CZU 621.311.019.03

OPTIMIZAREA FIABILITĂȚII SISTEMELOR DE DISTRIBUȚIE ŞI ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ A CONSUMATORILOR AGRICOLI.

Irina Lupuşor
Universitatea Agrară de Stat din Moldova.
Irina-Lupusor@yandex.ru

THE OPTIMIZATION TO RELIABILITY OF THE DISTRIBUTING SYSTEMS AND SYSTEMS OF SUPPLY OF THE AGRICULTURAL CONSUMERS TO ELECTRIC ENERGY.

Irina Lupushor
State Agrarian University of the Moldova
Irina-Lupusor@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

Ирина Лупушор
Государственный Аграрный Университет Молдовы
Irina-Lupusor@yandex.ru

REZUMAT

Articolul este dedicat principiilor de optimizare a fiabilității sistemelor de distribuție şi alimentare cu energie electrică a consumatorilor de diverse destinații, inclsiv şi a celor agricoli.

În contextul principiilor de optimizare al fiabilității sistemelor de distribuție sunt analizate şi propuse modele şi algoritm cu ajutorul căruia se propune de a efectua optimizarea sistemelor de distribuție şi alimentare cu energie electrică a diferitor consumatori.

În articol se indică că fiabilitatea sistemelor de distribuție este funcție de fiabilitatea elementelor componente, şi de fiabilitatea de structură şi de funcționare a grafelor schemelor sistemelor de distribuție şi a echipamentelor de comutare, care la rândul lor sunt funcții de o serie de factori atât determinați cât şi nedeterminați.

Cuvinte cheie: fiabilitate de funcționare al elementelor componente, sistem de distribuție şi alimentare, nivel optim de fiabilitate, fiabilitate de structură al grafului sistemului de distribuție.

ABSTRACT

The article is dedicated to the principle to the optimization the reliability of the distributing systems and systems of supply of the different consumers of the agricultural.

In article is presented the algorithms with the help of which is offered conduct the process to the optimization to reliability distributing and supplying systems.

In article is indicated that reliability distributing and supplying systems is a function from functional reliability component element and the structured reliability column distributing and supplying systems and component element, which in turn hang from series as determined , so and vague factor.

Key words: functional reliability the distributing and the supplying systems, optimum level to the reliability, component element, functional reliability component element.

АННОТАЦИЯ.

Статья посвящена принципам оптимизации надежности распределительных систем и систем электроснабжения различных потребителей, в том числе и сельскохозяйственных .

В статьи представлен алгорит при помощи которого предлагается проводить процесс оптимизации надежности распределительных и питающих систем.

В статьи указывается, что надежность распределительных и питающих систем является функцией от функциональной надежности составных элементов и структурной надежности графа распределительных и питающих систем и составных элементов, которые в свою очередь зависят от серии как определенных , так и неопределенных факторов.

Ключевые слова: структурная надежность графа распределительных систем, распределительные и питающие системы, оптимальный уровень надежности, функциональная надежность составных элементов.

Scopul studiului

Sistemele de distribuţie şi alimentare cu energie electrică a consumatorilor de diverse destinaţii inclusiv şi a celor agricoli sunt nişte sisteme dinamice, care permanent se află în stare de dezvoltare, din aceste motive fiabilitatea unor astfel de sisteme dinamice variază în timp în dependenţă de variaţia factorilor atât exteriori determinaţi şi nedeterminaţi, precum şi celor interiori.

Dacă sistemul de distribuţie ori alimentare conţine n elemente cu fiabilitatea elementelor componente $(r_1, r_2,..., r_i, r_j,..., r_n)$, iar fiabilitatea elementelor (i, j) respectiv este (r_i, r_j), apoi în aşa caz fiabilitatea sistemului respectiv va fi o funcţie monoton neîntreruptă, crescătoare $R = f(r_1, r_2,..., r_i, r_j,..., r_n)$ şi poate fi reprezentată prin expresia (1).

$$\mathrm{R} = \mathrm{r_i}\left[\psi\left(\mathrm{r_1}, \mathrm{r_2}, \ldots, \mathrm{r_n}\right)_{\mathrm{r_i}=1}\right] + \left(1 - \mathrm{r_i}\right)\left[\psi\left(\mathrm{r_1}, \mathrm{r_2}, \ldots, \mathrm{r_n}\right)_{\mathrm{r_i}=0}\right] \quad (1).$$

Deoarece fiabilitatea elementelor componente $(r_1, r_2,..., r_i, r_j,..., r_n)$ a sistemelor de distribuţie şi alimentare este comparative destul de înaltă (deoarece valoarea fiabilităţii deelementului respectiv (r_i) de cele mai dese ori conform [1,2] se află în limitele,$(0.92 \le r_i \le 0.98)$, apoi fiabilitatea sistemelor de distribuţie în întregime sporeşte concomitent cu sporirea fiabilităţii elementelor componente.

În baza acestor noţiuni apare problema de optimizare a fiabilităţii sistemelor de distribuţie şi alimentare în dependenţă de tipul consumatorului şi categoria de alimentare, deoarece fiabilitatea practice este o funcţie economică şi în mare măsură depinde de investiţiile allocate.

Metode de rezolvare.

În procesul de studiu se va reiese că pentru sporirea nivelului de fiabilitate a elementului (i) de la valoarea (r_i) până la valoare (r_j) sunt necesare cheltuieli suplimentare, care pot fi determinate conform (2), iar costul sistemului de distribuţie şi alimentare în întregime nu trebuie să depăşească valoarea determinată prognozată preventiv $C(t)$**.** În conformitate cu [1,2] valoarea determinată preventiv poate fi prognozată şi determinată reieşind din condiţiile de limită determinate conform expresie (3).

$$\Delta C_R = \Delta C(r_j - r_i) \quad (2)$$

$$C(t)=\sum_{k=1}^{n}C_k(t) \tag{3}$$

Practic aceasta înseamnă, că valoarea $\Delta C(r_j - r_i)$, este o funcție crescătoare şi neîntreruptă şi depinde de valorile nivelelor de fiabilitate preventiv determinate$(r_j - r_i)$. Problema respectivă constă în determinarea valorii cheltuielilor suplimentare minimal necesare ΔC_R, ce contribuie la sporirea spre maxim a fiabilității sistemului în caz ce cheltuielile sumare actualizate vor fi constante şi corespund expresiei (4).

$$C(t)=const \tag{4}$$

Pentru rezolvarea problemelor de aşa tip se propune de a utiliza metoda factorilor nedeterminați ce reiese din metoda *Lagrange.* În aşa mod poate fi determină mulțimea valorilor posibile (r_j) ce îndestulează cerințele ecuației de tip (5).

$$\delta = f(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)=0 \tag{5}$$

unde: δ - este variația funcției cheltuielilor suplimentare minimal necesare în dependență de limita stabilită preventiv şi poate fi determinată conform (6).

$$\delta * C=\sum \delta * C(r_j) \tag{6}$$

Nivelul optim de fiabilitate al sistemului de distribuție reieşind din graful de conexiune al elementelor componente poate fi determinat din expresia (7).

$$\delta * \Psi(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)-\lambda[\delta * C-\sum_{j=1}^{n}\delta * C(r_j)]=0 \tag{7}$$

unde**:** λ - este o valoare constantă reală a factorilor nederminați.

Dacă se va ține cont, că derivatele parțiale a funcției $\Psi(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)$ sunt mărimi dependente de valorile aleatorii al fiabilității elementelor componente al sistemului studiat $(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)$**,** apoi se va obține expresia (8).

$$\frac{\partial \psi}{\partial r_j}=\psi(r_1, r_2, \ldots, r_n)_{r_j=1}-\psi(r_1, r_2, \ldots, r_n)_{r_j=0} \tag{8}$$

Dacă se va ține cont de expresia (8) se poate obține funcția ce descrie dependența fiabilității sistemului de distribuție de elementele componente care poate fi exprimată conform (9).

$$\psi(r_1, r_2, ..., r_n)_{r_j=1}-\psi(r_1, r_2, ..., r_n)_{r_j=0}=\frac{d(\lambda * C_j)}{dr_j} \tag{9}$$

Fiabilitatea optimă a elementelor componente$(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)$ al sistemului de distribuție studiat, poate să se obțină din sistemul de ecuații analitice[2,3] pentru fiecare valoare a indexului $j, (j=1,2,3,...,n)$ şi poate fi determinată prin intermediul constante nedeterminate λ**.**

Pentru a determina valoarea constantei nedeterrminate λ e necesar ca să fie cunoscută valoarea fiabilității elementului (r_j) şi valoarea cheltuielilor suplimentar minimal necesare C_j care sunt părți componente în ecuația (6).

Analiza ecuației (9) indică că dacă sunt date limitele de variație a fiabilității elementelor componente, apoi fiabilitatea sistemului precăutat devine maximă în cazul când pentru toate elementele componente raportul dinte sporirea maximă a fiabilității elementului către cheltuielile maxime necesare pentru sporirea respectivă devin identice şi egale cu valoarea constantei nedeterminate λ pentru toate elementele componente, şi poate fi determină prin intermediul ecuaţiei de tip (7).

În caz general, rezolvarea sistemului de ecuaţii de tip (9) e destul de complicată, deoarece fiabilitatea elementelor componente $(r_1, r_2, ..., r_i, r_j, ..., r_n)$ a sistemelor de distribuţie şi alimentare dispune de un caracter probabilistic şi se află în limitele preventive stabilite $(0.92 \le r_i \le 0.98)$. În aşa caz cheltuielile actualizate respective pot fi determinate conform expresiei (10).

$$C = \sum_{j=1}^{n} C_j(r_j) \tag{10}$$

Din aceste motive pentru rezolvarea ecuaţiei (8) se poate de utilizat diferite metode, dar la concret au fost folosite metodele descrise în [3,4].

Reieşind din presupunerea, că sistemele de distribuţie şi alimentare al consumatorilor sunt alcătuite din elemente conectate între ele mixt (conexiuni serie şi paralelă), apoi apare necesitatea de a determina numărul optim de elemente (cu conexiunea paralelă între ele), care asigură nivelul maxim de fiabilitate în dependenţă de cheltuielile minimal necesare înaintate de cerinţele iniţiale. Evident, că în aşa caz fiabilitatea sistemelor de distribuţie şi alimentare în starea iniţială poate fi determină conform ecuaţiei (11).

$$\mathrm{r}_0 = \prod_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{r}_\mathrm{j} \tag{11}$$

E necesar de menţionat, că în aşa caz fiabilitatea al unui subsistem (s) respectiv ce intră ca parte componentă al sistemului studiat se determină din conform (12).

$$r_s = 1 - q_s^{x_j}; q_s = (1 - r_s) \tag{12}$$

Dacă sistemul de distribuţie dispune de elemente rezervate, apoi fiabilitatea sistemului respective poate fi apreciată conform expresiei (13).

$$R = \prod_{s=1}^{n} r_s \tag{13}$$

În aşa caz costul sumar deplin actualizat se poate de determinat conform (14).

$$C_0 = \sum_{i)1}^{n} C_j(r_j) \tag{14}$$

unde: C_j - este costul elementului j, ce nu prevalează limita preventiv determinată $C_j \le C_0$.

Pentru aşa caz variaţia funcţiei δ a cheltuielilor suplimentare minimal necesare (respective) în dependenţă de limita stabilită preventiv poate fi determinată conform (15).

$$\delta(t) = \delta[\log r_i - \lambda * (C - \sum C_j * x_j)] = 0 \tag{15}$$

În cazul maximizării logaritmului prin care se determină fiabilitatea elementelor componente al sistemului de distribuţie, distribuţia optimă a valorilor (x_j) se determină din expresia (16).

$$dg_i^{x_i} / dx_i + \lambda, C_i = 0; (i = 1,2,...,n) \tag{16}$$

Înlocuind valoarea $(\log r_j)$ prin g_{is} se va obţine expresia (17)

$$\frac{g_j^{x_j} * \log g_i}{1 - g_j^{x_j}} - \lambda * C_j = 0 \tag{17}$$

Dacă se va ţine cont de expresiile (15 şi 16) expresia (17) va căpăta forma (18).

$$g_j^{x_j} = \frac{\lambda * C_j}{\lambda * C_j + \log g_j} \tag{18}$$

Dacă ecuația (16) se va rezolva în raport de valorile (g_j) şi (x_j) şi introducând expresia (19) se va obține expresia (20).

$$\alpha_j = \frac{C_j}{\log g_j} \tag{19}$$

$$x_j = \frac{\log \lambda\alpha_j - \log(1 - \lambda\alpha_j)}{\log g_j} \tag{20}$$

Pentru a determina variația cheltuielilor sumare actualizate în aşa caz e necesar să se îndeplinească relația (21).

$$C_s = \sum_{j=1}^{n} x'_j * C_j \tag{21}$$

Pentru determinarea valorii constantei λ prin care se poate de exprimat nivelul fiabilitate atins, de sistemul studiat se poate de aplicat metoda aproximației consecutive treptată pentru atingerea scopului preventiv.

La prima etapă se fixează valoarea constantei nedeterminate λ_1 şi înlocuind-o în ecuația (18), se determină valoarea x_{j1}.

Înlocuind valoarea obținută x_{j1} pentru determinarea costului actualizat conform expresiei (21) se va obține expresia de tip (22).

$$C_{s1} = \sum_{j=1}^{n} x_{j1} * C_j \tag{22}$$

Dacă pentru cazul respectiv se va îndeplini inegalitatea de tip (23) apoi valoarea constantei nedeterminate λ este destul de mare, deoarece valorii constantei nedeterminate λ_1 majorate îi corespunde o valoare majorată şi a cheltuielilor respective $C_{1j}(t)$.

$$C_{1j}(t) \phi\ C_j(t) \tag{23}$$

Pentru elementele sistemelor de distribuție şi alimentare practic în majoritatea cazurilor valoarea fiabilității elementelor componente $(r_i \Rightarrow 1)$ este majoră, deoarece elementele sistemelor de distribuție şi alimentare posedă o fiabilitate destul de înaltă şi variază respective în limitele $(0.92 \le r_i \le 0.98)$.

În aşa caz în conformitate cu [5-8] se poate obține expresia de tip (24).

$$x_j \approx \frac{\log \lambda * \alpha_i}{\log g_i} \tag{24}$$

Dacă se va considera, că expresia (24) se poate de utilizat, apoi se poate determina costul actualizat minim necesar pentru crearea sistemului de distribuție precăutat cu nivelul optim de fiabilitate, care poate fi determinat din expresia (25).

$$C = (\sum_{j=1}^{n} \alpha_j \cdot \log(-\alpha)) + \sum_{j=1}^{n} \frac{\alpha_j}{\log(-\alpha_j)} \tag{25}$$

Din expresia (25) se determină valoarea constantei nedeterminate λ, conform expresiei (26).

$$\lambda = \exp\left\{\left[C - \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \log(-\alpha_j)\right] / \left[\sum_{j=1}^{n} \alpha_j\right]\right\} \tag{26}$$

Valoarea obținută a constantei nedeterminate λ poate fi utilizată ca prima aproximație pentru determinarea nivelului de fiabilitate. E necesar de menționat, că valoarea mărimii x_j poate fi numai număr întreg a elementelor componente (conectate în paralele) al subsistemului respective. Din aceste motive dacă valoarea mărimii x_j nu e număr întreg căpătat din ecuația analitică (24), atunci ea trebuie rotunjită până la valoarea întreagă (se rotunjeşte spre creştere). Dacă se îndeplineşte relația de tip (27), apoi atunci mulțimea $\lfloor x_j \rfloor$ şi este rezolvarea optimă a problemei fiabilității sistemelor de distribuție şi alimentare a consumatorilor în caz concret.

$$C - \sum C_j * x_j \leq C_j \tag{27}$$

Dacă se îndeplineşte relația de tip (28), apoi atunci determinarea valorii optime pentru mulțimea $\lfloor x_j \rfloor$ fixați nu va fi obținută în condițiile descrise.

$$C - \sum C_j * x_j \geq C_j \tag{28}$$

Deoarece sistemele de distribuție şi alimentare din punct de vedere al fiabilității se aliniază către sisteme cu nivelul de fiabilitate ce dispun de o variație discretă, atunci se poate de utilizat următorul algoritm pentru atingerea scopului respectiv:

- pentru fiecare nod al sistemului de distribuție şi alimentare studiat se determină (calculă analitic) raportul sporirii relative a fiabilității sistemului, care se obține în rezultatul apariției elementului respectiv de rezervare în nodul corespunzător, către costul elementului respectiv.
- în nodul respectiv se adaugă elementele de rezervă în coincidență cu descreşterea rapoartelor descrise.

Conform procedurilor respective se determină cele mai optime elemente minimal necesare pentru atingerea nivelului de fiabilitate, ținând cont de indicatorii proprii de fiabilitate.

Fie că numărul elementelor conectate paralel în nodul studiat al sistemului de distribuție precăutat este (x_j). Dacă se va presupune, că în nodul i al sistemului se adaugă încă un element m, apoi notând prin $\gamma_m(x_m)$ raportul obținut, se va obține expresia (29), din care se poate descrie expresia (30).

$$\gamma_l(x_l) = \frac{\left[\sum_{ђ=1}^{n}\left(1 - q_ђ^{x_ђ}\right) + \log\left(1 - q_l^{x_l}\right)\right] - \sum_{ђ=1}^{n}\log\left(1 - q_ђ^{\,'ђ}\right)}{C_m} \tag{29}$$

$$\gamma_l(x_l) = C_m^{-1}\log\left[1 + q_l^{x_l} \cdot r_l\right] / \left(1 - q_l^{x_l}\right) \tag{30}$$

Deoarece $q \,\pi\, 1$, iar x_j este un număr pozitiv întreg, rezultă îndeplinirea expresiei (31).

$$0 < \mathrm{q}_\mathrm{i}^\mathrm{x}\left(1 - \mathrm{q}_\mathrm{i}\right)^\mathrm{r} \cdot \left(1 - \mathrm{q}_\mathrm{i}^{\mathrm{x}+1}\right)^\mathrm{r} < 1 \tag{31}$$

Pentru cazul respectiv este evident, că e necesar să se îndeplinească inegalitatea de tip (32).

$$\gamma_1(\mathrm{x}+1) < \gamma_1(\mathrm{x}) \tag{32}$$

Prin urmare din toate cele descrise rezultă, că pentru fiecare valoare m, expresia $\gamma_m(x_m)$ este funcție de valoarea (x_j), care dispune de un caracter monoton descrescător.

Reieşind din cele prezentate se poate constata, că algoritmul elaborat pentru a optimiza nivelul de fiabilitate al nodurilor sistemelor de distribuție şi alimentare poate fi descris în modul următor:

- se calculă valoarea $\gamma_m(x)$ pentru valorile $x = (1,2,3,...,n_0)$;
- se determină valoarea $\gamma_m(x)$ şi se aranjează în dependență de gradul de descreştere;
- în conformitate cu indicii m consecutivităților $\gamma_m(x)$ în noduri se asumă valorile indicatorilor elementelor componente şi se determină valoarea sumară a indicatorilor a nodului respectiv sau a subsistemului calculat în întregime;
- operațiile respective se repeta pînă nu va fi atinsă valoarea determinată preventive al costului sumar al nodului studiat, sau subsistemului respectiv;
- analiza succesiunilor cu indicatorii $(\gamma^1, \gamma^2,..., \gamma^n)$ identici;
- daca ultimul termen din indicatorii respective va coincide cu valoarea $\gamma_{j0}(x'_{j0})$, atunci rezolvarea optimă corespunde numărului de ramuri a subsistemului respectiv (x'_{j0}) .
- daca nu este indexat subsistemul respectiv, apoi indicii care se întîlnesc in succesiunea respectivă $\gamma_{j0}(x'_{j0})$, indică numărul optim al elementelor minimal necesare şi în aşa subsistem acest număr coincide cu o unitate.

Concluzii

Din analiza rezultatelor obținute se poate de constatat, că atingerea nivelului optim de fiabilitate a sistemelor de distribuție şi alimentare al consumatorilor de diverse tipuri inclusiv şi a celor agricoli se poate obține datorită variației (sporii) cheltuielilor actualizate suplimentare minimal necesare pentru schimbarea structurii nodului respectiv (conectarea elementelor suplimentare).

Pentru fiecare nod al sistemului de distribuție şi alimentare se determină raportul sporirii aleatorii al fiabilității sistemului, care se obține ca rezultat al modificării grafului schemei de alimentare prin intermediul includerii elementelor noi ce servesc pentru a rezerva nodul studiat.

Din algoritmul respectiv se determină cele mai optime scheme ale grafelor de alimentare al consumatorilor, care dispun de un nivel sporit de fiabilitate.

În acest scop în baza criteriului Lagrange este elaborat algoritmul de optimizare al nivelului de fiabilitate a sistemelor de distribuție şi alimentare respectiv care dispune de unele priorități în raport de alte algoritme de aşa tip.

Bibliografie

1.GOST13216 – 75 Nadejnosti v tehnike, terminologia i opredelenia. M.: Gostandard., 1975., 27c., Introdus din 01.01. 1976.

2.GOST13109-97 Normele de calitate a energiei electrice în sistemele de alimentare a consumatorilor . Minsk, 1997, 31p.

3. Nepomniaşcii V. Ucet nadejnosti pri proiectirovanie ėnergosistem. M.: Ėnerghia, 1978. 207s.

4. Rudenco Iu., Celțov M. Nadejnosti i rezervirovanie v ėnergeticeschih sistemah. Novosibirsc., Nauca., 1974. 261s.

5.Munteanu F. Ingineria disponibilității subsistemelor de distribuție a energiei electrice. Iaşi, Spectrum, 1999. 249p.

6. Erhan F. Oțenca optimalinoi nadejnosti ėlectroėnergheticeschih sistem.
Izvestia AN MSSR, seria fizico-matematiceschih nauc, 1983. Nr.1 p.53-57.

7. Arion V. Bazele calculului tehnico-economic al sistemelor de transport şi distribuţie a energiei electrice. Chişinău, UTM, 1998. 135p.

8.Spravocnic po teorii veroiatnostei i matematicescoi statistice. / Koroliuk V., Portenco I. M.: Nauca. 1986. 633 p.

INFORMAȚIE DESPRE AUTOR:

IRINA LUPUŞOR – a absolvit specialitatea” Electrificarea şi Automatizarea Agriculturii” în anul 1998, Universitatea Agrară de Stat din Moldova.

La moment activează la catedra „ Electrotehnica” în funcție de lector superior universitar. Interesele științifice sunt în domeniul fiabilității şi regimurilor de funcționare a sistemelor de distribuție şi alimentare a consumatorilor agricoli.

Dispune de 5 lucrări științifice.

Adresa de comunicare: telefoane 432-306;
Posta electronica personala este irina-lupusor@yandex.ru