

УДК 621.3.066.6

## РОЗРАХУНОК ГЛИБИНИ ПРОПЛАВЛЕННЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

Щербак Т.В., аспірант\*

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Тел. (044) 527-87-36

**Анотація** - в статті розглянуті питання глибини проплавлення матеріалу контакт-деталей при комутації струму в залежності від енергії електричної дуги, часу її горіння, при розмиканні електричного кола і фізико-механічні властивості контактного матеріалу.

**Ключові слова** - контакт-деталі, апарати, комутація, температура, теплоємність металу.

*Постановка проблеми.* Введення поняття ефективної температури, що визначається скритою теплотою плавлення, застосовується для визначення глибини проплавлення.

*Аналіз останніх досліджень* Визначення глибини проплавлення контакт-деталей комутаційних апаратів дозволить прогнозувати їх термін служби, тим самим дозволить зменшити кількість ТО та додаткових затрат на діагностування енергеобладнання.

Глибина проплавлення контакт-деталей впливає на інтенсивність електричної ерозії контактів при комутації струму.

*Формулювання мети роботи.* Визначення глибини проплавлення робочої поверхні контактів в залежності від фізико-механічних властивостей контактного матеріалу, дозволить прогнозувати їх термін служби в певних умовах експлуатації.

*Основна частина.* Ефективна температура – це температура, до якої була б нагріта розплавлена маса металу при затраті на це тепла, що визначається скритою теплотою плавлення:

$$m_1 C_1 T_{\text{эф}} = m_1 q, \quad T_{\text{эф}} = \frac{q}{C_1}, \quad (1)$$

де  $q$  – скрита теплота плавлення;  
 $C_1$  – теплоємність.

---

© аспірант Щербак Т.В.

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Радько І.П.

В першому наближенні будемо рахувати, що теплоємність розплавленого металу дорівнює теплоємності металу, який набув температуру робочого середовища:

$$T_{\text{эф}} = \frac{q}{C_1}, \quad (2)$$

Розрахункова температура плавлення

$$T_{1 \text{ розр.}} = T_{\text{пл}} + T_{\text{эф}} = T_{\text{пл}} + \frac{q}{C_1}, \quad (3)$$

Глибина лунки розплавлення  $h$  визначається координатою із рівняння.

Розрахункова температура кипіння

$$T_{2 \text{ розр.}} = T_{\text{кип}} + \frac{q_{\text{вип}}}{C_0}, \quad (4)$$

де  $C_0$  – теплоємність розплавленого металу;

$q_{\text{вип}}$  – скрита температура випаровування.

Розрахункова температура кипіння

$$T_{\text{розр.}} = T_{\text{кип}} + \frac{q}{C_1} + \frac{q_{\text{вип}}}{C_0}, \quad (5)$$

Приймаємо, що вся кількість, яка виділяється в зоні розплаву контактів, дорівнює енергії, що витрачається за час комутації.

Стає можливим визначити глибину проплавлення контактів, виходячи із рішення рівняння теплопровідності із якого витікає

$$e^{-\frac{h^2}{4\alpha t_0}} = \frac{T_{\text{розр}} 2\sqrt{\pi\alpha t_0}}{Q}, \quad (6)$$

де  $h$  – глибина проплавлення контактів, координати точок, температура яких досягає  $T_{\text{розр.}}$

В кінці розмикання контактів  $t_0$ .

Сила джерела, що діє на один контакт, дорівнює енергії  $W$ , що виділяється в контактах за  $t_0$

$$Q = \frac{W}{2f_0c\gamma}, \quad (7)$$

де  $f_0$  – площа розплавленого металу.

$$e^{-\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{4T_{розр} \sqrt{\pi at_0} f_0 c \gamma}{W}; \quad (8)$$

$$e^{\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{W}{4T_{розр} \sqrt{\pi at_0} f_0 c \gamma}; \quad (9)$$

$$W = U_0 I_0 t_0 \omega. \quad (10)$$

Величина контактів поверхні при плавленні залежить від глибини проплавлення:

$$h = 0,3d_0; \quad f_0 = \frac{\pi d_0}{4} = \frac{\pi \left( \frac{h^2}{0,03} \right)}{4} = 8,72h^2 = \phi h^2.$$

Визначення  $h$  зводиться до рішення трансцендентного рівняння:

$$e^{\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{U_0 I_0 t_0 \omega}{4T_{розр} \sqrt{\pi at_0} f_0 c \gamma} = \frac{U_0 I_0 t_0 \omega}{4T_{розр} \sqrt{\pi at_0} \phi h^2 c \gamma}; \quad (11)$$

$$h^2 e^{\frac{h^2}{4at_0}} = \frac{U_0 I_0 t_0 \omega}{4T_{розр} \sqrt{\pi at_0} \phi c \gamma} = \frac{U_0 I_0 \sqrt{t_0} \omega}{4T_{розр} \sqrt{\pi} \frac{\lambda}{c \gamma} \phi} = b = \sqrt{\pi \lambda c \gamma} = \frac{U_0 I_0 \sqrt{t_0} \omega}{4T_{розр} \sqrt{\pi \lambda c \gamma} \phi} = \frac{U_0 I_0 \sqrt{t_0} \omega}{4T_{розр} b \phi}. \quad (12)$$

Практично подовженість розмикання електричних контактів знаходиться в межах  $t_0 = 0,01 - 0,03$  с, а глибина проплавлення  $0,1 - 0,6$ :

$$e^{\frac{0,3b}{0,03 \cdot 4 \cdot 0,4}} = e^{\frac{0,3b}{0,048}} = e^{0,2} = 1,2;$$

$$e^{\frac{0,01}{0,01 \cdot 0,3 \cdot 4}} = e^{\frac{1}{1,2}} = e^{1,2} = 3,3;$$

$$h = \frac{1}{2,3} \sqrt{\frac{U_0 I_0 \sqrt{t_0} \omega}{\phi b T_{розр}}}. \quad (13)$$

Коефіцієнт  $B$  залежить від властивостей матеріалу і для різних металів складає

$$B = \left( \frac{30}{70} \right) \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}}}.$$

Глибина проплавлення в мм. При  $U_0=200$  В,  $L=0,5$  Гн,  $I_{н}=1; 5; 10$  А.

*Висновки.* Визначення фізико-механічних властивостей контактного матеріалу дозволить обрахувати глибину проплавлення робочої поверхні контактів в залежності від характеру навантаження та визначити, їх термін служби апаратів для даних умов експлуатації, що продовжить термін служби апаратів і підвищить їх економічну ефективність використання.

#### Література

1. *Буткевич Г.В.* Износ электродов под действием вращающейся электрической дуги / *Г.В. Буткевич, Е.М. Цейров* // Сб. научн. тр. - М. : Высшая школа. - 1948. - С. 6-18.
2. *Витенберг М.И.* Сопротивление электрических контактов из благородных металлов / *М.И. Витенберг* // *Электротехника*. - 1972. - №10. - С. 46-50.
3. *Витенберг М.И.* Стабильность сопротивления электрических контактов / *М.И. Витенберг* // *Вопросы радиоэлектроники*. Серия ТПС. - М.: 1971. - Вып. 4. - С. 16-22.

### РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Щербак Т.В.

*Аннотация* - в статье рассмотрены вопросы глубины проплавления материала контактных деталей при коммутации тока в зависимости от энергии электрической дуги, времени ее горения, при размыкании электрического круга и физико-механические свойства контактного материала.

### CALCULATION OF DEPTH MELTING CONTACT - DETAILS SWITCHBOARD VEHICLES BY TENSION TO 1000 V

T. Scherbak

#### *Summary*

In the article the considered questions of depth of проплавления of material of pin details are during commutation of current depending on energy of voltaic arc, time of her burning, at breaking of electric circle and pfisical and mecanyc properties of pin material.