

# ESTIMAREA INDICATORILOR CALITĂȚII DE FUNCȚIONARE A SISTEMELOR DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

Victor POPESCU

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

**Rezumat:** În prezent rețelele electrice sunt afectate de un număr mare de refuzuri, fapt care reduce nivelul de siguranță a alimentării cu energie electrică a tuturor consumatorilor, inclusiv și acelor din sectorul agrar.

Gradul de complexitate a rețelele electrice este într-o creștere continuă, datorită faptului că apar un număr tot mai mare al consumatorilor noi de energie electrică și aceasta conduce la apariția a mai multor noduri de sarcină. Lucrul acesta creează mari probleme referitoare la asigurarea fiabilității rețelelor, deoarece crește semnificativ gradul de complexitate a schemelor structurale și a echipamentelor instalate în rețelele electrice.

Asigurarea nivelului de fiabilitate poate fi realizată numai prin prognozarea credibilă a tuturor fenomenelor și factorilor, ce însoțesc procesul de funcționare a rețelelor electrice, ceea ce dă posibilitatea de a planifica lucrările și măsurile de profilaxie.

Prezenta lucrare este consacrată aprecierii calității de funcționare a echipamentelor instalate în rețelele electrice de diferite niveluri de tensiuni din RM, având la bază prognozarea refuzurilor în funcționare condiționate de diferiți factori aleatori de influență.

**Cuvinte cheie:** Calitate de funcționare, fiabilitatea sistemelor electrice, indicatori de fiabilitate, factori aleatori de influență, caracteristicile refuzurilor din rețelele electrice.

## 1. Introducere

Actualmente gradul de complexitate a rețelele electrice este într-o dezvoltare continuă. Aceasta se explică prin faptul că, datorită cerințelor socio-economice contemporane, apar un număr tot mai mare al consumatorilor noi de energie electrică și aceasta conduce la apariția a mai multor noduri de sarcină [1,3,5]. Lucrul acesta este binevenit în dezvoltarea social-economică a oricărui stat, însă, odată cu el apar 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.

Sporirea în continuu a numărului de elemente componente ale schemelor rețelelor face ca să sporească riscul de apariție a defectelor și refuzurilor în alimentare cu energie electrică a consumatorilor. Asigurarea nivelului de fiabilitate poate fi realizată numai prin cunoașterea comportărilor factorilor de influență, care cauzează apariția refuzurilor aleatoare și condiționează pierderi economice [2,4].

Frecvent în echipamentele instalate din rețelele electrice de diferite niveluri de tensiuni, cum ar fi transformatoare, separatoare, disjunctoare etc, au loc un număr mare de refuzuri, care determină calitatea și siguranța alimentării consumatorilor cu energie electrică. Aprecierea factorilor de cauză a acestor 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.

Lucrarea este consacrată aprecierii indicatorilor calității de funcționare a echipamentelor instalate în rețelele electrice de diferite niveluri de tensiuni, luând în considerație factorii de aleatori de influență, care cauzează apariția refuzurilor în funcționare.

## 2. Material și metodă

Investigațiile cu privire la fiabilitatea și calitatea funcționării rețelelor electrice 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.

Întru aprecierea comportamentului 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 de a sistematiza consecutivitatea operațiilor realizate în procesul de apreciere a fiabilității rețelelor examinate.

Procesarea informației caracteristice privind refuzurile condiționate în rețelele examinate, a fost efectuată în baza unui procedeu standard de analiză și calcul cu utilizarea următoarelor mijloace: teoria grafelor 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 analiza statistică.

### 3. Rezultate și discuții

Criteriul propus pentru procesarea datelor experimentale privind refuzurile din rețelele examinate, a permis determinarea frecvențelor de apariție a refuzurilor cauzate de fiecare factor aleatoriu de influență. În baza conceptului de abordare metodologică generalizată cu privire la prognozarea indicatorilor ce caracterizează calitatea de funcționare a echipamentelor rețelelor electrice (transformatoare, separatoare etc) au fost stabilite legile de apariție a refuzurilor, care permit de a prognoza comportamentul factorilor de influență asupra fiabilității rețelelor electrice.

În baza acestui procedeu standard au fost stabiliți parametrii distribuțiilor deconectărilor aleatorii cauzate de factorii de influență pentru perioada de studiu. În tabelul 1 se prezintă valorile parametrilor determinați, ca exemplu, pentru rețelele de medie tensiune (numărul mediu de întreruperi pe fiecare an, dispersia D, abaterea medie pătratică  $\sigma$ , 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 1. Parametrii distribuțiilor anuale ale refuzurilor din sistemele examinate

Nivelul de tensiune, kV	Parametrii distribuțiilor deconectărilor											
	Num. mediu de într.	D	$\sigma$	Coef. de var.	Num. min. de într.	Num. max. de într.	Diapazon	Lim. de jos	Lim. de sus	Coef. de asim.	Coef. de exces	Repartiția teoretică apropiată
0,4	57,59	24,10	4,91	0,08	48,03	60,65	12,61	49,97	63,22	-1,76	1,87	Gauss
6-10	71,37	55,80	7,87	0,10	59,30	77,45	18,14	66,74	80,00	-1,92	1,94	Gauss
35	67,18	52,56	7,25	0,11	55,20	74,17	18,97	58,55	71,80	-0,23	-0,15	Gauss
110	55,85	121,8	11,04	0,20	44,53	68,22	23,69	48,20	61,45	0,50	-1,35	Gauss
330	66,07	243,6	15,61	0,22	51,95	91,00	39,05	61,46	74,71	0,63	-0,13	Gauss
400	65,61	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 poate de constatat că, cea mai apropiată repartiție teoretică a acestor evenimente este repartiția Gauss și datele pe care le avem ne permit să estimăm valorile marginale ale devierilor așteptate ale mediei aritmetice în ansamblul de date analizat, adică valorile limite ale întreruperilor aleatoare specifice pentru fiecare an. Valoarea așteptată a mediei aritmetice a deconectărilor aleatoare pentru rețeaua electrică cu lungimea de 100 km se află în limitele  $57,62 < n_{dec} < 69,59$ .

Valorile obținute indică faptul, că în rețelele republicane intensitatea medie a deconectărilor aleatoare 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 a numărului prognozat de deconectări aleatoare și a parametrilor lor pentru rețelele electrice cu diferită lungime. Aceasta este posibil, deoarece am demonstrat, că ansamblurile de date, ce include numărul total de deconectări aleatorii în perioada anilor de referință în diferite filiale ale rețelelor, aparțin aceleiași comunități de date statistice.

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

Criteriul propus permite ca în funcție de lungimea liniilor de a prognoza numărul deconectărilor aleatoare pe parcursul fiecărui an. Credibilitatea statistică a prognozei privind limitele marginale de variație a numărului de deconectări prognozate este de 95%, sau eroarea prognozei nu depășește valoarea de 5 %.

După acest concept se pot determina legile de distribuție, parametrii raportați la 100 km de rețea pentru toți factorii de influență. Parametrii obținuți se vor utiliza la prognoza intensității indicatorilor de fiabilitate, reieșind din particularitățile individuale ale fiecărei rețele.

Pentru aprecierea calității de funcționare a echipamentelor electrotehnice instalate în rețelele electrice au fost calculați principalii indicatori de fiabilitate: durata medie a deconectărilor  $\tau$ , frecvența medie a deconectărilor  $\lambda$ , durata medie de restabilire a deconectărilor  $\mu$ , timpul mediu total de deconectare  $T_{med}$ . În tabelul 2 sunt prezentați ca exemplu valorile medii anuale ale indicatorilor de fiabilitate calculați pentru echipamentele instalate în rețelele electrice.

În baza analizei statistice a unor grupări de date experimentale, cu privire la deconectările din rețelele electrice, s-au stabilit parametrii principali ai repartițiilor, care caracterizează toate refuzurile 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  $\sigma$ , coeficientul de variație, durata minimă și maximă a întreruperilor, numărul minim și maxim a consumatorilor deconectați, diapazonul, valorile marginale ale intervalului de încredere, coeficienții de asimetrie și exces).

Tabelul 2. Indicatorii de fiabilitate ai sistemelor electrice examinate

Sistemul de rețele	Situția lunară				Situția sezonieră			
	$\tau_j, h$	$\lambda_j$	$\mu_j, h$	$T_{med}, h$	$\tau_j, h$	$\lambda_j$	$\mu_j, h$	$T_{med}, h$
1	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
2	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
3	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
4	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
5	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

Valorile obținute prin calcul dau posibilitatea de a prognoza cu credibilitatea de 95 % toți parametrii principali ce caracterizează refuzurile condiționate de factorii de influență și determină nivelul de fiabilitate a echipamentelor instalate în rețelele electrice (transformatoare, separatoare, disjunctoare etc).

În baza rezultatelor obținute cu privire la valorile indicatorilor calității de funcționare 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 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 tensiuni și a echipamentelor instalate în aceste rețele.

### Concluzii

1. Valorile determinate ale indicatorilor de fiabilitate a sistemelor de alimentare cu energie electrică, care caracterizează calitatea funcționării echipamentelor instalate, indică o deviere semnificativă de la valorile normate.

2. Prognozarea parametrilor refuzurilor aleatoare, 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.

### Bibliografie

1. Ardeleanu M.E., Fault Localization in Cables and Accessories by Off-Line Methods. Annales of the University of Craiova, nr.13 Craiova 2007.
2. Popescu V., Studiul proceselor tranzitorii însoțite de arcul voltaic și influența lor asupra fiabilității sistemelor de distribuție. Analele universității din Oradea, România, 2007, Fascicula de Energetică, Nr. 13, p. 60-63.
3. Popescu V., Evaluarea și prognoza indicatorilor fiabilității rețelelor electrice. Problemele energiei regionale, AȘM, Chișinău, 2012 Nr. 3.
4. Monitorul Oficial al Republicii Moldova nr.131-133/1125 din 12.08.2011.
5. Popescu V., aprecierea calității de funcționare a echipamentelor electrotehnice și a rețelelor de alimentare cu energie electrică. Știința Agricolă Nr.1, 2013.
6. Secui D.C., The Sensitivity of the Electrical Substantionns Reliability Indices at the Variation of the Circuit-Breakers Stucking Probability. Annals of the Oradea Universiti. Fascicle of Energy Engineering, vol.14, Oradea 2008.