

## РАСЧЕТ УЧАСТКА НЕПРЕРЫВНОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРЕВА ПРОВОЛОКИ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Чикалов В.И., Помазанов И.В., Пономаренко А.Г.  
Донецкий государственный технический университет  
olga@pandora.kita.dgtu.donetsk.ua

*Will see a plot wire's uninterrupted electrocontact heating, (E. H.) which gets electro-traction from triphase mesh through fully quick-change artist. Current cart to warmed wire realized with help of fourcontact rollers. This rollers are place to deduction of second lagging of conjurer. Suppled and decided task of location choice of internals contact-rollers, with some assured symmetrical loading of nutrition mesh in the placed routine. The method of settling which we got, is apply by project and tuning of arrangements for unbroken E. H. of wire.*

Непрерывный электроконтактный нагрев металла (ЭКН) применяется в современном производстве либо как самостоятельная технологическая операция при термообработке, либо как вспомогательная перед последующей механической обработкой. Повышение производительности установок ЭКН требует увеличения скорости движения обрабатываемого материала и, как следствие, роста потребляемой мощности. Это обуславливает необходимость осуществлять питание таких устройств от трехфазного источника. При этом на этапе проектирования, а в дальнейшем в процессе эксплуатации, необходимо создать условия, обеспечивающие симметричную нагрузку сети.

Схема трехфазной установки ЭКН показана на рис. 1.

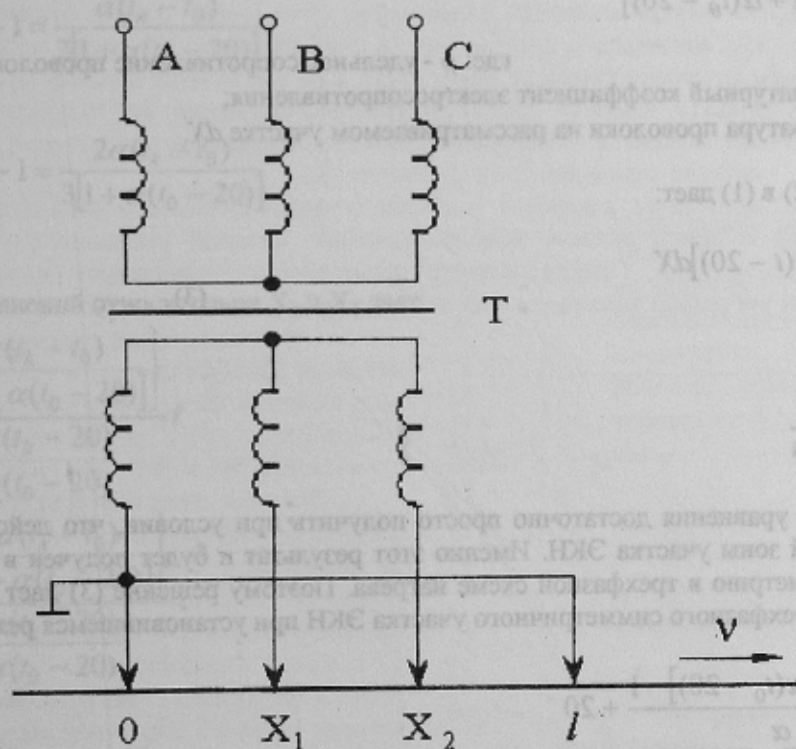


Рисунок 1 – Схема трехфазной установки ЭКН

Нагрев металла, движущегося со скоростью  $v$ , осуществляется на рабочем участке длиной  $l$ . Напряжение к проволоке подводится с помощью подвижных контактов через понижающий трансформатор Т. Координата входного холодного контакта принята за 0, выходного горячего за  $l$ . Промежуточные контакты имеют координаты  $X_1$  и  $X_2$ . Входной и выходной контакты соединены между собой токопроводящей шиной и являются эквипотенциальными. В целях безопасности они заземлены. При таком способе подачи напряжения на участок ЭКН отрезки проволок, находящиеся между контактами, образуют нагрузку, включенную по схеме треугольника. Симметрия в данном случае будет обеспечена равенством сопротивлений этих отрезков

проволоки. Для обеспечения этого условия выбор координат  $X_1$  и  $X_2$  необходимо производить с учетом распределения температуры металла вдоль зоны нагрева.

В [1] показано, что при высоких скоростях движения проволоки на участке ЭКН потери тепла в окружающую среду и перераспределение температуры за счет теплопроводности материала проволоки мало влияет на процесс нагрева. При этих условиях для элементарного участка  $dX$  уравнение теплового баланса записывается в следующем виде:

$$\frac{\pi D^2}{4} \gamma C dt = I^2 dR d\tau \quad (1)$$

где:  $D$  - диаметр проволоки;

$t$  - температура;

$\gamma$  - плотность материала проволоки;

$C$  - удельная теплоемкость металла;

$I$  - ток на рассматриваемом участке  $dX$ ;

$dR$  - сопротивление этого участка;

$d\tau$  - время нахождения металла на участке  $dX$ .

$$d\tau = \frac{dX}{g}$$

При линейной зависимости сопротивления металла от температуры можно записать:

$$dR = \frac{4 \rho dX}{\pi D^2} [1 + \alpha(t_\theta - 20)] \quad (2)$$

где:  $\rho$  - удельное сопротивление проволоки при  $20^\circ \text{C}$ ;

$\alpha$  - температурный коэффициент электросопротивления;

$t_\theta$  - температура проволоки на рассматриваемом участке  $dX$ .

Подстановка (2) в (1) дает:

$$dt = k I^2 [1 + \alpha(t - 20)] dX \quad (3)$$

где:

$$k = \frac{16 \rho}{\pi^2 D^4 \gamma C g}$$

Решение этого уравнения достаточно просто получить при условии, что действующее значение тока  $I$  неизменно вдоль всей зоны участка ЭКН. Именно этот результат и будет получен в установившемся режиме, если обеспечить симметрию в трехфазной схеме нагрева. Поэтому решение (3) дает уравнение распределения температуры вдоль трехфазного симметричного участка ЭКН при установившемся режиме нагрева:

$$t = \frac{e^{\alpha k I^2 x} [1 + \alpha(t_0 - 20)] - 1}{\alpha} + 20 \quad (4)$$

где:  $t_0$  - значение температуры проволоки у входа в зону ЭКН.

Задавшись требуемой конечной температурой нагрева металла на выходе у контакта с координатой  $l$ , из выражения (4) можно получить требуемую величину тока нагрева:

$$I = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{\gamma C g}{\alpha \rho l} \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} \quad (5)$$

С тем чтобы установить зависимость сопротивления нагреваемой проволоки на участке между входными контактами и точкой с произвольной координатой  $X$  в зоне ЭКН, в (2) подставляют значение  $t$  из выражения (4). Последующее интегрирование в пределах от 0 до  $X$  даст:

$$R = \frac{4\rho[1 + \alpha(t_0 - 20)]}{\pi D^2 \alpha k l^2} (e^{\alpha k l^2 x} - 1) \quad (6)$$

Замена в полученном выражении тока  $I$  его значением из (5) приводит к результату:

$$R = \frac{4\rho\ell[1 + \alpha(t_0 - 20)]}{\pi D^2 \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} \left[ e^{\frac{x}{\ell} \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} - 1 \right] \quad (7)$$

Подставив в (7) значение  $X=l$ , можно определить величину активного сопротивления нагретого отрезка проволоки, находящегося на участке ЭКН между входным и выходными контактами:

$$R_\ell = \frac{4\rho\ell\alpha(t_k - t_0)}{\pi D^2 \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} \quad (8)$$

Из условия обеспечения симметрии трехфазного участка ЭКН следует:

$$R_{x_1} = \frac{1}{3} R_\ell \quad \text{И} \quad R_{x_2} = \frac{2}{3} R_\ell \quad (9)$$

где:  $R_{x_1}$ ,  $R_{x_2}$  - сопротивление отрезков проволоки  $0 - X_1$  и  $0 - X_2$ , соответственно.

Подстановка в равенство (9) значений  $R_{x_1}$  и  $R_{x_2}$ , определенных в соответствии с (7), а также значения  $R_\ell$  из выражения (8) приводит к уравнениям:

$$e^{\frac{X_1}{\ell} \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} - 1 = \frac{\alpha(t_k - t_0)}{3[1 + \alpha(t_0 - 20)]} \quad (10)$$

$$e^{\frac{X_2}{\ell} \ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} - 1 = \frac{2\alpha(t_k - t_0)}{3[1 + \alpha(t_0 - 20)]}$$

Решение этих уравнений относительно  $X_1$  и  $X_2$  дает:

$$X_1 = \frac{\ln \left\{ 1 + \frac{\alpha(t_k - t_0)}{3[1 + \alpha(t_0 - 20)]} \right\}}{\ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} \ell$$

$$X_2 = \frac{\ln \left\{ 1 + \frac{2\alpha(t_k - t_0)}{3[1 + \alpha(t_0 - 20)]} \right\}}{\ln \frac{1 + \alpha(t_k - 20)}{1 + \alpha(t_0 - 20)}} \ell \quad (11)$$

Полученные выражения позволяют рассчитать координаты установки подвижных контактов, обеспечивающие в установившемся режиме симметрию участка ЭКН при трехфазной схеме нагрева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коврев Г. С. Электроконтактный нагрев при обработке цветных металлов. - М.: Металлургия, 1975. -