

УДК 621.315

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ТОКОПРОВОДОВ 6–10 КВ

Пономаренко Е.Г.

Гибкие токопроводы 6–10 кВ применяются на электростанциях и в схемах электроснабжения крупных промышленных предприятий. Особенностью их конструкции является наличие нескольких проводов в фазе и междуфазных изолирующих распорок, предотвращающих схлестывание фаз в результате электродинамического действия токов короткого замыкания (КЗ). На напряжении 6–10 кВ сравнительно небольшое междуфазное расстояние, поэтому гибкие токопроводы особенно подвержены электродинамическому действию токов короткого замыкания. Недопустимое сближение и схлестывание фаз гибкого токопровода 10 кВ, например, имело место в схеме электроснабжения ОАО «Могилевхимволокно» (по данным службы энергетика завода и РУП «БелНИПИэнергопром»). Причем повреждение наступило при небольшом токе 13 кА и продолжительности КЗ (t_k) 1,2 с. Расчет электродинамического действия токов КЗ на гибкие провода регламентируется международным стандартом, изданным техническим комитетом 73 МЭК, и ГОСТ 30323-95, действующем в Беларуси. Но объяснить случаи схлестывания и недопустимого сближения фаз гибких токопроводов 10 кВ при небольших токах КЗ указанные ГОСТы в полной мере не могут. В качестве критерия электродинамического действия токов КЗ ПУЭ вводит величину тока КЗ в 20 кА. Очевидно, что при этом не учитывается продолжительность и другие характеристики КЗ, расстояние между фазами и размеры пролета, влияющие на схлестывание фаз.

С учетом всего вышесказанного потребовалось математическое моделирование динамики токопровода в пределах целого пролета с учетом влияния гирлянд, распорок и геометрических особенностей его конструкции. Для этого на кафедре «Электрические станции» БНТУ был разработан численный алгоритм и компьютерная программа расчета сближения фаз гибких токопроводов 6–10 кВ в режиме двухфазного КЗ.

В разработанном численном алгоритме движение провода как упругой механической системы на участках между распорками и гирляндами под воздействием распределенных ЭДУ описывается нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных

$$\frac{\partial T}{\partial s} \cdot \frac{\partial \bar{R}}{\partial s} + T \frac{\partial^2 R}{\partial s^2} + \bar{F} + \bar{P} = \rho \frac{\partial^2 R}{\partial t^2},$$

где \bar{R} – радиус-вектор, определяющий мгновенное пространственное положение провода в точках его крепления к конструктивным элементам гибкого токопровода 10 кВ;

T – модуль тяжения провода, Н;

s – дуговая координата по проводу, м;

\bar{F} – удельное электродинамическое усилие, Н/м;

\bar{P} – сила веса провода, Н/м;

ρ – масса 1 метра провода.

По разработанной компьютерной программе в качестве примера был выполнен расчет динамики фаз гибкого токопровода ОАО «Могилевхимволокно». По результатам расчета была произведена оценка влияния количества междуфазных распорок на размах колебаний фаз в пролете длиной 80 м. При одной распорке, установленной в середине пролета, и токе КЗ равном 13,13 кА, электродинамическая стойкость гибкого токопровода обеспечивается только при небольшой продолжительности КЗ, не превышающей 0,1 с (рис. 1). При дальнейшем увеличении продолжительности КЗ расстояние между осями фаз при их сближении превышает минимально допустимое $A_{\min \text{ доп.}}$

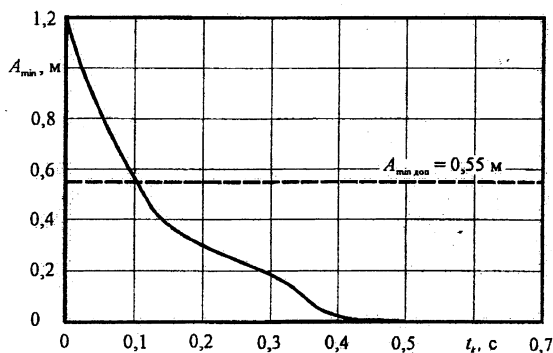


Рис. 1. Зависимость минимальных расстояний между осями соседних фаз A_{\min} от t_k при одной распорке в пролете в режиме двухфазного КЗ ($I_k^{(2)}=13,13$ кА)

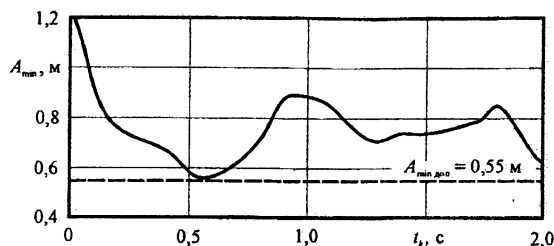


Рис. 2. Зависимость минимальных расстояний между осями соседних фаз A_{\min} от t_k при двух распорках в пролете в режиме двухфазного КЗ ($I_k^{(2)}=13,13$ кА)

Установка двух междуфазных распорок в 1/3 и 2/3 частях пролета существенно ограничивает размах колебаний проводов: наибольшее горизонтальное отклонение средней точки фазы в пролете при $t_k = 1,0$ с составляет 0,315 м. Из рис. 2 видно, что электродинамическая стойкость гибкого токопровода обеспечивается во всем рассматриваемом диапазоне t_k от 0,1 до 2,0 с.

Также сделано заключение о том, что в конструкции гибкого токопровода принят слишком большой шаг расщепления: $a_p = 0,4$ м. Его можно уменьшить до 0,12 м с использованием типовой распорки для ОРУ 110 кВ. В этом случае допустимый размах колебаний проводов составит 0,93 м вместо 0,65 м. В результате указанного технического решения при токе КЗ 13,13 кА и одной распорке в пролете недопустимое сближение фаз будет только при $t_k = 0,2$ с (см. рис. 1). При двух распорках пролете будет

большой запас электрической прочности промежутков между фазами (см. рис. 2).

С использованием компьютерной программы составлен обобщенный график зависимости максимального допустимого расстояния между междуфазными изолирующими распорками ($L_{\max \text{ доп}}$) от величины тока электродинамической стойкости пролета ($I_{\text{эд}}$) для разных продолжительностей КЗ t_k (рис. 3). Из него можно определить для конкретного пролета, не прибегая к сложным компьютерным расчетам.

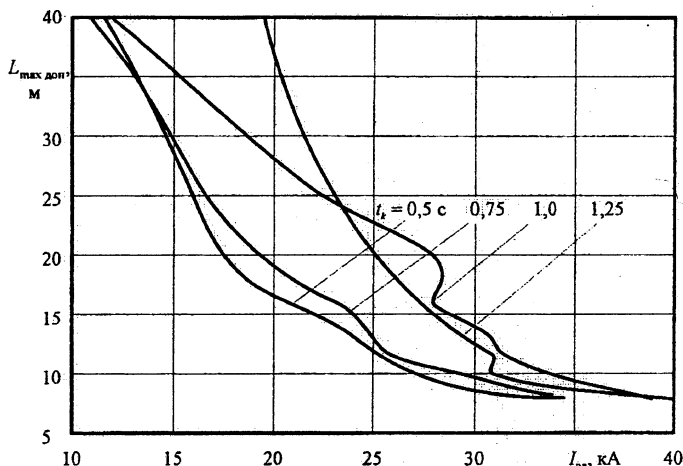


Рис. 3. Зависимости максимального допустимого расстояния между междуфазными изолирующими распорками $L_{\max \text{ доп}}$ от тока электродинамической стойкости $I_{\text{эд}}$ для разных продолжительностей КЗ

УДК 621.332.3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ТЯЖЕЛЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Дерюгина Е.А.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Электрифицированная железная дорога является потребителем первой категории и перерыв электроснабжения вызывает нарушения графика движения поездов. В отли-