

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН ПРОПЛАВЛЕННЯ КОНТАКТІВ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ ПРИ КОМУТАЦІЇ СТРУМУКоробський В. В., к.т.н., доц., e-mail: kor.vladlen.2002@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність дослідження. При комутації змінного струму електромагнітними пускачами в контактному вузлі виділяється електромагнітна енергія W , при цьому може спостерігатися електрична дуга. Теплова енергія Q , при цьому витрачається на нагрівання маси матеріалу контактів і частково на плавлення металу на робочій поверхні (Q_1), а інша частина (Q_2) - на нагрівання маси уже розплавленого металу до температури кипіння і на випаровування частини металу. З іншої сторони, ця енергія W має дві складові: одну – прямопропорційну часу горіння дуги t_0 і яка обумовлюється активним навантаженням кола - W_R , та другу – постійну - W_L , яка дорівнює енергії магнітного поля, накопиченої в індуктивностях електричного кола і витрачається в комутуючих пристроях при комутації.

Якщо брати до уваги теплові і електромагнітні процеси для одного полюсу пускача, то отримаємо [1, 2]:

$$W = Q = Q_1 + Q_2 = W_R + W_L = P_{ср} \cdot t_0 + W_L = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_R + U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_L = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega, \quad (1)$$

де $P_{ср} = \frac{1}{6} U_0 I_0 \left(1 + 2 \frac{U_1}{U_0} \right)$ - середня потужність в контакт-деталях, яка визначається

активною складовою навантаження R_0 , Вт; (2)

U_0 – напруга мережі (джерела живлення), В;

I_0 – струм навантаження, А;

U_1 – спад напруги на опорі контакту кола, В;

ω_R – коефіцієнт, який показує відношення напруг U_1 і U_0 ;

ω_L – коефіцієнт, який залежить від характеру навантаження кола;

ω – коефіцієнт, який залежить від характеру навантаження кола і показує долю енергії магнітного поля W_L , яка витрачається власне в контакт-деталях при їх розмиканні [2].

Важкі умови експлуатації електричних апаратів у сільському господарстві та численні фактори впливу утруднюють вибір контактного матеріалу для комутаційних апаратів. За останні роки зроблені спроби заміни контактного матеріалу Ag-CdO на менш токсичний. Створено екологічно безпечні контактні матеріали на основі міді для апаратів, що працюють в електроустановках агропромислового сектору, при невисокій вартості із заданим рівнем надійності щодо перехідного опору [4].

Метою досліджень є спроба встановлення взаємозв'язку між ерозійними явищами при комутації (глибиною проплавлення) та енергетичними параметрами контактного матеріалу.

Основні матеріали досліджень. Об'єкти експериментального дослідження - контакт-деталі електромагнітних пускачів ПМЛ-1100, що виготовлені з серійних (на основі срібла) і екологічно безпечних дослідних (на основі міді) контактних матеріалів [3]. Марки та склад матеріалів контактів наведено в дослідженні. Осцилограми напруги і струму, які отримані під час дослідження, зроблені з використанням універсального двохпроменевого запам'ятовуючого осцилографу С8-14. Параметри комутації (час горіння дуги і середнє значення струму в дузі) визначалося за осцилограмами.. Похибка вимірюваних величин не перевищує 5%. Математичні розрахунки проводилися з використанням програми «MathCAD». Кількість тепла, необхідного для нагрівання контакт-деталі до температури плавлення Q_1 діє на робочій поверхні [1, 2]. Тепло надходить перпендикулярно до поверхні і теплопровідність у всіх напрямках – однакова. Вважаємо, що тривалість потоків тепла Q_1 рівнозначна тривалості горіння електричної дуги між електродами t_0 (часу однократного замикання або розмикання контакт-деталей). Тому рівняння теплопровідності для нашого випадку (стаціонарний неоднорідний одновимірний процес) матиме наступний вигляд [1]:

$$\frac{dT(x,t)}{dt} = a \cdot \frac{d^2T(x,t)}{dx^2}, \quad (t > 0; 0 \leq x) \quad (3)$$

де $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$ - коефіцієнт теплопроводності, м²/с;

- коефіцієнт теплопроводності, Вт/мК;

c – питома теплоємність матеріалу контакт-деталі (ізохорна), Дж/кгК;

- густина контактного матеріалу, кг/м³;

t – час надходження тепла до контакт-деталі, с.

Розв'язок рівняння (3) дає можливість визначити температуру в будь-якій точці контакт-деталі вздовж осі x (повздовжня вісь) в кожний визначений момент часу t , включаючи і точки, які знаходяться на робочій поверхні ($x=0$) в кінці проміжку комутації ($t=t_0$) (рис. 1).

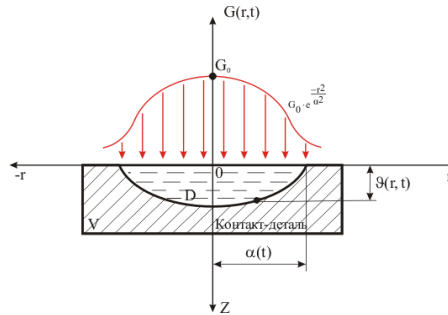


Рис.1

Визначення величини глибини проплавлення h зводиться до розв'язку рівняння (3), при цьому використаємо формулу (1). Після проведених математичних перетворень величина глибини проплавлення визначається:

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_0 I_0 \omega \sqrt{t_0}}{\psi b T_{розр}}} \quad (4)$$

де t_0 - час горіння електричної дуги, який визначається за осцилограмами.

Висновок. 1. Ерозійна стійкість і величина глибини проплавлення контактів h є функцією енергетичних, теплофізичних характеристик контактного матеріалу, розрахункової температури розплавлення, кипіння, випаровування контактного матеріалу. Глибина проплавлення контактів залежить від енергетичних характеристик електричної дуги, в першу чергу від значення комутованого струму (4; 6,3; 10А) та часу горіння дуги. Розрахунок величини h здійснений для контактного матеріалу, який має гетерогенну структуру. Тому для контактів гомогенної структури картина може змінюватися і в розрахунках потрібно враховувати фактор гетерогенності. Результати розрахунку тепловиділення в процесі комутації електричного струму, теплового режиму та глибини проплавлення контактів пускачів досить гарно співпадають з експериментальними даними глибини проплавлення (за дослідженням шліфів повздовжнього перерізу електродів відрізняються на 4...5 %).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Карташов Э. М. Аналитическая теория теплопроводности и прикладной термоупругости / Э. М. Карташов, В. А. Кудинов. – М.: Либроком, 2018. – 656 с.
2. Томан А. С. Электроэнергетические показатели разрывных контактов / А. С.Томан, М. Ф. Сагач, С. П. Кохановский // Электрификация сельскохозяйственного производства. Научные труды УСХА. – К.: Издательство УСХА. – 1975. – вып. 110, том. II – С. 61–71.
3. Korobskyi V. V. New aspect so creation of environmentally friendly composite materials for contact systems of electric equipment in the agriculture sector: 2018. 11 th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-11) / V. V. Korobskyi, A. M. Mrachkovskyi // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – Ivano–Frankivsk (Ukraine), May 21-25, 2018, – P. 35.