9.Land sponsert Energiesparlampen // Elektrowirtschaft. – 1996. – №10. – S.22.
10.Уилис У., Миллс Э. Анализ факторов, влияющих на продажу компактных люминесцентных ламп в бытовом секторе // Светотехника. – 1995. – №3. – С.2-7.
Получено 10.12.99
© Кожушко Г.М., 2000

УДК 537.311.4

А.А.ХАРИСОВ, канд. техн. наук
Харьковская государственная академия городского хозяйства

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ МНОГОТОЧЕЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТАКТА

Предлагается усовершенствованная расчетная модель многоточечного электрического контакта. Выведены расчетные формулы, позволяющие определять переходное сопротивление электрического контакта в зависимости от размеров и распределения элементарных контактных пятен в условно плоском поле контактирования. Расчетная модель допускает решение и обратных задач.

В практике разработки электрических контактов используются различные их расчетные модели [1, 2, 3].

Нами предлагается расчетная модель в развитие известной модели, детально описанной в [3].

В отличие от указанных выше моделей в данной расчетной модели многоточечного контакта плотность тока в элементарных контактных пятнах принимается распределенной по нормальному закону вида

$$J_n(x,y)=\frac{I_n}{2\pi\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2}\exp\left[-\frac{(x-x_n)^2+(y-y_n)^2}{2\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2}\right], \qquad (1)$$

где $I_n=\int\limits_{-\infty}^{\infty}dx\int\limits_{-\infty}^{\infty}J_n(x,y)dy$ – ток, проходящий через элементарное контактное пятно; x_n, y_n – координаты центра элементарного контактного пятна в условно плоском поле контактирования; ε_{on} – среднеквадратичный радиус элементарного контактного пятна; $\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2$ – дисперсия нормального распределения плотности тока в

элементарном контактном пятне; $\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)$ – нормальное отклонение функции плотности тока в элементарном контактном пятне; K_n – численный нормирующий коэффициент значения нормального отклонения функции плотности тока в элементарном контактном пятне.

Дальнейшая схема вывода расчетных формул переходного сопротивления многоточечного контакта практически мало отличается от схемы вывода расчетных формул, приведенной в [3]. В этой связи ниже рассматриваются только конечные формулы предлагаемой расчетной модели многоточечного контакта. В общем случае выражение электрического сопротивления многоточечного контакта для одного полупространства $z > 0$ (т.е. для одной контактной детали) имеет вид

$$R = \frac{1}{2\pi\gamma_o I^2}\sum_{n,s=1}^{N} I_n I_s \left[\frac{\pi}{2\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 2\left(\frac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right]^{1/2} \times$$

$$\times \exp\left[-\frac{l_{ns}^2}{4\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\frac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right] \times$$

$$\times \boldsymbol{I}_o\left[\frac{l_{ns}^2}{4\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\frac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right], \qquad (2)$$

где γ_o – удельная проводимость материала контакта; $\varepsilon_{on}, \varepsilon_{os}$ – значения радиусов элементарных контактных пятен; K_n, K_s – нормирующие численные коэффициенты соответствующих контактных пятен; N – число контактных пятен; $l_{ns} = \left[(x_n - x_s)^2 + (y_n - y_s)^2\right]^{1/2}$ – расстояние между центрами контактных пятен с соответствующими токами I_n и I_s; $\boldsymbol{I}_o$ – модифицированная функция Бесселя.

Так как при $n = s \to l_{nn} = 0$, а $\boldsymbol{I}_o$=1, выражение (2) также можно преобразовать к виду

$$R = \frac{1}{2\pi\,\gamma_o\,I^2}\sum_{n=1}^{N}\frac{I_n^2\sqrt{\pi}}{2\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}} +$$

$$+\frac{1}{2\pi\gamma_o I^2}\sum_{n\neq s}^{N} I_n I_s\left[\frac{\pi}{2\left(\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 2\left(\dfrac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right]^{1/2}\times$$

$$\times\exp\left[-\frac{l_{ns}^2}{4\left(\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\dfrac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right]\times$$

$$\times\boldsymbol{I}_o\left[\frac{l_{ns}^2}{4\left(\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\dfrac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right], \qquad (3)$$

где первый член суммы учитывает сопротивление контакта, обусловленное протеканием токов через элементарные контактные пятна, а второй – сопротивление контакта, обусловленное непосредственным взаимодействием токов элементарных контактов.

Когда проводящие пятна в многоточечных контактах находятся друг от друга достаточно далеко (так, что аргумент функции $\boldsymbol{I}_o$ значительно превышает единицу), функцию $\boldsymbol{I}_o$ в (3) можно заменить асимптотикой:

$$\boldsymbol{I}_o\left[\frac{l_{ns}^2}{4\left(\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\dfrac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right] \approx \frac{1}{l_{ns}^2}\left[\frac{4\left(\dfrac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\dfrac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}{\pi}\right]\times$$

$$\times \exp\left[\frac{l_{ns}^2}{4\left(\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}\right)^2 + 4\left(\frac{\varepsilon_{os}K_s}{3}\right)^2}\right] \qquad (4)$$

и записать выражение сопротивления для одного полупространства многоточечного контакта (для одной контактной детали) следующим образом:

$$R \approx \frac{1}{4\sqrt{\pi}\gamma_o I^2}\sum_{n=1}^{N}\frac{I_n^2}{\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}} + \frac{1}{2\pi\gamma_o I^2}\sum_{n\neq s}^{N}\frac{I_n I_s}{l_{ns}}. \qquad (5)$$

Когда расстояния между проводящими пятнами значительно превосходят их радиусы ($l_{ns} >> \varepsilon_{on}, \varepsilon_{os}$), вторая часть суммы в (5) становится незначительной по сравнению с первой и выражение сопротивления для одного полупространства многоточечного контакта можно записать как

$$R \approx \frac{1}{4\sqrt{\pi}\gamma_o I^2}\sum_{n=1}^{N}\frac{I_n^2}{\frac{\varepsilon_{on}K_n}{3}}. \qquad (6)$$

При этом, если можно принять, что размеры контактных пятен одного порядка и отстоят друг от друга на значительном расстоянии, то выражение сопротивления для одного полупространства многоточечного контакта (6) принимает вид

$$R \approx \frac{N}{4\sqrt{\pi}\gamma_o \frac{\varepsilon_o K}{3}}, \qquad (7)$$

где ε_o – средний радиус контактных пятен.

В предельном случае, когда контактные детали содержат только одно проводящее пятно, сопротивление одноточечного контакта для одного полупространства контакта равно

$$R = \frac{1}{4\sqrt{\pi}\gamma_o \frac{\varepsilon_o K}{3}}. \qquad (8)$$

Численное значение нормировочного коэффициента K во всех приведенных расчетных выражениях задается в соответствии с известным в статистической физике правилом 3σ. В нашем случае σ – нормальное отклонение функции плотности тока в контактном пятне, равное $\sigma_n = \frac{\varepsilon_{on} K_n}{3}$. Задаваясь значениями нормировочного коэффициента $K_n = ...0{,}5; ...0{,}75; ...1{,}0; ...1{,}5$ и т.д., а также значениями γ_o, l_{ns}, ε_{on}, I_n, после подстановки в одну из формул (2), (3), (5)-(8) определяем значение переходного сопротивления многоточечного контакта для одной контактной детали. Соответственно для двух контактных деталей полученное значение переходного сопротивления необходимо удвоить.

Аналогичным образом с помощью приведенных расчетных выражений можно решать различного вида обратные задачи.

1.Хольм Р. Электрические контакты. – М.: ИЛ, 1961.

2.Намитоков К.К., Красовицкий В.Б. Расчет электрического сопротивления многоточечного контакта // Науч.-техн. реферативный сборник. Электрофизические и электрохимические методы обработки. Вып.8. – М., 1973.

3.Харисов А.А. Расчетная модель электрического сопротивления многоточечных контактов с нормальной плотностью распределения тока в контактных пятнах // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Серия НРСТ. Вып. 75. – Харьков: ХГПУ, 1999. - С.141.

Получено 25.01.2000

© Харисов А.А., 2000

УДК 628.93

В.А.МОЧУЛЬСЬКИЙ

Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА МОДЕЛІ, СПОСОБУ ТА ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РОЗРЯДНИХ ЛАМП НИЗЬКОГО ТИСКУ В ОСВІТЛЮВАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

Висвітлено особливості застосування запропонованих моделі, способу та технічних засобів підвищення ефективності роботи розрядних ламп низького тиску при груповому високочастотному живленні. Наведено результати їх впровадження в освітлювальній установці підвищеної частоти.

Дослідження електроосвітлювальної мережі з метою оцінки ефективності використання групового високочастотного освітлення проводилися за допомогою засобів для визначення вихідних параметрів оптимізації – факторів інтегральної напруги (ФІН):