

УПРОЩЕНИЕ ПРОВЕРКИ ПРОВОДНИКОВ  
И АППАРАТУРЫ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

И. Д. КУТЯВИН и А. С. ШАРЫГИНА

Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания издания 1944 года рекомендуют (см. § 60) определять термическое действие тока короткого замыкания на проводники и аппаратуру либо по току трехполюсного короткого замыкания, либо по току двухполюсного, в зависимости от того, при каком из них создается больший термический эффект.

Малоопытным проектировщикам трудно бывает заранее решить, какой ток вызывает больший нагрев, и поэтому им приходится рассчитывать ток короткого замыкания при двух- и трехполюсном коротком и проверять аппаратуру и проводники по тому и другому току.

Представляется возможность упростить эти расчеты путем ориентировочной оценки термического действия тока двухполюсного короткого замыкания по термическому действию тока трехполюсного, что исключит необходимость определения тока двухполюсного короткого замыкания.

Соотношение между токами двухполюсного и трехполюсного короткого замыкания и их термическим действием зависит от расчетного реактанса  $x_p$  и действительного времени протекания тока короткого замыкания  $t_d$ .

Для решения задачи в общем виде относительное по току количество энергии, выделяемой трехполюсным током в проводнике, можно найти из выражения:

$$A_3 = I_{\sim*}^{(3)2} t_{\phi}^{(3)} = f_1(x_p, t_d), \quad (1)$$

где  $I_{\sim*}^{(3)}$  — установившийся трехполюсный ток короткого замыкания в относительных единицах, определенный для расчетного реактанса  $x_p$

$t_{\phi}^{(3)}$  — фиктивное время,

$x_p$  — расчетный реактанс.

Относительное по току количество энергии, выделяемое двухполюсным током короткого замыкания, будет иметь следующее выражение:

$$A_2 = 3I_{\sim*}^{(2)2} t_{\phi}^{(2)} = f_2(2x_p, t_d), \quad (2)$$

где  $I_{\sim*}^{(2)}$  — установившийся ток прямой последовательности при двухполюсном коротком замыкании в относительных единицах, определенный по номограмме для реактанса  $2x_p$ .

Ориентировочный учет нагрева проводников двухполюсным током короткого замыкания можно производить при помощи коэффициента  $K$ , равного отношению:

$$K = \frac{A_2}{A_3} = f_3(x_p, t_d). \quad (3)$$

На рис. 1, 2, 3 и 4 построены значения этого коэффициента для различных типовых генераторов. Определение  $A_2$ ,  $A_3$  и  $t_{\phi}$  производилось по номограммам, приведенным в руководящих указаниях по расчету токов короткого замыкания.

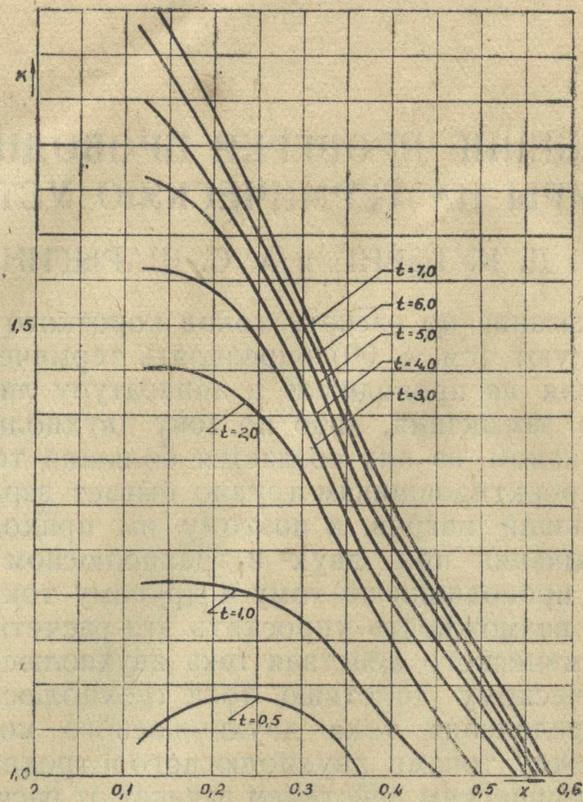


Рис. 1. Кривые поправок (для турбогенератора с регулятором напряжения)

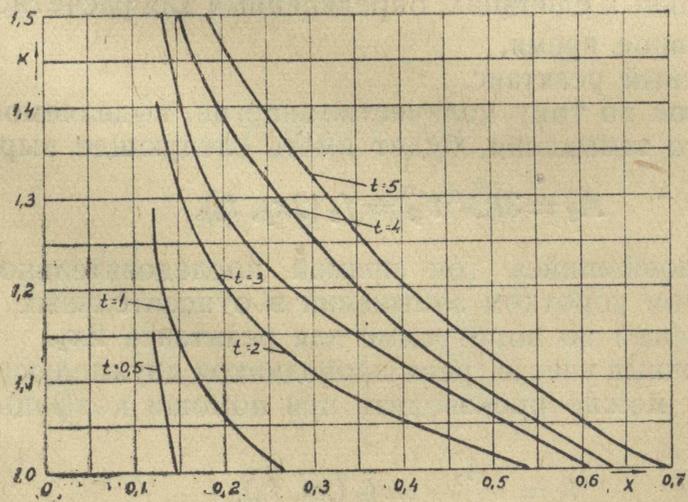


Рис. 2. Кривые поправок (для турбогенератора без регулятора напряжения)

На основании этих рисунков можно сделать следующие выводы:

1. Для всех типов генераторов существует некоторый критический реактанс  $x_{рк}$ , при котором нагрев проводников током двух- и трехполюсного короткого замыкания одинаков и, следовательно,  $K=1$ . Величина этого критического реактанса  $x_{рк}$  зависит от расчетного времени  $t_0$ , типа генератора и наличия у последнего АРН.

2. В том случае, когда расчетный реактанс  $x_p > x_{рк}$ , ток трехполюсного короткого замыкания оказывает большее термическое действие, чем

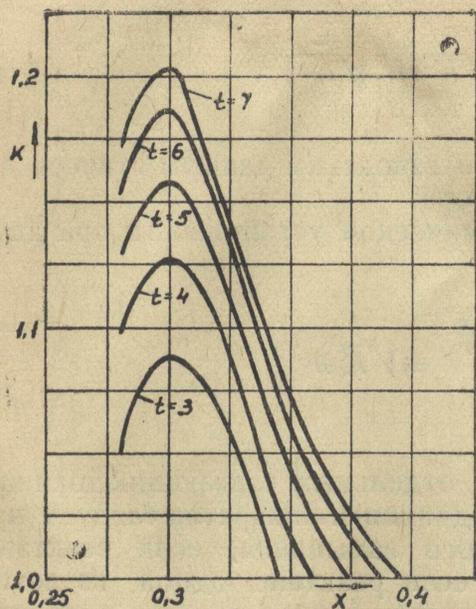


Рис. 3. Кривые поправок (для гидрогенератора с регулятором напряжения с демпферной обмоткой)

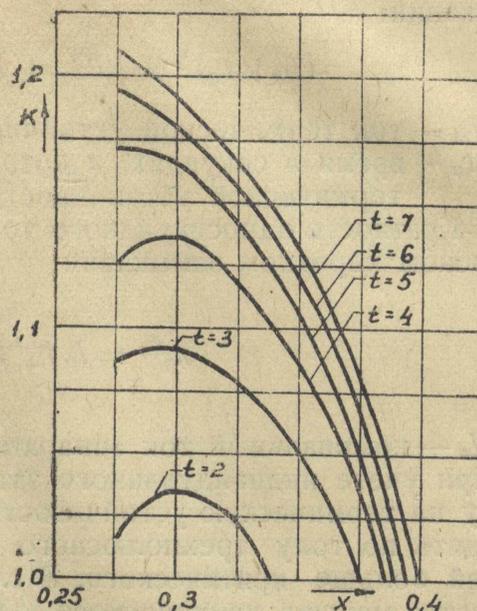


Рис. 4. Кривые поправок (для гидрогенератора с регулятором напряжения без демпферной обмотки)

ток двухполюсного и, следовательно, проверку на термическую устойчивость при этом следует производить лишь по току трехполюсного короткого замыкания.

3. При  $x_p < x_{рк}$  определяющим в отношении термической устойчивости является ток двухполюсного короткого замыкания. Однако нет необходимости при этом определять этот ток, так как количество энергии, выделенное током двухполюсного короткого замыкания,  $A_2$  можно определить через  $A_3$  умножением на  $K$ :

$$A_2 = KA_3 = K I_{\sim*}^{(3)2} t_{\phi}^{(3)}. \quad (4)$$

Величина  $K$  определяется в зависимости от  $x_p$  и типа генератора по одному из приведенных рисунков.

Для проверки проводников и аппаратов на термическую устойчивость широко применяются различные формулы. Ниже приводится переход от расчетных величин, определенных по этим формулам для трехполюсного короткого замыкания, к таковым при двухполюсном коротком при помощи коэффициента  $K$ .

1. Минимально необходимое сечение проводника из условия нагрева двухполюсным током короткого замыкания

$$q_m^{(2)} = I_0 I_{\sim*}^{(3)} \sqrt{\frac{K t_{\phi}^{(3)}}{A_{\Theta M} - A_{\Theta H}}} = \sqrt{K} q_m^{(3)}, \quad (5)$$

где  $I_0$  — базисный ток,

$A_{\theta m}$  и  $A_{\theta n}$  — величины, зависящие от максимально допустимой и начальной температуры проводника.

2. Пятисекундный ток термической устойчивости при двухполюсном коротком замыкании

$$I_5^{(2)} = I_6 I_{\sim}^{(3)} \sqrt{\frac{K t_{\phi}^{(3)}}{5}} = I_5^{(3)} \sqrt{K}. \quad (6)$$

3. Термическая устойчивость реактора при двухполюсном коротком замыкании:

$$(I_{tn} \sqrt{t_n})^{(2)} = I_6 I_{\sim}^{(3)} \sqrt{K t_{\phi}^{(3)}} = \sqrt{K} (I_{tn} \sqrt{t_n})^{(3)}, \quad (7)$$

где  $I_{tn}$  — ток термической устойчивости,

$t_n$  — время в секундах, к которому по заводским данным отнесен ток термической устойчивости реактора.

4. Кратность односекундного тока термической устойчивости при двухполюсном коротком замыкании:

$$n_1^{(2)} = I_6 I_{\sim}^{(3)} * \frac{\sqrt{K t_{\phi}^{(3)}}}{I_n} = \sqrt{K} n_1^{(3)}, \quad (8)$$

где  $I_n$  — номинальный ток аппарата.

При учете индивидуального затухания отдельных слагающих тока проверку на термическую устойчивость проводников и аппаратов следует производить по току трехполюсного короткого замыкания, если реактансы ветвей больше критического. В случае, если реактанс одной из ветвей окажется меньше критического, ориентировочный учет нагрева проводников токами двухполюсного короткого замыкания можно было бы производить по выражению (4), определив коэффициент  $K$  для этого наименьшего реактанса. При этом нужно иметь в виду, что выражение (4) даст завышенный результат. Если при такой проверке проводник окажется термически устойчивым, вопрос можно считать исчерпанным; если же проводник будет неустойчив, при необходимости можно сделать проверку его устойчивости по двухполюсному току короткого замыкания обычным методом.

Рекомендуемый выше метод учета нагрева проводников и аппаратов двухполюсным током короткого замыкания позволит значительно упростить расчеты, связанные с определением токов короткого замыкания и выбором электрооборудования распределительных устройств.