

## СПОСОБИ ОЦІНКИ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ КОНТАКТІВ

**А. М. МРАЧКОВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент

**В. В. МАРКОВА**, студентка\*

*Національний університет біоресурсів*

*і природокористування України*

e-mail: amrachkovskyi@mail.ru

**Анотація.** *Визначено способи оцінки терміну служби контактів за стандартних режимів роботи для електричних кіл постійного і змінного струму для контактних систем сфера – площа.*

**Ключові слова:** *методи оцінки, контактна поверхня, число комутацій, масоперенос, сфера, площа, енергія, об'єм, маса, діаметр*

Нині широко використовується метод безпосередньо комутаційних випробувань контактних матеріалів, коли використовують інформацію про ерозійні властивості контактних матеріалів, отриманих на макетах реле, обирають оптимальний з точки зору економічності і зносостійкості контактний матеріал, а потім виготовляють дослідну партію реле і випробовують її.

**Мета досліджень** – аналіз фізичних процесів на робочих поверхнях комутаційних апаратів.

**Матеріали та методика досліджень.** Вихідними даними для розрахунку є параметри електричного кола (струм, напруга, постійна часу), конструктивні параметри контактної системи реле (міжконтактний зазор, жорсткість контактної пружини, контактний натиск), електродугові і електроерозійні параметри контактного матеріалу (струм, напруга і енергія дуги горіння, коефіцієнти ерозії, склад матеріалу).

**Результати досліджень.** Прямий метод дає достовірну інформацію про термін служби. Постійне удосконалення випробувальних установок з використанням мікропроцесорної та обчислювальної техніки дозволяє автоматично контролювати такі важливі параметри, як перехідна напруга, струм, час спрацювання тощо і значно знижує трудомісткість процесу випробувань. Однак, навіть за широкої автоматизації випробування досить трудомісткі, тривалі і, крім того, за результатами випробувань складно безпосередньо визначити вплив окремих факторів на ресурс конструкції, матеріалів контактів тощо. Окрім цього, для достовірної оцінки терміну служби в конкретних заданих умовах застосування режимів, що відрізняються від стандартних, але цікавих для споживача, необхідне проведення випробувань в цих режимах.

Інший підхід полягає у випробуванні контактів на макетних установках, що імітують роботу реле. Установки мають стабільні в процесі випробування кінематичні і динамічні характеристики контактного вузла, що

---

\* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент А.М. Мрачковський

© А.М. Мрачковський, В. В. Маркова, 2016

підвищує відтворення результатів випробувань. Однак, переносити результати випробувань безпосередньо на контактні системи реле неможна, тому що різні типи реле мають конструктивні відмінності, отже, дугові й електроерозійні процеси будуть протікати по різному. Тому, після вибору контактних матеріалів за допомогою макетних установок не обхідно проводити прямі випробування на дослідних серіях реле.

Прямі випробування проводяться в режимах, встановлених стандартами. Експлуатаційні навантаження, зазвичай, відрізняються від стандартних. Рекомендується визначати допустиме число циклів включення-відключення за втратою маси протягом всього терміну служби (це досить важко для контактних систем реле із-за малих габаритів).

Для перерахунку на різні електричні режими використовується формула:

$$M = Nc_1 I_0^2 + Nc_2 I_e^2 t_e^2, \quad (1)$$

де  $M$  - допустима втрата маси пари контактів;

$I_e, I_0$  - струм вмикання і відмикання;

$t_e$  - час вібрації за вмикання;

$c_1, c_2$  - постійні коефіцієнти.

Дана формула застосовується для контактів на великі струми і малоприсадна для визначення ресурсу контактних систем реле, в яких ресурс визначається не тільки втратою контактного матеріалу, але й характером масопереносу. Крім того, в цьому випадку необхідні тривалі дослідження з визначення коефіцієнтів  $c_1, c_2$ .

В основі досліджень взаємозв'язку ресурсу з такими параметрами дуги, як енергія  $W_\delta$ , що виділяється в ній, кількість електроенергії  $Q_\delta$  і часу її горіння  $t_\delta$ , визначено, що основною величиною є число комутації  $N$  на величину енергії  $W_\delta$ . Термін служби  $N$  при цьому в першому наближенні складає:

$$N = \frac{W_{\delta H}}{W_H} \cdot N_{H.}, \quad (2)$$

де  $W_\delta$  – енергія, що виділяється за розриву кола в даному режимі;

$W_{\delta H}, N_H$  – енергія і термін дії в номінальному режимі відповідно.

Аналогічні залежності на практиці використовують для оцінки терміну дії контактів за комутації нелінійних індуктивних і резистивних навантажень.

Вхідні величини  $W_{\delta H}, W_\delta$  обумовлюють проведення доволі довгочасних і складних випробувань.

Об'ємний знос  $\delta_v$  слабкострумних контактів реле запропоновано оцінювати за емпіричною формулою:

$$\Delta_v = \frac{(\alpha_0 q_0 + \alpha_B q_B) N}{\eta \gamma}, \quad (3)$$

де  $N$  - число комутацій;

$\gamma$  - густина матеріалу;

$\eta = 0,5-1$  коефіцієнт використання матеріалу;

$q_0, q_B$  - кількість електричної енергії, яка протікає в газовому розряді за вмикання і відмикання;

$\alpha_0, \alpha_B$  - емпіричні коефіцієнти, наведені в таблиці.

У цій формулі коефіцієнти  $\alpha_0, \alpha_B$  і кількість електричної енергії  $q_0, q_B$  залежать від конструкції реле, матеріалу контактів і параметрів кола, що приводить до необхідності довгочасних випробувань для кожного типу контактної системи при необхідних умовах комутації.

### Коефіцієнти зносу релейних контактів

| Матеріал | $\alpha_0, 10^{-6} \text{см}^3/\text{Кл}$ | $\alpha_B, 10^{-6} \text{см}^3/\text{Кл}$ |
|----------|---|---|
| срібло   | 0,3-16                                    | 0,5-3,6                                   |
| золото   | 15  | 1,4-3,3                                   |
| вольфрам | 3,6-5,5                                   | 0,16-0,45                                 |

Для визначення терму дії контактів типу сфера-площина приймається, що внаслідок ерозії має місце перенос матеріалу зі сферичного контакту на площину. При цьому на площинній контактній поверхні утворюється виступ сферичної форми, а на сферичній контактній поверхні утворюється відповідний кратер також сферичної форми.

У цьому випадку об'єм  $V$  зношеної частини сферичної поверхні за  $N$  циклів роботи і відомому питомому об'ємі  $V_0$  за 1 цикл комутації може бути приблизно визначений як подвійний об'єм сферичного елемента з радіусом основи  $a$ , рівним радіусу кратера:

$$W = 2 * \frac{1}{3} \pi h (3a^2 + h^2) = \frac{2}{3} \pi h^2 (3R - h) = 2\pi R^3 \left(\frac{h}{R}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{3} * \frac{h}{R}\right), \quad (4)$$

де  $h$  - висота сегменту;

$R$  - радіус кривої сферичного контакту.

Разом із збільшенням об'єму  $V$  перенесеного контактного матеріалу зростає і висота зношеної частини контакту  $h$  і зменшується контактний тиск  $P_{\text{кмакс}}$  на поверхні, утвореній за зминання матеріалу в місці дотику:

$$P_{\text{кмакс}} \approx 0,62 \sqrt[3]{\frac{E^2}{4} * \left(\frac{R-1,5h}{R+1,5h}\right)^2 * \frac{P_k}{R^2}}, \quad (5)$$

де  $E$  - модуль пружності контактного матеріалу;

$P_k$  - початкова сила контактного натиску.

Значення  $P_{\text{кмакс}}$  визначається за допустимого степеня ймовірності відказів в роботі контактів.

Після перетворень отримаємо вираз:

$$\frac{1-1,5\frac{h}{R}}{1+1,5\frac{h}{R}} = \frac{R}{E/2} * \frac{\left(\frac{P_k \text{ max}}{0,62}\right)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{P_k}}. \quad (6)$$

Звідси визначається  $\frac{h}{R}$  і величина допустимого зношення об'єму  $V$  контактного матеріалу. Допустиме число циклів роботи (терміну дії) контактів визначають за формулою:

$$N = V/V_0. \quad (7)$$

Таке визначення терміну дії справедливе тільки для контактів сфера-площина і тільки в тому випадку, коли кратер утворюється на сферичному контакті.

Для апаратів комутуючих кола змінного струму 0,5-10 А зі срібними контактами типу сфера-площина з радіусом кривої не менше 16-18 мм, середньою тривалістю електричного розряду за відключення 0,25 періоду, побудовані номограми, що дозволяють вирішувати як пряму задачу (вибір маси, об'єму, діаметру і висоти контакту), так і зворотну (визначення електричної зносостійкості за різних параметрів кола і швидкості руху контактів).

У відповідності до масової ерозії  $G_0$  за один цикл комутації в базовому режимі визначають масовий знос  $G_x$  в режимі, необхідному для умов експлуатації за формулою:

$$G_x = G_0 \left( \frac{W_x}{W_0} \right)^m, \quad (8)$$

де  $W_x, W_0$  - енергія в необхідному і базовому режимах роботи;  
 $m$ - коефіцієнт, визначений експериментально.

Потім за номограмою знаходять розміри активної частини контакту  $G_p, V, S, D$  (робоча маса, об'єм, висота та діаметр), відповідно заданій електричній зносостійкості. При цьому кожному значенню  $N$  (терміну дії) відповідають свої залежності робочої маси  $G_p$  і об'єму  $V$ .

За використання даного підходу для кожної конструкції і матеріалу контактів необхідні детальні випробування для визначення  $W_x$ , для побудови номограм.

### Висновки

1. Розраховані такі параметри, як час дуги, енергія, кількість електроенергії, об'ємна і масова ерозія дозволяють достатньо швидко оцінити матеріал контактів та конструкцію контактної системи за розробки нових або модернізації відомих конструкцій реле, але не дозволяють оцінити в абсолютних цифрах їх комутаційну зносостійкість (термін дії).

2 Існуючі методи розрахунку терміну дії реле придатні для контактів типу сфера-площина за комутації кола постійного струму. Розрахункові методи оцінки терміну дії реле з контактами других типів за комутації постійного і змінного струму відсутні.

3. Розробка загального підходу для розрахункової оцінки терміну служби контактів реле разом з методами розрахунку електроерозійних процесів на контактах дозволить оцінити вплив геометрії контактів на їх комутаційну зносостійкість.

### Список літератури

1. Омельченко В. Т. Теорія процесів на контактах./ В. Т.Омельченко. – Харків: Вища школа, 1979. –179 с.
2. Таев И. С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения / И. С. Таев. – М.: Энергия, 1979. – 242 с.
3. Хольм Р. Электричні контакти / Р. Хольм. – М.:Издательство иностранной литературы, 1961. – 35 с.
4. Разумихин М. А. Эрозионная устойчивость маломощных контактов / М. А. Разумихин. – М-Л: Энергия, 1994. – 278 с.
5. Намитоков К. К. Электроэрозионные явления / К. К. Намитоков. – М.: Энергия, 1978. –356 с.

## References

1. Omelchenko V.T. (1979). Teorija protsesiv na kontaktakh. [Theory processes contacts ]. Kharkiv:Vyshcha shkola, 179.
2. Tajev I.S. (1979). Elektricheskie kontakty i dugogasitelnyje ustrojstva apparatov nizkogo naprjazhenija . [Electrical contacts and arcing devices low-voltage devices] . Moskow: Energija, 242.
3. Kholm R. (1961). Elektrychni kontakty. [Electrical contacts]. Izdatelstvo inostrannoy literatury, 35.
4. Razumikhin M.A. (1994) Eroziionnaja ustojchivost malomoshchnykh kontaktov. [Erosion resistance of low-power contacts ]. Moskow: Energija, 278.
5. Namitokov K.K. (1978). Elektroerozionnyje javlenija. [Eroding phenomenon]. Moskow: Energija, 356.

## СПОСОБЫ ОЦЕНКИ СРОКА СЛУЖБЕ КОНТАКТОВ

***А. Н. Мрачковский,  
В. В. Маркова***

**Аннотация.** *Определены способы оценки срока службы контактов при стандартных режимах работы для электрических цепей постоянного и переменного тока для контактных систем сфера - плоскость.*

**Ключевые слова:** *методы оценки, контактная поверхность, число коммутаций, массоперенос, сфера, плоскость, энергия, объем, масса, диаметр*

## METHODS FOR EVALUATING THE SERVICE LIFE OF THE CONTACTS

***A. Mrachkovskyi,  
V. Markova***

**Annotation.** *Determined ways to evaluate the life of the contacts at standard modes circuits for AC and DC systems for contact sphere - plane.*

**Keywords:** *methods of evaluation, the contact area, the number of switching, mass transfer, sphere, space, energy, volume, weight, diameter*

УДК 631.53.027.34

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ ЛАЗЕРНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

**Л. Є. НИКИФОРОВА**, доктор технічних наук, професор

**С. В. ГАЙДУКЕВИЧ**, старший викладач

**Н. П. СЕМЕНОВА**, старший викладачі

**І. В. КІЗИМ**, інженер

**ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний інститут”**

*e-mail: soleykos@mail.ru*

**Анотація.** *Наведені передумови вивчення технологічного режиму лазерної передпосівної обробки насіння соняшнику методом планування повного факторного експерименту.*