rețelele electrice din Republica Moldova, se produce un număr mare de deconectări ce influențează calitatea alimentării cu energie electrică a tuturor consumatorilor, inclusiv a celor din sectorul agrar (Popescu, V. 2012). Determinarea factorilor de cauză a acestor întreruperi și estimarea nivelului de influență a lor asupra fiabilității echipamentelor instalate în rețelele electrice permit elaborarea măsurilor de asigurare a continuității și calității alimentării consumatorilor cu energie electrică (Secui, D. 2008).

Cauzele deconectărilor și impactul lor asupra fiabilității alimentării consumatorilor cu energie electrică nu sunt studiate în prezent la nivelul stipulat de documentele în vigoare privind indicatorii de fiabilitate a rețelelor electrice (Ardeleanu, M. 2007). Cunoașterea profundă a fenomenelor ce însoțesc procesul de alimentare cu energie electrică și estimarea impactului factorilor aleatori asupra fiabilității, permite o planificare justificată, din punct de vedere tehnic și economic, a măsurilor și activităților serviciilor de exploatare a rețelelor electrice, întru asigurarea indicatorilor normativi de fiabilitate (Popescu, V. 2013).

Această lucrare este consacrată aprecierii nivelului de influență a factorilor aleatorii asupra indicatorilor de calitate a alimentării cu energie electrică și are ca scop estimarea impactului acestor factori asupra fiabilității rețelelor de alimentare cu energie electrică a consumatorilor.

MATERIAL ȘI METODĂ

Obiectul cercetărilor efectuate l-au constituit caracteristicile refuzurilor din rețelele electrice ale sistemului electroenergetic republican, cauzate de factori aleatorii.

Investigațiile s-au realizat în următoarele etape:

- colectarea și procesarea datelor privind deconectările în rețelele electrice din Republica Moldova;
- clasificarea întreruperilor după caracterul apariției lor (aleatorii, planificate și de manevră) și în funcție de factorii de influență;
- elaborarea conceptului de analiză și sistematizare a refuzurilor în funcție de sezon și de amplasarea geografică a rețelelor electrice;
- elaborarea criteriului de estimare a impactului factorilor aleatorii asupra indicatorilor de fiabilitate prin introducerea coeficienților de pondere;

- determinarea valorilor principalilor indicatori care caracterizează calitatea de funcționare a sistemelor de distribuție și estimarea ponderii factorilor de influență asupra acestor indicatori;
- elaborarea criteriului de prognoză a refuzurilor aleatorii în sistemele de distribuție și a parametrilor ce caracterizează aceste refuzuri.

La soluționarea problemelor formulate pentru cercetare au fost utilizate: teoria grafelor și a matricelor; teoria probabilității; metodele de analiză statistică și procesare a datelor experimentale; teoria ecuațiilor liniare și neliniare; modelarea matematică; tehnica de calcul cu soft-urile Microsoft Excel, StatGraphics, EasyFit 5.5 Professional.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Estimarea impactului factorilor de influență asupra indicatorilor de fiabilitate a rețelelor electrice s-a realizat în baza introducerii noțiunii de coeficienți de pondere a factorilor de influență asupra nivelului de fiabilitate și au fost obținute expresiile matematice pentru determinarea acestor coeficienți. În continuare se prezintă expresiile finale obținute pentru estimarea coeficienților de pondere a factorilor de influență asupra fiabilității rețelelor electrice. Coeficienții de pondere, pentru fiecare factor aleator în parte, se calculează prin formule diferite. Astfel:

- coeficientul de pondere al factorului f_1 se determină prin:

$$k_{p1} = \frac{\sum_{k=1}^m NC_{1k} \cdot T_{1k}}{\sum_{k=1}^m NC_{1k} \cdot T_{1k} + \sum_{l=1}^p NC_{2l} \cdot T_{2l} + \sum_{r=1}^s NC_{3r} \cdot T_{3r} + \dots + \sum_{v=1}^t NC_{nv} \cdot T_{nv}} \cdot 100\%; \quad (1)$$

- coeficientul de pondere al factorului f_2 se determină prin formula:

$$k_{p2} = \frac{\sum_{l=1}^p NC_{2l} \cdot T_{2l}}{\sum_{k=1}^m NC_{1k} \cdot T_{1k} + \sum_{l=1}^p NC_{2l} \cdot T_{2l} + \sum_{r=1}^s NC_{3r} \cdot T_{3r} + \dots + \sum_{v=1}^t NC_{nv} \cdot T_{nv}} \cdot 100\%; \quad (2)$$

- coeficientul de pondere al factorului f_3 se determină prin formula:

$$k_{p3} = \frac{\sum_{r=1}^s NC_{3r} \cdot T_{3r}}{\sum_{k=1}^m NC_{1k} \cdot T_{1k} + \sum_{l=1}^p NC_{2l} \cdot T_{2l} + \sum_{r=1}^s NC_{3r} \cdot T_{3r} + \dots + \sum_{v=1}^t NC_{nv} \cdot T_{nv}} \cdot 100\%; \quad (3)$$

- coeficientul de pondere al factorului f_n se determină prin formula:

$$k_{pn} = \frac{\sum_{v=1}^t NC_{nv} \cdot T_{nv}}{\sum_{k=1}^m NC_{1k} \cdot T_{1k} + \sum_{l=1}^p NC_{2l} \cdot T_{2l} + \sum_{r=1}^s NC_{3r} \cdot T_{3r} + \dots + \sum_{v=1}^t NC_{nv} \cdot T_{nv}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

În aceste expresii s-au notat:

NC_{1k} – numărul consumatorilor afectați de întreruperile k , cu durata T_{1k} , cauzate de factorul aleatoriu de influență f_1 ;

NC_{2l} – numărul consumatorilor afectați de întreruperile l , cu durata T_{2l} , cauzate de factorul aleatoriu de influență f_2 ;

NC_{3r} – numărul consumatorilor afectați de întreruperile r , cu durata T_{3r} , cauzate de factorul aleatoriu de influență f_3 ;

NC_{nv} – numărul consumatorilor afectați de întreruperile v , cu durata T_{nv} , cauzate de factorul aleatoriu de influență f_n .

S-a stabilit că pentru a prognoza influența factorilor aleatorii asupra fiabilității rețelelor electrice

este absolut necesar de a determina legile de distribuție pentru refuzurile cauzate de factorii respectivi și parametrii acestor distribuții. În acest sens au fost examinate distribuțiile experimentale și cele teoretice pentru următorii indici: frecvența de apariție a refuzurilor pentru fiecare sistem de rețele, în funcție de sezon, durata refuzurilor și numărul consumatorilor deconectați.

La prima etapă, s-au analizat caracteristicile factorilor de influență cercetați care au cauzat apariția întreruperilor aleatorii. În conformitate cu expresiile obținute pentru estimarea influenței acestor factori asupra fiabilității, s-au determinat coeficienții de pondere asupra indicatorilor de fiabilitate pentru cei 12 factori examinați ale căror valori medii anuale sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Valorile coeficienților de pondere ai factorilor de influență

Factorii		Valorile medii anuale ale coeficienților de pondere					
		2008	2009	2010	2011	2012	Total
Nr	Descrierea	$K_{p,med}$, %	$K_{p,med}$, %	$K_{p,med}$, %	$K_{p,med}$, %	$K_{p,med}$, %	$K_{p,med}$, %
1	Condiții climatice	39,7	26,7	37,6	41,0	25,5	34,1
2	Defecte ale echipamentelor	25,0	34,1	23,4	21,0	34,0	27,5
3	Factori neidentificați	20,1	22,0	20,7	18,5	23,2	20,9
4	Acte de vandalism	4,5	4,7	4,9	4,9	4,1	4,6
5	Defecte în rețelele de transport	3,1	4,3	4,6	4,7	3,7	4,0
6	Defecte ale PDC-urilor	1,7	1,4	2,7	2,9	2,1	2,1
7	Acțiunea animalelor și păsărilor	1,2	1,7	1,2	2,3	2,0	1,6
8	Acțiunea mecanismelor	1,5	1,7	2,1	1,7	1,8	1,7
9	Avarii cauzate de vegetație	1,5	1,6	1,1	1,5	1,8	1,5
10	Defecte cauzate de consumatori	1,1	0,9	0,5	0,5	0,8	0,7
11	Calitatea energiei electrice	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
12	Erori de exploatare	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,42

Analizând valorile medii anuale ale coeficienților de pondere asupra fiabilității pentru cei 12 factori, se poate constata că cei mai influenți dintre ei sunt condițiile climatice, defectele echipamentelor, precum și factorii neidentificați.

În figura 1 se prezintă grafic caracteristica factorilor de influență în funcție de ponderea lor asupra indicatorilor de fiabilitate.

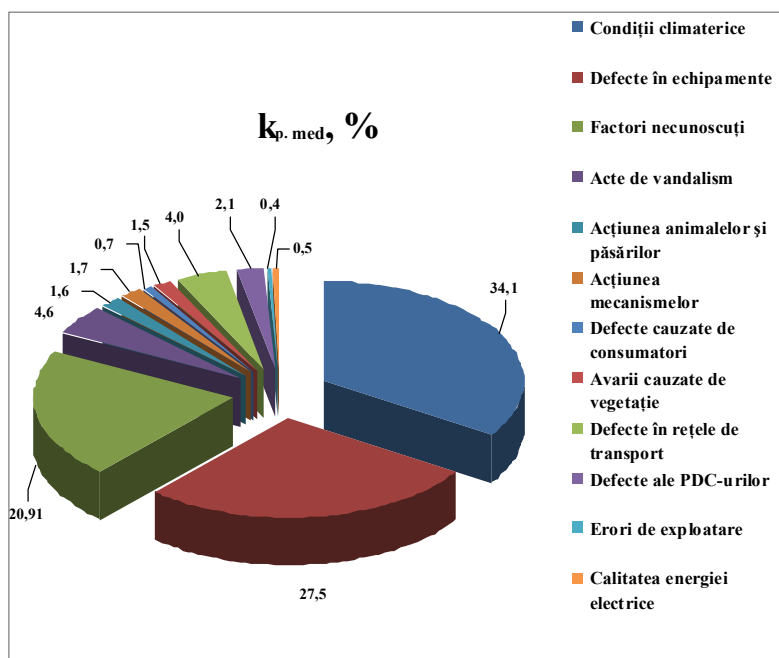


Figura 1. Caracteristica generală a factorilor de influență

Analiza rezultatelor obținute confirmă că cea mai mare pondere asupra indicatorilor de continuitate a alimentării cu energie electrică o au trei factori: condițiile climaterice – 34,1%, defecte ale echipamentelor – 27,5% și factorii neidentificați – 20,91%.

La etapa a doua, conform conceptului de prognoză elaborat, s-au determinat distribuțiile experimentale și cele teoretice, precum și valorile parametrilor ce caracterizează coeficienții de pondere (K_p) asupra indicatorilor de fiabilitate pentru cei 12 factori aleatorii de influență. Au fost determinați următorii parametri ai distribuțiilor: ponderea medie asupra indicatorilor de fiabilitate, dispersia, abaterea medie pătratică, coeficientul de variație, ponderea minimă și maximă, diapazonul, valorile marginale ale intervalului de încredere, coeficienții de asimetrie și exces și tipul funcției teoretice. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Parametrii distribuțiilor ponderilor factorilor de influență asupra fiabilității

Factorii		Parametrii distribuției											Distribuția teoretică apropiată
N.	Denumirea	K_p med %	D	σ	Coef. de var.	K_p min, %	K_p max, %	Diapazon	K_L jos, %	K_L sus, %	Coef. de asim.	Coef. de exces	
1	Acte de vandalism	4,60	0,39	0,63	0,14	3,7	5,9	2,2	4,34	4,86	0,87	-0,5	Normală
2	Acțiunea animalelor și păsărilor	1,66	0,41	0,64	0,39	0,3	2,6	2,3	1,40	1,92	-1,7	0,02	Normală
3	Acțiunea mecanismelor	1,76	0,40	0,63	0,36	0,2	3,2	3	1,50	2,02	0,12	0,90	Normală
4	Avarii cauzate de vegetație	1,52	0,31	0,56	0,36	0,7	2,7	2	1,29	1,75	0,27	-0,8	Normală
5	Calitatea energiei electrice	0,50	0,08	0,29	0,57	0,1	1,5	1,4	0,38	0,62	1,80	1,42	Normală
6	Condiții climaterice	34,1	56,2	7,50	0,22	23,5	47,2	23,7	31,0	37,2	0,24	-1,4	Normală
7	Defecte cauzate de consumatori	0,76	0,30	0,54	0,72	0,1	2,7	2,6	0,54	0,98	1,99	1,90	Normală
8	Defecte în echipamente	27,5	37,4	6,12	0,22	18,8	39,5	20,7	24,9	30,0	0,65	-1,1	Normală
9	Defecte în rețelele de transport	4,08	1,65	1,28	0,31	1,7	7,1	5,4	3,55	4,61	0,75	0,58	Normală
10	Defecte ale PDC-urilor	2,18	0,41	0,64	0,29	1,2	3,4	2,2	1,92	2,44	0,11	-1,0	Normală
11	Erori de exploatare	0,42	0,03	0,19	0,45	0,1	0,8	0,7	0,34	0,49	0,26	-0,5	Normală
12	Factori neidentificați	20,9	7,53	2,74	0,13	17	26,7	9,7	19,7	22,0	0,63	-0,8	Normală

Parametrii stabiliți dau posibilitatea de a prognoza valorile coeficienților de pondere a factorilor de influență asupra fiabilității cu credibilitatea de 95 %.

În rezultatul examinării valorilor obținute, s-a constatat că cei 12 factori de influență au o distribuție a ponderilor asupra indicatorilor de fiabilitate apropiată de cea normală (Gaussiană) pentru rețelele cercetate. Caracteristica factorilor de influență, în funcție de ponderea lor asupra indicatorilor de fiabilitate, arată că valorile calculate au o repartiție uniformă și o variație anuală nesemnificativă.

Cercetările efectuate oferă posibilitatea de a constata că factorii examinați determină nivelul de fiabilitate în funcționarea echipamentelor instalate în rețelele electrice, iar rezultatele obținute privind prognozarea lor permit o planificare justificată din punct de vedere tehnic și economic a activităților de asigurare a continuității și calității alimentării cu energie electrică a consumatorilor, cu respectarea indicatorilor normativi de fiabilitate.

CONCLUZII

Deconectările care au loc în rețelele electrice depind de o multitudine de factori, care influențează siguranța și calitatea alimentării consumatorilor cu energie electrică. Cunoașterea nivelului de influență a acestor întreruperi asupra fiabilității echipamentelor instalate în rețelele electrice permite o planificare justificată din punct de vedere tehnic și economic a măsurilor de asigurare a indicatorilor de fiabilitate.

Criteriul elaborat pentru estimarea influenței diferitor factori asupra fiabilității a oferit posibilitatea de a determina valorile principalilor indicatori de fiabilitate și a coeficienților de pondere pentru toți factorii aleatorii și a permis de a constata că cea mai mare pondere asupra indicatorilor de fiabilitate o au 3 factori: condițiile climaterice – 34,1%, defecte în echipamente – 27,5%, factorii neidentificați – 20,9%.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ARDELEANU, M.E., 2007. Fault Localization in Cables and Accessories by Off-Line Methods. In: Annales of the University of Craiova, Vol. 13 Craiova
2. POPESCU, V., 2013. Aprecierea calității de funcționare a echipamentelor electrotehnice și a rețelelor de alimentare cu energie electrică. In: Știința Agricolă, nr. 1, pp. 104-108. ISSN 1857-0003
3. POPESCU, V., 2012. Evaluarea și prognoza indicatorilor fiabilității rețelelor electrice. In: Problemele energeticii regionale, nr. 3, pp. 12-18. ISSN 1857-0070.
4. POPESCU, V., 2007. Studiul proceselor tranzitorii însoțite de arcul voltaic și influența lor asupra fiabilității sistemelor de distribuție. In: Analele Universității din Oradea, România, Fascicula de Energetică, nr. 13, pp. 60-63. ISSN 2067-55342.
5. SECUI, D.C., 2008. The Sensitivity of the Electrical Substationns' Reliability Indices at the Variation of the Circuit-Breakers Sticking Probability. In: Annals of the Oradea University: Electrical Engineering, vol.14, pp. 23-28. ISSN 1224-1261.

Data prezentării articolului: *05.03.2014*

Data acceptării articolului: *05.05.2014*