

CZU 621.311.1

APRECIEREA CALITĂȚII DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTELOR ELECTROTEHNICE ȘI A REȚELOR DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

V. POPESCU

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Abstract. At present a significant number of power interruptions take place in the electrical networks, and they are determined by the influence of random factors. Ensuring the continuity of electricity supply to consumers is a very current issue for the National Electric System. In order to increase the reliability of electrical networks it is absolutely necessary to know the factors that cause power interruptions of the installed equipment and their characteristics for planning different land, technical, operational and other service activities. The present paper is focused on the problems concerning the calculation and assessment of reliability indicators of the equipment installed in electrical networks and also on the continuity of electricity supply to consumers, both agricultural and industrial ones.

Key words: Electrotechnical equipment, Republic of Moldova, Power electric networks, Reliability indicators.

Rezumat. Cercetările au fost efectuate în baza rețelelor electrice de diferite niveluri de tensiuni din Republica Moldova. Obiectul cercetărilor l-au constituit caracteristicile refuzurilor din rețelele examinate, condiționate de diferiți factori aleatori de influență. S-a elaborat schema structurală de calcul și algoritmul de prognoză a nivelului de fiabilitate, care au dat posibilitatea de a evidenția factorii de influență asupra procesului de furnizare a energiei electrice și, totodată, au permis sistematizarea operațiilor consecutiv realizate în procesul de apreciere a fiabilității rețelelor electrice. În baza rezultatelor obținute cu privire la valorile indicatorilor de calitate a funcționării echipamentelor electrotehnice instalate în rețelele electrice: transformatoare, comutatoare, separatoare, disjunctoare etc.) a fost efectuată prognoza fiabilității rețelelor cercetate, luând în considerație următorii indicatori: durata medie a deconectărilor, frecvența medie a deconectărilor, durata medie de restabilire a deconectărilor, timpul mediu total de deconectare. Rezultatele prognozei au marja de eroare de 5% și utilizarea lor permite o planificare justificată, din punct de vedere tehnic și economic, a tuturor măsurilor de asigurare a indicatorilor normați de fiabilitate a rețelelor electrice cu diferite niveluri de tensiune și a echipamentelor instalate în aceste rețele.

Cuvinte cheie: Echipament electrotehnic, Rețele electrice, Indicatori de fiabilitate, Republica Moldova.

INTRODUCERE

Gradul de complexitate a rețelelor electrice este într-o continuă evoluție. În condițiile socio-economice actuale apare un număr tot mai mare de consumatori noi, iar aceasta duce la apariția mai multor noduri de sarcină. Acest lucru influențează benefic dezvoltarea social-economică a oricărui stat, însă, implică și noi cerințe și probleme referitoare la asigurarea fiabilității rețelelor, deoarece crește semnificativ gradul de complexitate a schemelor structurale și a echipamentelor instalate în rețelele electrice (Secui, D. 2008).

Sporirea numărului de elemente componente ale schemelor rețelelor crește riscul de apariție a defectelor și refuzurilor în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Asigurarea nivelului de fiabilitate poate fi realizată numai prin cunoașterea factorilor de influență, care cauzează apariția refuzurilor aleatorii și condiționează pierderi economice (Ardeleanu, M. 2007).

În echipamentele instalate în rețelele electrice de diferite niveluri de tensiuni, cum ar fi transformatoarele, comutatoarele, separatoarele, disjunctoarele etc., au loc frecvent refuzuri care determină calitatea și siguranța alimentării consumatorilor cu energie electrică. Determinarea factorilor ce cauzează aceste refuzuri și estimarea nivelului de influență a lor asupra fiabilității echipamentelor și rețelelor electrice permite elaborarea măsurilor de asigurare a continuității și calității alimentării cu energie electrică a consumatorilor (Popescu, V. 2012).

Prezenta lucrare este consacrată calității de funcționare a echipamentelor instalate în rețelele electrice de diferite niveluri de tensiuni, luând în considerație factorii aleatorii de influență ce cauzează refuzurile în funcționare.

MATERIAL ȘI METODĂ

Cercetările au fost efectuate în baza rețelelor electrice de diferite niveluri de tensiuni din Republica Moldova. Obiectul cercetărilor l-au constituit caracteristicile refuzurilor din rețelele examinate, condiționate de diferiți factori aleatori de influență.

Pentru a observa acțiunea factorilor de influență asupra procesului de alimentare cu energie electrică a consumatorilor conectați în sistemul energetic republican, s-au elaborat schema structurală de calcul și algoritmul de prognoză a nivelului de fiabilitate, care au dat posibilitatea de a evidenția factorii de influență asupra procesului de furnizare a energiei electrice și, totodată, au permis sistematizarea operațiilor consecutiv realizate în procesul de apreciere a fiabilității rețelelor electrice. Caracteristicile sistemelor de rețele examinate sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. *Caracteristicile rețelelor electrice examinate*

Nr.	Nivelul de tensiune, kV	Lungimea sumară, km
1	0,4	39340
2	6-10	29430
3	35	2385
4	110	4070
5	330	530
6	400	214

Procesarea informației cu privire la fluxurile de refuzuri ale echipamentelor instalate a fost efectuată în baza unui procedeu standard de analiză și calcul cu utilizarea următoarelor mijloace: teoria graficelor și a matricelor; teoria probabilității; metodele de analiză statistică și procesare a datelor experimentale privind refuzurile din rețelele electrice; teoria fiabilității; teoria ecuațiilor liniare și neliniare; modelarea matematică; tehnica de calcul cu soft-urile specializate în prelucrarea statistică.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Abordarea metodologică generalizată cu referire la aprecierea indicatorilor ce caracterizează calitatea de funcționare a echipamentelor rețelelor electrice (transformatoare, separatoare, comutatoare etc.), a permis determinarea legilor de distribuție a refuzurilor aleatorii care afectează fiabilitatea rețelelor electrice și stabilirea parametrilor de distribuție a deconectărilor cauzate de factorii de influență pentru perioada de studiu. În tabelul 2 se prezintă, drept exemplu, valorile parametrilor determinați pentru rețelele de tensiune medie (numărul mediu de întreruperi pe fiecare an, dispersia D, abaterea medie pătratică σ , coeficientul de variație, numărul minim și maxim de întreruperi pe an, diapazonul, valorile marginale ale intervalului de încredere, coeficienții de asimetrie și exces, tipul repartițiilor).

Tabelul 2. *Parametrii distribuțiilor anuale ale refuzurilor din rețelele examinate (exemplu pentru 6-10 kV)*

Anul	Parametrii de distribuție a deconectărilor											
	Nr. mediu de într.	D	σ	Coef. de var.	Nr. min. de într.	Nr. max. de într.	Diapazon	Lim. de jos	Lim. de sus	Coef. de asim.	Coef. de exces	Distribuția teoretică apropiată
2006	65,18	52,56	7,25	0,11	55,20	74,17	18,97	58,55	71,80	-0,23	-0,15	Gauss
2007	54,83	121,8	11,04	0,20	44,53	68,22	23,69	48,20	61,45	0,50	-1,35	Gauss
2008	68,09	243,6	15,61	0,22	51,95	91,00	39,05	61,46	74,71	0,63	-0,13	Gauss
2009	56,59	24,10	4,91	0,08	48,03	60,65	12,61	49,97	63,22	-1,76	1,87	Gauss
2010	73,37	55,80	7,87	0,10	59,30	77,45	18,14	66,74	80,00	-1,92	1,94	Gauss
Total	63,61	134,7	11,61	0,18	44,53	91,00	46,47	57,62	69,59	0,66	-0,31	Gauss

Examinând valorile parametrilor stabiliți, se constată că cea mai apropiată distribuție teoretică a acestor evenimente este Gauss. Valorile obținute ne permit să estimăm limitele marginale ale devierilor așteptate ale mediei aritmetice în ansamblul de date analizat, adică valorile - limită ale întreruperilor aleatorii specifice pentru fiecare an. Valoarea așteptată a mediei aritmetice a deconectărilor aleatorii pentru rețeaua electrică cu lungimea de 100 km este cuprinsă între $57,62 < n_{dec} < 69,59$.

Rezultatele obținute arată că în rețelele republicane intensitatea medie a deconectărilor aleatorii pe parcursul anului depășesc valoarea de 57,62 deconectări pe an la 100 km de rețea, dar numărul lor nu va depăși media anuală de 69,59 deconectări aleatorii la 100 km de rețea. Această prognoză are eroarea de cca 5%.

Reieșind din faptul că distribuția acestor deconectări este apropiată de cea Gaussiană și cunoscând experimental devierea medie pătratică $\sigma=11,61$, avem posibilitatea să estimăm valorile marginale ale numărului prognozat de deconectări aleatorii și ale parametrilor acestora pentru rețelele electrice cu lungime diferită. Aceasta este posibil și pentru faptul că am demonstrat că ansamblurile de date ce includ numărul total de deconectări aleatorii în perioada anilor 2006 – 2010, în diferite filiale ale rețelelor, aparțin aceleiași comunități de date statistice.

În dependență de probabilitatea de eroare admisă $\alpha=1\%$ sau $\alpha=5\%$, care corespunde nivelului de încredere $1-\alpha = 99\%$ sau $1-\alpha = 95\%$, se pot stabili valorile - limită așteptate ale deconectărilor aleatorii în rețelele de 100 km. Astfel, valoarea așteptată a mediei aritmetice a deconectărilor aleatorii pentru rețeaua cu lungimea de 100 km se află în limitele $57,62 < n_{dec} < 69,59$. Reieșind din valorile obținute și cunoscând lungimea sumară a rețelelor electrice, se pot determina care sunt valorile așteptate ale deconectărilor aleatorii pe parcursul unui an. Astfel, pe parcursul unui an în rețelele de 100 km se produc $N_{dec.min} = 8168$ și $N_{dec.max} = 9935$ deconectări.

După acest model s-au determinat legile de distribuție și parametrii raportați la 100 km de rețea pentru toți factorii de influență. Datele obținute ne permit să prognozăm intensitatea indicatorilor de fiabilitate, pornind de la particularitățile individuale ale fiecărui sistem de rețele.

Pentru aprecierea calității de funcționare a echipamentelor electrotehnice instalate în rețelele electrice au fost analizați principalii indicatori de fiabilitate: durata medie a deconectărilor τ , frecvența medie a deconectărilor μ , durata medie de restabilire a deconectărilor μ , timpul mediu total de deconectare T_{med} (Monitorul Oficial al RM, 2011). În tabelul 3 sunt prezentate valorile medii anuale ale indicatorilor de fiabilitate calculați pentru echipamentele instalate în rețelele electrice.

În baza analizei statistice a unor date experimentale cu privire la deconectările din rețelele electrice au fost stabiliți principalii parametri de repartiție a refuzurilor în funcționare, cauzate de diferiți factori de influență, în funcție de durata întreruperilor și numărul consumatorilor afectați (numărul total de întreruperi cauzate, durata medie a întreruperilor, numărul mediu de consumatori deconectați, abaterea medie pătratică σ , coeficientul de variație, durata minimă și maximă a întreruperilor, numărul minim și maxim al consumatorilor deconectați, diapazonul, valorile marginale ale intervalului de încredere, coeficienții de asimetrie și exces).

Indicatorii analizați ne permit prognozarea cu credibilitatea de 95% a principalilor parametri ce caracterizează refuzurile condiționate de factorii de influență și determinarea nivelului de fiabilitate a echipamentelor instalate în rețelele electrice (transformatoare, separatoare, disjunctoare etc.).

În baza rezultatelor obținute cu privire la valorile indicatorilor de calitate a funcționării a fost efectuată prognoza fiabilității rețelelor cercetate, luând în considerație următorii indicatori: durata medie a deconectărilor, frecvența medie a deconectărilor, durata medie de restabilire a deconectărilor, timpul mediu total de deconectare. Rezultatele prognozei au marja de eroare de 5% și utilizarea lor permite o planificare justificată, din punct de vedere tehnic și economic, a tuturor măsurilor de asigurare a indicatorilor normați de fiabilitate a rețelelor electrice cu diferite niveluri de tensiune și a echipamentelor instalate în aceste rețele.

CONCLUZII

Valorile calculate ale principalilor indicatori de fiabilitate a rețelelor electrice, care caracterizează calitatea funcționării echipamentelor instalate în rețelele electrice republicane, indică o deviere semnificativă de la normă.

Criteriul propus pentru prognozarea refuzurilor în funcționare a echipamentelor ce sunt parte

Tabelul 3. Indicatorii de fiabilitate ai echipamentelor rețelelor electrice examinate

Sistemul de rețele	Situția lunară				Situția sezonieră			
	τ_j , h	λ_j	μ_j , h	Tmed, h	τ_j , h	λ_j	μ_j , h	Tmed, h
A	0,12	0,09	1,34	1,57	0,33	0,28	1,18	1,54
	0,11	0,11	1,09	0,98	0,32	0,35	0,93	1,74
B	0,31	0,21	1,53	2,81	0,63	0,60	1,06	2,12
	0,90	0,82	1,11	1,76	2,92	1,46	2,01	3,53
	1,00	0,39	2,61	3,58	2,49	1,13	2,22	3,99
	0,23	0,23	0,97	1,75	0,97	0,74	1,32	2,11
	0,32	0,12	2,92	5,04	1,80	0,65	2,80	4,44
C	0,74	0,76	0,99	1,79	1,40	1,42	0,99	1,80
	0,55	0,39	1,44	2,30	4,25	1,91	2,24	4,35
	0,11	0,07	1,60	2,03	1,11	0,68	1,67	2,12
	1,29	0,82	1,59	3,47	2,02	1,73	1,18	1,92
	0,09	0,08	1,23	1,76	0,28	0,34	0,83	3,09
D	0,19	0,16	1,24	1,66	0,68	0,25	2,81	2,74
	0,16	0,21	0,76	1,16	2,08	1,04	2,02	2,90
	0,42	0,44	0,95	2,03	0,95	0,73	1,32	2,31
	0,77	0,70	1,12	2,47	2,67	1,46	1,84	2,75
E	0,11	0,21	0,54	0,64	0,33	0,40	0,82	1,58
	0,55	0,20	2,85	2,45	1,72	0,69	2,54	4,62
	0,32	0,24	1,38	1,90	0,83	0,79	1,06	2,03
	0,17	0,28	0,59	1,57	2,56	1,20	2,16	4,29

componentă a rețelelor electrice are o credibilitate de 95% și permite elaborarea mecanismului de asigurare a indicatorilor normați de fiabilitate și a continuității alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Rezultatele obținute cu privire la prognozarea parametrilor deconectărilor aleatorii, care determină nivelul calității și siguranței de funcționare a rețelelor electrice, oferă posibilitatea de a planifica justificat din punct de vedere tehnic și economic măsurile necesare de profilaxie, contribuind la diminuarea cheltuielilor de exploatare.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ARDELEANU, M.E., 2007. Fault Localization in Cables and Accessories by Off-Line Methods. In: The international conference on electromechanical and power systems, 4-6 oct., 2007, Chișinău, pp. 385-390.
2. POPESCU, V., 2007. Studiul proceselor tranzitorii însoțite de arcul voltaic și influența lor asupra fiabilității sistemelor de distribuție. In: Analele universității din Oradea, România, nr. 13, pp. 60-63.
3. POPESCU, V., 2012. Evaluarea și prognoza indicatorilor fiabilității rețelelor electrice. *Problemele energiei regionale*, nr. 3, pp. 12-18.
4. POPESCU, V., 2012. Comportamentul factorilor de influență asupra fiabilității sistemelor de distribuție a energiei electrice. *Știința Agricolă*, nr. 2, pp. 26-31.
5. Regulament cu privire la calitatea serviciilor de transport și de distribuție a energiei electrice. In: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 2011, nr. 131-133, pp. 67-75.
6. SECUI, D.C., 2008. The Sensitivity of the Electrical Substation Reliability Indices at the Variation of the Circuit-Breakers Sticking Probability. In: Annals of the Oradea University. Fascicle of Energy Engineering, vol. 14.

Data prezentării articolului: **01.03.2013**

Data acceptării articolului: **08.05.2013**