

ESTIMAREA IMPACTULUI FACTORILOR DE INFLUENȚĂ ASUPRA FIABILITĂȚII REȚELELOR ELECTRICE

Victor POPESCU, Sergiu APARATU, Alexandru POPA

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Rezumat: La etapa de față în rețelele electrice au loc un număr semnificativ de refuzuri, condiționate de diferiți factori aleatori de influență. Asigurarea continuității alimentării consumatorilor cu energie electrică este o problemă destul de actuală pentru sistemul electroenergetic republican.

Întru sporirea fiabilității rețelelor electrice este absolut necesar de cunoscut factorii de cauză a refuzurilor echipamentelor instalate și caracteristicile acestora, în vederea unei planificări justificate, din punct de vedere tehnic, a activităților serviciilor de exploatare.

Această lucrare este dedicată metodei de apreciere a comportamentului factorilor de influență asupra fiabilității rețelelor electrice și a mecanismului de asigurare a continuității alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Cuvinte cheie: *Fiabilitatea rețelelor electrice, indicatori de fiabilitate, factori aleatori de influență, caracteristicile refuzurilor din rețelele de distribuție.*

1. Introducere

În rețelele electrice republicane 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 comportamentului factorilor de cauză a acestor întreruperi și determinarea nivelului de influență a lor asupra fiabilității echipamentelor instalate în rețelele electrice, permite elaborarea mecanismului de asigurare a continuității alimentării consumatorilor cu energie electrică [1,3,6]. Factorii de cauză a refuzurilor și impactul lor asupra fiabilității rețelelor electrice nu sunt studiate în prezent la nivelul stipulat de documentele în vigoare privind indicatorii de fiabilitate. 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 normati de fiabilitate [2-5].

Lucrarea este dedicată elaborării metodei de evaluare și prognoză a factorilor de influență asupra fiabilității rețelelor de alimentare cu energie electrică a consumatorilor, având drept obiective elaborarea criteriului de procesarea a datelor experimentale cu privire la refuzurile în funcționare a sistemelor respective, în vederea determinării influenței diferitor factori asupra indicatorilor de fiabilitate și elaborarea mecanismului de prognoză și asigurare a nivelului de continuitate a alimentării consumatorilor cu energie electrică.

2. Material și metodă

Pentru a determina comportamentul factorilor de influență asupra procesului de alimentare cu energie electrică a consumatorilor au fost înregistrate toate întreruperile, care au avut loc în rețelele electrice republicane. Înregistrările s-au efectuat pe parcursul a 7 ani (2005-2011).

În vederea stabilirii factorilor de cauză a întreruperilor, a fost elaborat conceptul de analiză și sistematizare a datelor experimentale privind refuzurile din rețelele electrice și schema de clasificare a întreruperilor, care au dat posibilitatea de a evidenția factorii de influență asupra procesului de furnizare a energiei electrice.

Ca rezultat au fost determinați 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.

Pentru aprecierea comportamentului factorilor de influență examinați s-a elaborat algoritmul de calcul analitic al nivelului de fiabilitate, ce sistematizează consecutivitatea operațiilor realizate în procesul de apreciere a factorilor de influență asupra fiabilității. Algoritmul include următoarele operații:

- 1) Procesarea datelor experimentale privind refuzurile din rețelele electrice;
- 2) Clasificarea refuzurilor aleatorii în funcție de caracterul apariției;
- 3) Alcătuirea expresiilor pentru determinarea coeficienților de pondere a factorilor de influență;

- 4) Determinarea indicatorilor de bază ai fiabilității sistemelor de distribuție;
 5) Estimarea ponderilor factorilor de influență asupra indicatorilor de fiabilitate;

Reieșind din cele menționate, factori aleatori au fost examinați luând în considerație trei parametri:

- frecvența de apariția a refuzurilor condiționate în rețelele electrice pentru fiecare sezon;
- durata acestor refuzuri;
- numărul consumatorilor de energie afectați.

Pentru procesarea informației caracteristice privind refuzurile condiționate în rețelele electrice examinate, în baza unui procedeu standard de analiză și calcul, s-a propus conceptul de aprecierea a comportamentului factorilor de influență, prin utilizarea noțiunii de unitate specifică de lungime (100 km de rețea), care permite de a determina și compara influența acestor factori asupra nivelului real de fiabilitate, pentru toate rețelele electrice, indiferent de lungimea sumară a lor.

La apreciere a fiabilității rețelelor electrice și determinarea comportamentului factorilor de influență s-au utilizat următoarele: teoria grafelor și a matricelor; teoria probabilității; metodele de analiză statistică și procesare a datelor experimentale privind refuzurile în rețelele electrice; teoria ecuațiilor liniare și neliniare; modelarea matematică; tehnica de calcul cu soft-urile „Microsoft Excel“, „StatGraphics“, „Curve Expert“, „EasyFit 5.5 Professional“.

3. Rezultate și discuții

În baza algoritmului elaborat privind procesarea întreruperilor, s-a determinat frecvența de apariție a refuzurilor cauzate de fiecare factor aleatoriu, la 100 km de linie, pentru fiecare sistem în funcție de sezon. Toate acestea au dat posibilitatea de a simplifica calculul și a stabili repartițiile întreruperilor pentru toți factorii aleatori de influență, în funcție de frecvența de apariție pe sistem și sezon, care permit determinarea structurilor complexe și de a trasa măsurile de sporire a fiabilității în sistemele de distribuție.

S-a stabilit că pentru a prognoza comportamentul factorilor aleatori asupra fiabilității sistemelor de distribuție a energiei electrice, este absolut necesar de determinat legile de distribuție a refuzurilor cauzate de factorii respectivi și parametrii acestor distribuții. În conformitate cu cele remarcate s-au examinat repartițiile experimentale și cele teoretice pentru următorii indici: frecvența de apariție a refuzurilor pe sistem și sezon, durata refuzurilor și numărul consumatorilor deconectați.

Pentru a determina parametrii repartițiilor refuzurilor în funcție de apariția lor pe sistem și sezon, s-au analizat frecvențele de apariție a lor la 100 km de rețea, pentru toți factorii de influență.

În tabelul 1 se prezintă rezultatele procesării refuzurilor pentru o unitate specifică de lungime, condiționate de diferiți factori de influență.

Tabelul 1. Rezultatele procesării refuzurilor condiționate de factorii de influență

Factorul		Numărul refuzurilor la 100 km de rețea											
		Sistemul 1		Sistemul 2		Sistemul 3		Sistemul 4		Sistemul 5		Media	
Nr	Denumirea	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
1	Condiții climatice	7,10	15,79	13,41	20,64	5,89	12,02	2,84	4,17	6,05	12,81	7,06	12,88
2	Defecte în echipamente	10,99	24,43	16,01	24,63	19,73	40,26	21,80	32,05	8,45	17,91	15,40	28,10
3	Defecte din cauza consumatorului	6,36	14,14	1,28	1,98	1,93	3,94	1,37	2,02	1,47	3,12	2,49	4,54
4	Factori necunoscuți	4,95	11,00	29,04	44,68	13,40	27,35	29,76	43,77	24,09	51,03	20,25	36,95
5	Acte de vandalism	1,41	3,14	0,77	1,19	1,87	3,82	1,83	2,69	0,54	1,15	1,29	2,35
6	Defecte în rețelele de transport	0,18	0,39	0,28	0,43	2,28	4,64	2,52	3,70	0,25	0,52	1,10	2,01
7	Defecte la PDC-uri	12,37	27,49	1,75	2,69	0,94	1,91	4,12	6,06	0,59	1,25	3,95	7,21
8	Acțiunea animalelor și a păsărilor	0,11	0,24	1,03	1,58	0,62	1,27	0,41	0,61	3,93	8,33	1,22	2,23
9	Acțiunea diferitor mecanisme	0,21	0,47	0,77	1,19	0,47	0,95	0,92	1,35	0,98	2,08	0,67	1,22
10	Avarii cauzate de vegetație	0,71	1,57	0,77	1,19	1,59	3,24	2,52	3,70	0,69	1,46	1,25	2,29
11	Calitatea energiei electrice	0,07	0,16	0,08	0,12	0,12	0,25	0,09	0,13	0,05	0,10	0,08	0,15
12	Erori de exploatare	0,07	0,16	0,08	0,12	0,09	0,19	0,05	0,07	0,10	0,21	0,08	0,14
TOTAL		45	100	65	100	49	100	68	100	47	100	55	100

Trebuie de menționat că analiza factorilor respectivi după frecvența de apariție a întreruperilor cauzate, nu reflectă pe deplin influența lor asupra fiabilității echipamentelor instalate în sistemele de distribuție a energiei electrice. Acest fapt poate fi explicat prin aceea că orice întrerupere i cauzată de un factor oarecare n are o anumită durată T_i și afectează un anumit număr de consumatori NC_i . Totodată, cu creșterea numărului de întreruperi pe un interval de timp determinat τ , cauzate de factorii aleatori, are loc o variație semnificativă a indicatorilor de fiabilitate. De aceea fiecare factor are o pondere asupra indicatorilor de fiabilitate reieșind din numărul de întreruperi cauzate, de durata lor și de numărul de consumatori afectați.

În continuare se prezintă expresiile finale obținute pentru estimarea coeficienților de pondere a factorilor de influență asupra fiabilității rețelele electrice. Coeficienții de pondere, pentru fiecare factor aleator în parte, se determină cu expresiile:

- coeficientul de pondere al factorului f_1 se determină:

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

- coeficientul de pondere al factorului f_2 se determină cu expresia:

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

- coeficientul de pondere al factorului f_3 se determină, după 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:

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

În aceste expresii s-au substituit:

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

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

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

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

În baza expresiilor expresiile obținute au fost determinați coeficienții de pondere a factorilor aleatori asupra indicatorilor de fiabilitate pentru rețelele cercetate. În tabelul 2 se prezintă ca exemplu valorile coeficienților calculați, din care rezultă că cea mai mare pondere în variația indicatorului calculat o au

următorii factori: condițiile climaterice 39,7 %, defectele în echipamente 25 % și factorii necunoscuți 20,1 %.

Tabelul 2. Coeficienții de pondere a factorilor aleatori asupra indicatorilor de fiabilitate

Factorii		Valorile coeficienților de pondere					
		Sistemul 1	Sistemul 2	Sistemul 3	Sistemul 4	Sistemul 5	Total
Nr	Descrierea	$K_p, \%$	$K_p, \%$	$K_p, \%$	$K_p, \%$	$K_p, \%$	$K_p, \%$
1	Condiții climaterice	34,3	41,4	47,2	37,4	38,2	39,7
2	Defecte în echipamente	22,5	26,2	22,1	28,8	25,2	25,0
3	Factori necunoscuți	23,9	20,1	17,0	19,0	20,4	20,1
4	Acte de vandalism	4,5	3,8	4,2	4,8	5,0	4,5
5	Defecte în rețelele de transport	2,8	2,4	4,5	1,8	4,2	3,1
6	Defecte la PDC-uri	2,3	1,8	1,4	1,9	1,2	1,7
7	Acțiunea animalelor și a păsărilor	2,2	0,5	0,3	1,2	1,8	1,2
8	Acțiunea mecanismelor	2,3	1,4	0,2	1,3	2,1	1,5
9	Avarii cauzate de vegetație	2,7	1,8	1,4	0,9	0,9	1,5
10	Defecte din cauza consumatorului	1,4	0,1	1,1	2,7	0,3	1,1
11	Calitatea energie electrice	0,5	0,3	0,4	0,1	0,5	0,4
12	Erori de exploatare	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3
TOTAL		100	100	100	100	100	100

Conform rezultatelor obținute în baza metodei elaborate, reiese că, cei mai semnificativi factori care influențează indicatorii de fiabilitate a rețelele electrice din Republica Moldova sunt: condițiile climaterice, defecte în echipamente și factorii cu caracter nedeterminat.

4. Concluzii

1. Procesarea statistică a grupărilor de date experimentale cu privire la fluxurile de refuzuri din rețelele electrice, a dat posibilitatea de a depista 12 factori de influență și a permis de a estima impactul lor asupra nivelului de fiabilitate.

2. În baza expresiilor matematice elaborate s-au determinat coeficienții de pondere a factorilor aleatori, care confirmă că cea mai mare pondere asupra indicatorilor de fiabilitate o au 3 factori: condițiile climaterice - 39,7 %, defectele în echipamente - 25,0 % și factorii aleatorii neidentificați- 20,1 %.

Bibliografie

1. POPESCU V. *The influence of short-circuit currents on the fiability of the distributive electric networks*. Analele universității din Oradea. Universitatea din Oradea, România, 2009, Fascicula de Energetică, Nr. 15, p. 119-120.
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. Erhan T. Major factors, which influence on levels value of short circuit currents in electrical power systems. Bulletin of the Politechnical Institute of Iassy, România, Tom XLVIII (LII) Fasc.5A. 2002, p.303-311.
4. POPESCU V. *The influence of asymmetrical regimes on functioning reability of electro - energetic systems*. Journal of sustainable energy. Vol 2. No 4. Oradea, România, 2011.
5. Eftimie C. Soare D. *Fiabilitatea sistemelor de distribuție electroenergetice industriale*. București 1979. 250 p.
6. POPESCU V. *Analiza fiabilității sistemelor electrice de distribuție* Problemele energiei regionale, AȘM, Chișinău, 2012 nr.1 (17).