



ANALIZA FACTORILOR DE INFLUENȚĂ ASUPRA FIABILITĂȚII SISTEMELOR DE DISTRIBUȚIE A ENERGIEI ELECTRICE

Erhan F., Popescu V., Voinesco D.
Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Rezumat. Problemele asigurării nivelului normat de fiabilitate a sistemelor electrice de generare, transport și distribuție a energiei electrice de diferite niveluri de tensiuni indică că, în mod general atingerea acestui nivel de fiabilitate este o problemă multifactorială și depinde în mare măsură de influența diferitor factori cu caracter aleatoriu. Articolul este consacrat analizei factorilor aleatori de influență, atât determinați și nedeterminați, asupra indicatorilor de fiabilitate a sistemelor de distribuție a energiei electrice și elaborarea mecanismului de asigurare a nivelului normat de fiabilitate a sistemelor de distribuție de diferite niveluri de tensiuni.

Cuvinte cheie: Fiabilitatea; indicatori; factori aleatori de influență; caracteristicile refuzurilor.

ANALYSIS OF FACTORS OF INFLUENCE ON THE SYSTEMS OF DISTRIBUTION OF ELECTRICITY

Erhan F., Popescu V., Voinesco D.
Agrarian University of Moldova

Abstract. The problems of the ensurance reliability in electrical systems of the different class of voltage have probabilistic nature, they discretely change and depend on the number of factors both definite and indefinite and have importance by selection of electric equipment, graph of development of electrical networks and voltage levels. The definition of the major factors, which have determining significance on their value and speed of their change allow to elaborate methods of their ensurance and to elaborate effective methods of their growth limitation in electrical systems with the different class of voltage.

Key-words: Reliability; indicators; the influence of apparent and inward factors, characteristics of refusal

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА НАДЕЖНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Ерхан Ф., Попеску В., Воинеско Д.
Государственный Аграрный Университет Молдовы

Аннотация. Проблемы обеспечения нормативного уровня надежности электроснабжения потребителей является функцией от показателей надежности систем генерации, транспорта и распределения электрической энергии. Показатели надежности вышеперечисленных систем носят вероятностный характер и являются многокритериальными функциями, и зависят как от определенных, так и неопределенных факторов и явлений. В статье рассматривается анализ влияния показателей надежности составных элементов на надежность распределительных систем

Ключевые слова: Надежность; показатели; вероятностные факторы; характеристики отказов.

INTRODUCERE

În sistemele electrice de distribuție au loc un număr semnificativ de refuzuri, care afectează fiabilitatea alimentării cu energie electrică a tuturor consumatorilor, inclusiv și a acelor din sectorul agrar. Determinarea factorilor de cauză a acestor întreruperi și estimarea nivelului de influență a lor asupra fiabilității echipamentelor instalate în sistemele de distribuție,

permite elaborarea mecanismului de asigurare a continuității alimentării consumatorilor cu energie electrică.

Factorii de cauză a refuzurilor și impactul lor asupra fiabilității sistemelor de distribuție nu sunt studiate în prezent la nivelul stipulat de documentele în vigoare privind indicatorii de fiabilitate [1-3]. Asigurarea continuității alimentării cu energie electrică calitativă a

consumatorilor poate fi realizată numai în bază de cunoaștere profundă a fenomenelor ce însoțesc acest proces, ceea ce permite o planificare justificată, din punct de vedere tehnic și economic, a măsurilor și activităților serviciilor de exploatare a sistemelor de distribuție, în vederea asigurării indicatorilor normativi de fiabilitate [2-5].

Această lucrare are ca scop determinarea și prognoza factorilor de influență asupra fiabilității sistemelor de distribuție a energiei electrice, având drept obiective elaborarea criteriilor de procesarea a datelor experimentale cu privire la refuzurile în funcționare a sistemelor respective și determinarea mecanismului de asigurare a continuității alimentării cu energie calitativă a consumatorilor.

Dezvăluirea problemei

Cercetările privind fiabilitatea sistemelor de distribuție a energiei electrice au fost efectuate în baza RED-urilor din Republica Moldova. Pentru aprecierea caracteristicilor factorilor de influență asupra procesului de alimentare cu energie electrică a consumatorilor conectați în sistemul energetic republican, a fost elaborat conceptul de analiză și sistematizare a datelor experimentale privind refuzurile din sistemele electrice de distribuție și algoritmul de calcul analitic al nivelului de fiabilitate (figura 1), 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 [5].

Ca rezultat au fost evidențiați 12 factori aleatori care au condiționat apariția refuzurilor în funcționare a sistemelor de distribuție și au influențat procesul de alimentare cu energie electrică a consumatorilor de toate categoriile de fiabilitate.

Procesarea informației caracteristice privind refuzurile condiționate în sistemele examinate, a fost efectuată în baza unui procedeu standard de analiză și calcul, care constă în utilizarea noțiunii de unitate specifică de lungime (100 km de rețea). Acest concept a dat posibilitatea de a determina și compara indicatorii de fiabilitate, pentru toate rețelele electrice, indiferent de lungimea sumară a lor [1,4].

La etapa de evaluare a fiabilității sistemelor electrice de distribuție și determinarea comportamentului factorilor de influență asupra indicatorilor de fiabilitate, au fost utilizate următoarele: teoria grafelor și a matricelor; teoria probabilității; metodele de analiză statistică și procesare a datelor experimentale privind refuzurile în sistemele de distribuție; teoria ecuațiilor liniare și neliniare; modelarea matematică; tehnica de calcul cu soft-urile „Microsoft Excel“, „StatGraphics“, „Curve Expert“, „EasyFit 5.5 Professional“.

Ca rezultat al utilizării conceptului elaborat privind procesarea informației referitoare la întreruperile din sistemele examinate, s-a determinat frecvența de apariție a refuzurilor cauzate de fiecare factor aleator, la 100 km de linie, pentru fiecare sistem în funcție de sezon. Toate acestea au dat posibilitatea de a simplifica calculul și a stabili legile de apariție a întreruperilor, care permit de a

prognoza comportamentul factorilor de influență asupra fiabilității sistemelor electrice de distribuție. În conformitate cu cele remarcate au fost examinați următorii parametri ai refuzurilor: frecvența de apariție pe sistem și sezon, timpul de deconectare și numărul consumatorilor afectați.

În tabelul 1 se prezintă rezultatele procesării refuzurilor condiționate de factorii aleatori în sistemele examinate.

Examinând legile de distribuție a refuzurilor s-a constatat că factorii cercetați au comportări diferite, atât după durata întreruperilor cauzate cât și după numărul consumatorilor afectați. În figura 2 sunt prezentate grafic ca exemplu distribuțiile refuzurilor după durată, cauzate de 4 factori: defecte din cauza consumatorilor, erori de exploatare, defecte în echipamente, calitatea energiei electrice.

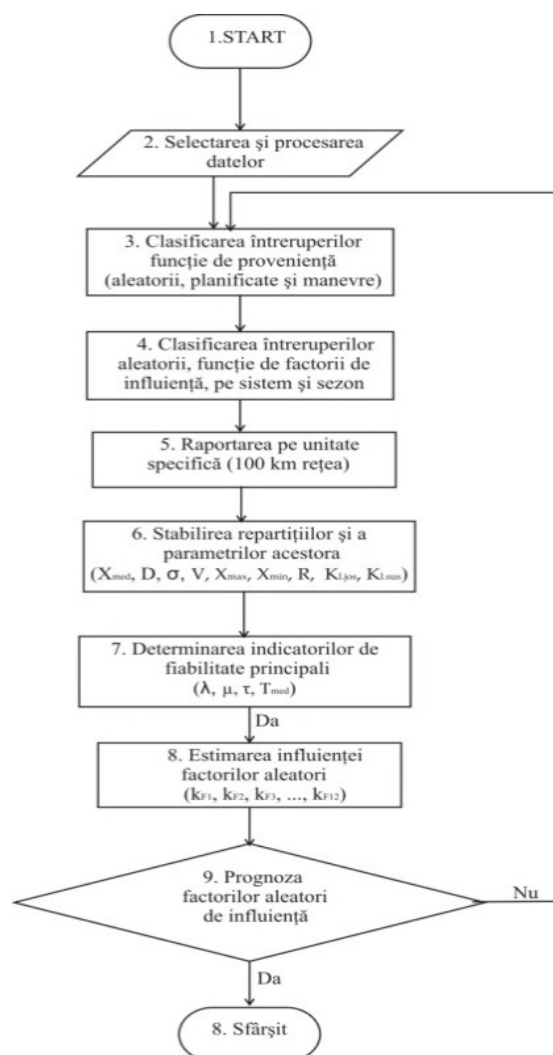
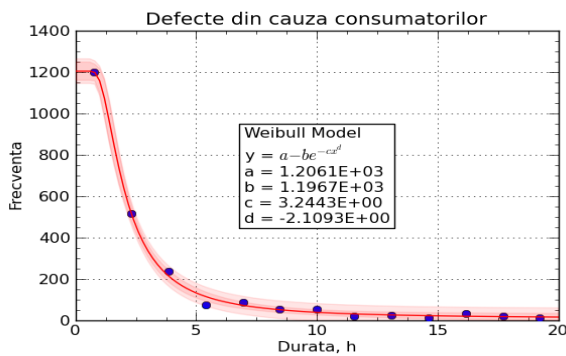


Figura 1. Algoritmul de calcul și prognoză a nivelului de fiabilitate

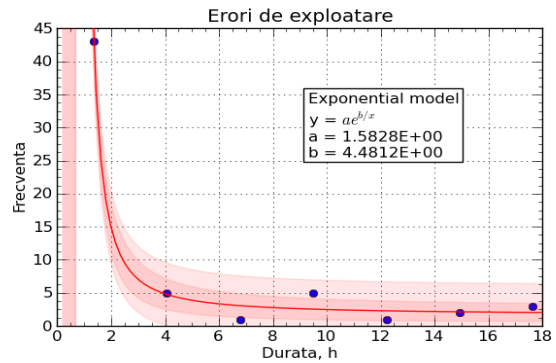
În figura 3 se prezintă grafic distribuțiile întreruperilor în funcție de numărul consumatorilor afectați pentru factorii: acte de vandalism, defecte la PDC-uri, erori de exploatare și condiții climaterice.

Tabelul 1. Rezultatele procesării refuzurilor condiționate de factorii aleatori de influență

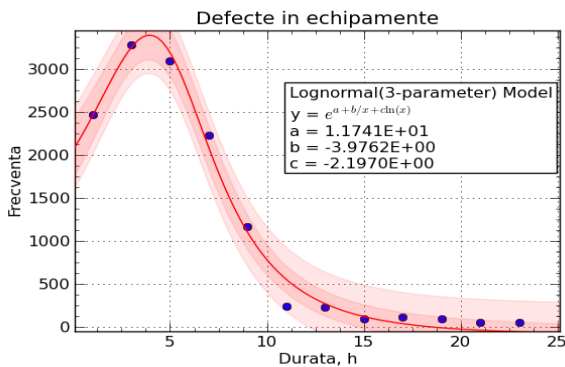
Factorii		Numărul de întreruperi											
		Sistemul 1		Sistemul 2		Sistemul 3		Sistemul 4		Sistemul 5		Sumar	
Nr	Descrierea	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
1	Condiții climaterice	397	21,4	813	30,1	727	36,7	559	34,5	398	35,4	2894	31,2
2	Defecte în echipamente	567	30,6	798	29,6	521	26,3	420	25,9	278	24,8	2584	27,9
3	Defecte din cauza consumatorului	288	15,6	104	3,9	90	4,5	92	5,7	37	3,3	611	6,6
4	Factori necunoscuți	280	15,1	732	27,1	391	19,7	410	25,3	254	22,6	2067	22,3
5	Acte de vandalism	39	2,1	41	1,5	43	2,2	40	2,5	60	5,3	223	2,4
6	Defecte în rețelele de transport	25	1,4	21	0,8	21	1,1	11	0,7	12	1,1	90	1,0
7	Defecte la PDC-uri	120	6,5	85	3,1	85	4,3	28	1,7	19	1,7	337	3,6
8	Acțiunea animalelor și a păsărilor	27	1,5	40	1,5	36	1,8	19	1,2	17	1,5	139	1,5
9	Acțiunea diferitor mecanisme	60	3,2	10	0,4	7	0,4	11	0,7	20	1,8	108	1,2
10	Avarii cauzate de vegetație	42	2,3	49	1,8	52	2,6	28	1,7	26	2,3	197	2,1
11	Calitatea energie electrice	3	0,2	3	0,1	3	0,2	1	0,1	1	0,1	11	0,1
12	Erori de exploatare	3	0,2	4	0,1	4	0,2	1	0,1	1	0,1	13	0,1
	TOTAL	1851	100	2700	100	1980	100	1620	100	1123	100	9274	100



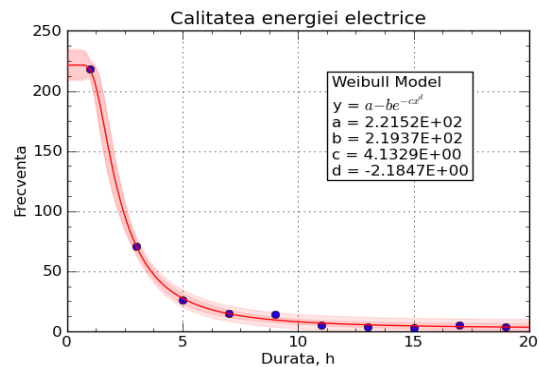
a)



b)



c)



d)

Figura 2. Prezentarea grafică a distribuțiilor refuzurilor după durată pentru factorii: defecte din cauza consumatorilor (a), erori de exploatare (b), defecte în echipamente (c) calitatea energiei electrice (d)

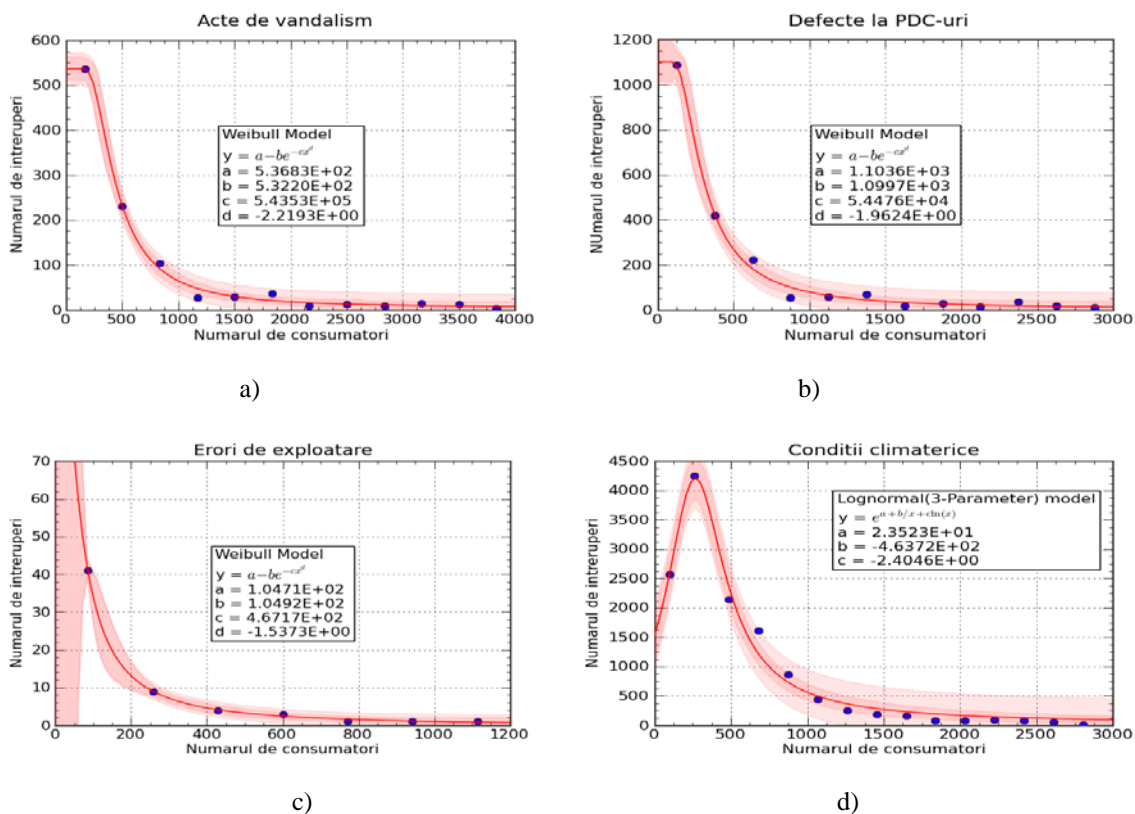


Figura 3. Prezentarea grafică a distribuțiilor refuzurilor în funcție de numărul consumatorilor afectați pentru factorii: *acte de vandalism (a), defecte la PDC-uri (b), erori de exploatare (c) și condiții climatice (d)*

Tabelul 2. Parametrii repartițiilor refuzurilor după durată

N.	Factorii	Durata medie a într., h	D	σ	Coef. de var.	Durata min. a într., h	Durata max. a într., h	Dia-pazon, h	Lim. de jos, h	Lim. de sus, h	Coef. de asim.	Coef. de exces
1	Acte de vandalism	2,91	14,42	3,80	1,31	0,05	19,89	19,84	2,67	3,14	30,13	35,17
2	Acțiunea animalelor și păsărilor	3,90	16,34	4,04	1,04	0,05	22,50	22,45	3,59	4,22	18,72	21,92
3	Acțiunea diferitor mecanisme	2,75	14,21	3,77	1,37	0,05	18,47	18,42	2,39	3,11	20,04	22,93
4	Avarii cauzate de vegetație	2,83	13,06	3,61	1,27	0,05	19,91	19,86	2,59	3,08	28,11	32,54
5	Calitatea energiei electrice	2,84	13,88	3,73	1,31	0,05	19,89	19,84	2,45	3,24	18,35	22,43
6	Condiții climatice	4,18	15,22	3,90	0,93	0,05	23,94	23,89	4,11	4,25	66,54	86,00
7	Defecte din cauza consumatorilor	2,86	13,93	3,73	1,31	0,05	19,92	19,87	2,70	3,01	46,28	55,29
8	Defecte în echipamente	4,81	14,60	3,82	0,79	0,05	23,94	23,89	4,74	4,87	71,97	84,67
9	Defecte în rețele de transport	2,85	14,03	3,75	1,31	0,05	19,89	19,84	2,52	3,17	21,88	25,48
10	Defecte la PDC	2,79	13,64	3,69	1,32	0,05	19,89	19,84	2,62	2,96	42,87	50,07
11	Erori de exploatare	3,29	23,04	4,80	1,46	0,05	16,72	16,67	2,31	4,26	5,59	3,12
12	Factori neidentificați	3,77	15,01	3,87	1,03	0,05	22,10	22,05	3,70	3,83	76,04	81,82

Tabelul 3. Parametrii repartițiilor întreruperilor după numărul de consumatori afectați

N.	Factorii	Num. total de într.	Num. mediu de cons.	σ	Coef. de var.	Num. min. de cons.	Num. max. de cons.	Diapazon, cons.	Lim. de jos, cons.	Lim. de sus, cons.	Coef. de asim	Coef. de exces
1	Acte de vandalism	1024	570	744,29	1,31	10	3899	3889	524,70	615,88	30,13	35,18
2	Acțiunea animalelor și păsărilor	573	527	685,15	1,30	11	3645	3634	471,35	583,79	22,76	26,75
3	Acțiunea diferitor mecanisme	431	298	394,76	1,32	8	2032	2024	261,58	336,33	19,09	21,01
4	Avarii cauzate de vegetație	937	201	261,55	1,29	6	1394	1388	185,23	218,73	29,15	34,57
5	Calitatea energiei electrice	365	201	260,76	1,30	6	1394	1388	174,33	228,01	18,35	22,42
6	Condiții climaterice	11482	504	449,45	0,89	6	2871	2865	497,08	512,43	98,24	131,0
7	Defecte din cauza consumatorilor	2354	80	104,44	1,30	1	558	557	75,86	84,30	46,26	55,28
8	Defecte în echipamente	13138	287	372,02	1,30	8	1992	1984	280,84	293,56	89,68	92,51
9	Defecte în rețele de transport	535	432	561,81	1,30	12	2988	2976	384,38	479,81	21,88	25,48
10	Defecte la PDC	2032	431	565,80	1,31	9	2988	2979	406,92	456,12	42,29	48,28
11	Erori de exploatare	60	187	262,48	1,40	6	1143	1137	119,13	254,74	6,99	7,73
12	Factori neidentificați	12641	418	430,01	1,03	6	2453	2447	410,61	425,61	86,04	94,84

În baza rezultatelor obținute au fost stabiliți parametrii principali ai repartițiilor, care caracterizează întreruperile cauzate de cei 12 factori de influență examinați, 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 a consumatorilor deconectați, diapazonul, valorile marginale ale intervalului de încredere, coeficienții de asimetrie și exces). În tabelul 2 sunt prezentați parametrii determinați

ai repartițiilor refuzurilor după durată, iar în tabelul 3 - după numărul consumatorilor afectați.

Parametrii stabiliți dau posibilitatea de a prognoza cu credibilitatea de 95 % indicii principali ce caracterizează refuzurile condiționate de factorii de influență (durata și numărul consumatorilor afectați).

În figura 4 este prezentată caracteristica factorilor aleatori în funcție de ponderea lor asupra indicatorilor de fiabilitate, din care reiese că acești factori au o influență sezonieră uniformă asupra fiabilității sistemelor de distribuție.

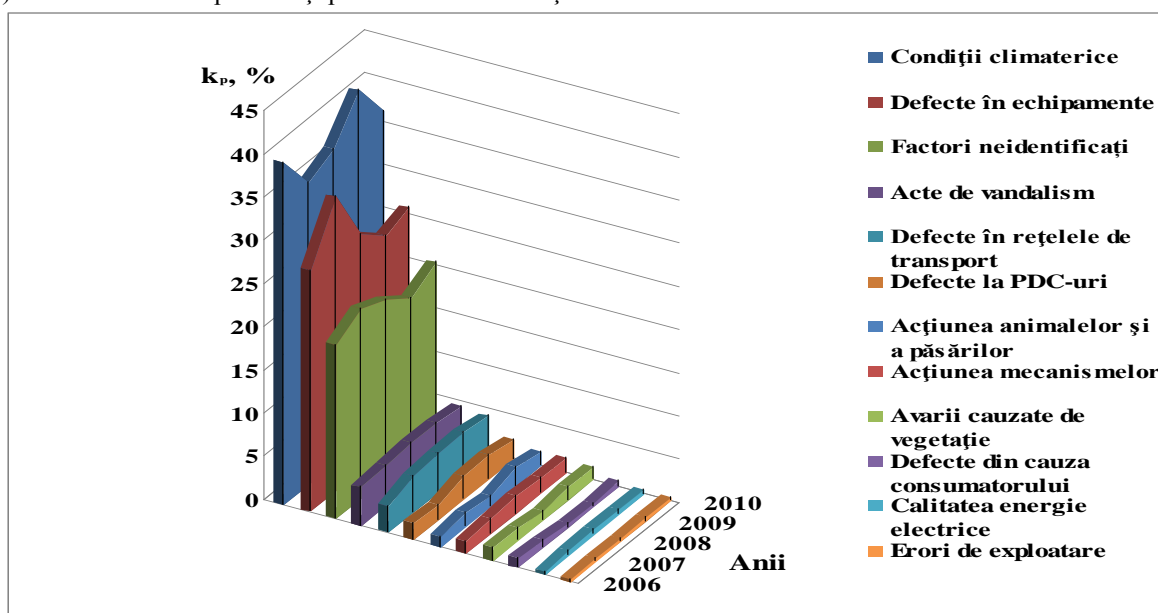


Fig. 4. Caracteristica factorilor aleatori în funcție de ponderea lor asupra indicatorilor de fiabilitate

Ca rezultat, în conformitate cu metoda elaborată a fost efectuată prognoza fiabilității sistemelor cercetate,

luând în considerație influența factorilor aleatori, care s-a prognozat reieșind din următorii parametri: numărul

asteptat de refuzuri pe sistem (anual la 100 km de rețea); numărul așteptat de refuzuri pe sezon (la 100 km de rețea); durata așteptată a refuzurilor; numărul așteptat de consumatori afectați; ponderea asupra indicatorilor de fiabilitate.

În tabelul 4 se prezintă valorile parametrilor prognozați ai întreruperilor așteptate, condiționate de factorii aleatori de influență. Prognoza dată are marja de eroare de 5 %.

Tabelul 4 **Rezultatele prognozei factorilor de influență**

Factorii		Parametrii întreruperilor aleatorii așteptate									
Nr.	Denumirea	Numărul de întreruperi specifice pe sistem, <i>întreruperi</i>		Numărul de întreruperi specifice pe sezon, <i>întreruperi</i>		Durata întreruperilor, <i>ore</i>		Numărul de consumatori care pot fi afectați, <i>consumatori</i>		Ponderea asupra indicatorilor de fiabilitate, <i>Kp,%</i>	
		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
1	Acte de vandalism	1,23	1,85	0,31	0,41	2,67	3,14	525	616	4,34	4,86
2	Acțiunea animalelor și pasărilor	0,54	1,14	0,15	0,26	3,59	4,22	471	584	1,40	1,92
3	Acțiunea mecanismelor	0,43	0,84	0,12	0,18	2,39	3,11	262	336	1,50	2,02
4	Avarii cauzate de vegetație	1,04	1,62	0,25	0,41	2,59	3,08	185	219	1,29	1,75
5	Calitatea energiei electrice	0,08	0,14	0,02	0,03	2,45	3,24	174	228	0,38	0,62
6	Condiții climatice	13,00	18,72	3,35	4,81	4,11	4,25	497	512	31,01	37,20
7	Defecte din cauza consumatorului	2,35	4,23	0,66	1,01	2,70	3,01	76	84	0,54	0,98
8	Defecte în echipamente	16,36	20,79	3,92	5,41	4,74	4,87	281	294	24,97	30,03
9	Defecte în rețelele de transport	0,52	1,09	0,15	0,23	2,52	3,17	384	480	3,55	4,61
10	Defecte la PDC-uri	1,41	4,28	0,51	0,93	2,62	2,96	407	456	1,92	2,44
11	Erori de exploatare	0,06	0,11	0,02	0,03	2,31	4,26	119	255	0,34	0,49
12	Factori neidentificați	14,19	21,20	3,61	5,37	3,70	3,83	411	426	19,78	22,04

Acești parametri determină nivelul de fiabilitate în funcționare a sistemelor de distribuție și rezultatele obținute, privind prognozarea lor, permit o planificare justificată, din punct de vedere tehnic și economic, a activităților de asigurare a indicatorilor normați de fiabilitate a alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

CONCLUZII

În baza analizei unui ansamblu extins de date experimentale privind refuzurile în sistemele electrice de distribuție cu tensiunea de 6-10 kV, s-a propus conceptul metodologic de procesare și prognoză a întreruperilor, ceea ce a permis evidențierea a 12 factori aleatori de influență, precum și determinarea parametrilor repartițiilor întreruperilor după durată și numărul consumatorilor afectați, care permit de a prognoza indicatorii de fiabilitate cu o credibilitate de 95 %.

Valorile prognozate ale parametrilor refuzurilor condiționate de factorii de influență (frecvența de apariție pe sistem, durata lor și numărul consumatorilor de energie afectați) determină nivelul de siguranță în funcționare a

rețelelor din sistemul electroenergetic republican și prognozarea lor permite asigurarea unei planificări justificate a lucrărilor necesare de profilaxie, contribuind la diminuarea cheltuielilor de exploatare.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Popescu V., Gaină A., Bodarev G. Reliability analysis of power distributoin system the voltagje of which is 6 and 10 kV. Intellectus, Nr.1. Chișinău, 2012, p. 90-96.
- [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] Munteanu F. ș.a. Ingineria disponibilității subsistemelor de distribuție a energiei electrice. Editura Spectrum, Iași 1999, 254 p.
- [4] Popescu V. Analiza fiabilității sistemelor electrice de distribuție. Problemele energiei regionale, AȘM, Chișinău, 2012 nr.1 (17).
- [5] Felea I., Dzițac Simona, Fiabilitatea Echipamentelor și Sistemelor Energetice. Editura Universității din Oradea, 2006, 290 p.

Fiodor ERHAN, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, șef al catedrei „ Electricizarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Interesele științifice se află în planul fiabilității sistemelor de distribuție și alimentare cu energie a consumatorilor și a auditului energetic al întreprinderilor agricole și de prelucrare a produselor agricole și analizei și determinării intensității

energetice la producerea și prelucrarea primară a produselor agricole. Autor și coautor a mai mult de 160 lucrări științifice și metodicodidactice dintre care se pot evidenția 2 manuale, 3 brevete de invenție, 2 monografii științifice, și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la diverse Conferințe Științifice Internaționale.

Victor POPESCU, lector superior universitar al catedrei „Electricarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Interesele științifice se află în planul determinării fiabilității sistemelor de distribuție, auditul energetic al consumatorilor din sectorul agrar și al întreprinderilor de prelucrare primară a

producției agricole. Autor și coautor a 27 de lucrări științifice și metodicodidactice și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la Conferințe Științifice Internaționale.

E-mail: vspopescu@mail.ru

Dinu VOINESCO, doctorand, lector superior universitar al catedrei „Electricarea și automatizarea mediului rural”, Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Interesele științifice se află în planul determinării fiabilității sistemelor de distribuție. Autor și coautor a 12 lucrări științifice și metodicodidactice și o serie de articole științifice publicate în reviste recenzate, raporturi la Conferințe Științifice Internaționale.