

- предотвращение возникновений в сети высокочастотных перенапряжений при коммутациях вакуумными выключателями;
- рациональный выбор способов прокладки КПИ и сечения экранов;
- необходимость комплексной диагностики технического состояния КПИ и выбор оптимальных (неразрушающих) параметров профилактических испытаний.

Литература

1. Кадомская К.П., Качесов В.Е., Лавров Ю.А., Овсянников А.Г., Сахно В.В. Диагностика и мониторинг кабельных сетей среднего напряжения // Электротехника. – 2000. – № 11. – С. 48–51.
2. ТУ 16.К71-335-2004. Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10, 20, 35 кВ. Технические условия. – ОАО ВНИИКП.
3. Кадомская К.П., Кандаков С.А., Лавров Ю.А. Подводные кабельные линии. Экологические аспекты проектирования // Новости электротехники. – 2006. – № 4. – С. 88–91.
4. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Кандаков С.А. К вопросу об условиях прокладки кабелей с пластмассовой изоляцией в электрических сетях среднего напряжения // Новости электротехники. – 2006. – № 6. – С. 54–57.
5. РУКАВ/ID 23-2-019. Инструкция по прокладке кабелей силовых с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 10, 20 и 35 кВ. – АВВ-Москабель.
6. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Хорошева О.М. Анализ эффективности мер по ограничению токов в экранах при коротких замыканиях высоковольтных кабелей с пластмассовой изоляцией // Электротехника. – 1988. – № 12. – С. 2–5.
7. Кадомская К.П., Лавров Ю.А., Хорошева О.М. Анализ величин токов, протекающих по экранам кабелей высокого напряжения с пластмассовой изоляцией в нормальных и аварийных режимах // Электротехника. – 1989. – № 1. – С. 19–23.
8. СО 34.45.-51.300-97 (РД 34.45-51.300-97). Объем и нормы испытаний электрооборудования. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

УДК 611.311

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ РАСЩЕПЛЕННЫХ ПРОВОДОВ ГИБКИХ ШИН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Лешкович Н.П.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

Расчет электродинамической стойкости расщепленных проводов РУ заключается в проверке их схлестывания и механической прочности. Для этого нужно определить наибольший размах колебаний проводов и максимальные механические усилия в проводах фазы. Экспериментально подтверждено, что траектории движения расщепленных фаз при КЗ аналогичны движению одиночных проводов с эквивалентными массами. Основываясь на этом выводе, наибольший размах колебаний расщепленной фазы, а также максимальные механические усилия вычисляются с помощью алгоритма, основанного на представлении фазы одиночным эквивалентным проводом. Особенностью поведения расщепленной фазы при КЗ является то, что на взаимодействие фаз гибкой шинковки накладывається взаимодействие составляющих их проводов. В результате провода расщепленной фазы под действием результирующих ЭДУ двигаются по разным траекториям, и как показывают экспериментальные данные, в ряде случаев происходит их схлестывание. При достаточно больших токах КЗ схлестывание проводов происходит на большей части пролета. В момент максимального стягивания проводов в точке под действием внутрифазных ЭДУ происходит значительное увеличение тяжести фазы. Стягивание проводов фазы при КЗ на большей части пролета обуславливает

большие силы сжатия, действующие на дистанционные распорки. Эти силы при токе КЗ равном 60 кА достигают 15 кН. При наступлении схлестывания проводов фазы фиксируется время их схлестывания и дальнейший расчет механических усилий ведется приближенно в соответствии с изложенной ниже методикой.

При расчете максимального тяжения в расщепленной фазе РУ и ВЛ при КЗ предполагается, что оно наступает в момент предельного стягивания и расчетные формулы выводятся для положения равновесия провода (рисунок 1).

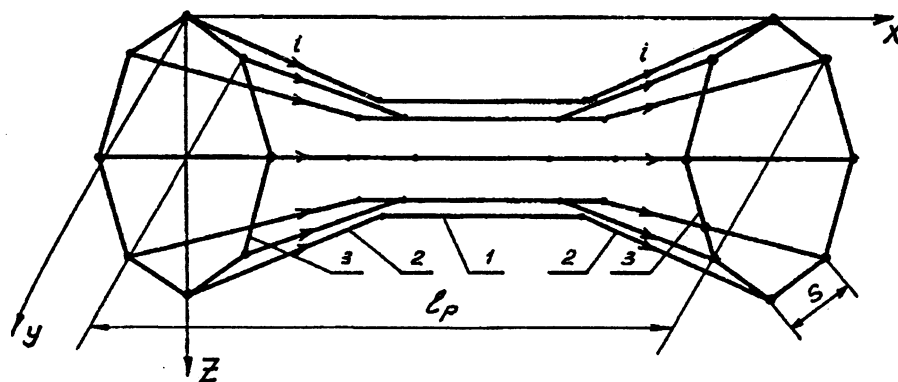


Рис. 1. Состояние предельного стягивания расщепленной фазы:
1 – схлестнувшиеся участки проводов; 2 – несхлестнувшиеся участки проводов;
3 – распорки; S – шаг расщепления; l_p – длина подпролета

Допускается, что в момент максимального стягивания проводов в фазе имеет место равновесие приложенных к ним сил и моментов этих сил. Поскольку провода расположены в вершине правильного многоугольника, достаточно рассматривать равновесие одного провода фазы (рисунок 2)

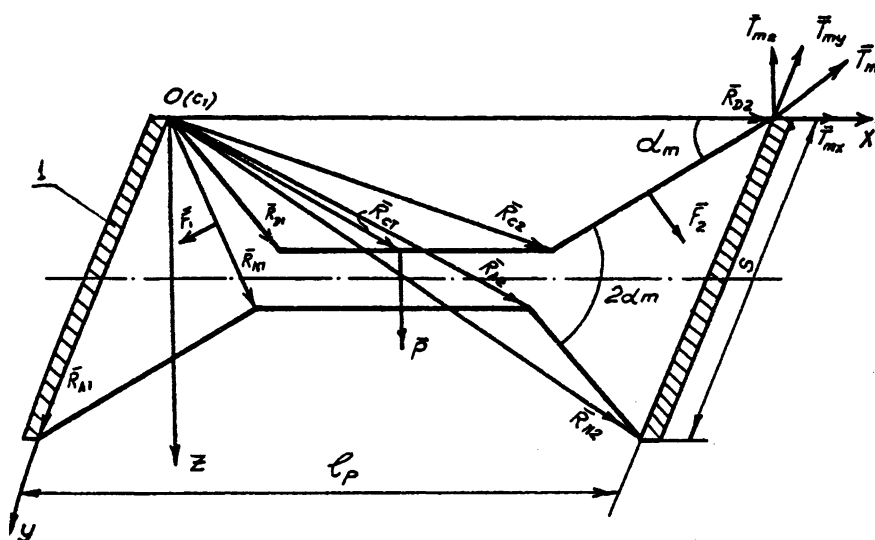


Рис. 2. Определение суммарного момента при предельном стягивании проводов в расщепленной фазе: 1 – распорка

На участок провода $C_1D_1C_2D_2$ (рисунок 2) в подпролете действуют следующие силы: ЭДУ от всех остальных проводников в подпролете (\bar{F}); тяжение, действующее по касательной к проводу в точке крепления распорки под углом α_{max} и горизонтали (\bar{T}_{max}); вес провода (\bar{P}).

Поэтому уравнение равновесия моментов, приложенных к проводу $C_1D_1C_2D_2$ сил записывается в следующем виде:

$$M_{Fj} + M_{Tj} + M_{Pj} = 0, \quad j = x, y, z, \quad (1)$$

где M_{Fj} , M_{Tj} , M_{Pj} – моменты сил \bar{F} , \bar{T}_{\max} и \bar{P} относительно точки C_1 (рисунок 2).

Момент M_{Fj} от действия ЭДУ на провод $C_1D_1C_2D_2$ определяется по выражению:

$$M_{Fj} = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^n M_{ikj}, \quad j = x, y, z,$$

где n – количество проводов в расщепленной фазе;

k – количество схлестнувшихся участков провода в подпролете;

M_{ikj} – составляющая момента действия ЭДУ от i -го провода на k -ый участок провода $C_1D_1C_2D_2$.

Значение M_{ikj} можно определить по выражению:

$$M_{ikj} = \int_0^1 \Delta M_{ikj}, \quad i = 1, n-1, \quad k = 1, 2, \quad j = x, y, z, \quad (2)$$

где ΔM_{ikj} – алгебраическое дополнение для соответствующей координаты следующего определителя.

Интеграл (2) в общем виде не решается. Для конкретного расположения проводников необходимо подставить их координаты в подынтегральное выражение, после чего можно получить первообразную. Он легко вычисляется по методу трапеций.

Момент вектора \bar{T}_{\max} относительно точки C , определяется по формуле:

$$\bar{M}_T = \bar{R}_L \times \bar{T}_{\max},$$

где \bar{R}_L – радиус-вектор, проведенный из точки C в точку приложения вектора \bar{T}_{\max} .

Вектор тяжения \bar{T}_{\max} можно разложить на вертикальную и горизонтальную составляющие V_{\max} и H_{\max} (рисунок 1). Это позволяет определить значение V_{\max} по известной горизонтальной составляющей и углу наклона касательной:

$$V_{\max} = H_{\max} \operatorname{tg} \alpha_{\max}.$$

Отсюда уравнение (1) можно записать в виде:

$$M_{Tj} = \Delta_{Tj}, \quad j = x, y, z,$$

где Δ_{Tj} – алгебраическое дополнение определителя Δ_T при раскрытии его по соответствующей координате:

$$\Delta_T = \begin{vmatrix} x & y & z \\ R_{Lx} & R_{Ly} & R_{Lz} \\ H_{\max} & V_{\max} & Q_{\max} \end{vmatrix}.$$

Момент вектора \bar{P} определяется по формуле:

$$\bar{M}_P = \bar{R}_G \times \bar{P},$$

где \bar{R}_G – радиус-вектор, проведенный из точки C в точку приложения вектора \bar{P} .

Аналогично (1) можно представить в следующем виде:

$$M_{Pj} = \Delta_{Pj}, \quad j = x, y, z,$$

где Δ_{Pj} – алгебраическое дополнение определителя Δ_P при раскрытии его по соответствующей координате:

$$\Delta_P = \begin{vmatrix} x & y & z \\ R_{Gx} & R_{Gy} & R_{Gz} \\ P_x & P_y & P_z \end{vmatrix}.$$

Вес провода определяется по справочным данным для заданной марки провода. Дополним уравнение (1) условиями упругой деформации растяжения прилегающих к распоркам участков провода по закону Гука:

$$\Delta H = \frac{\Delta L}{l} EA,$$

где

$$\Delta H = H_{\max} - H_0;$$

H_{\max} – максимальное тяжение провода при схлестывании, Н;

H_0 – начальное тяжение провода, Н;

$$\Delta L = L_{\max} - L_0;$$

L_{\max} – максимальная длина провода при схлестывании в подпролете, м;

L_0 – первоначальная длина провода в подпролете, м;

l – длина пролета, м;

E – модуль упругости провода, Н/мм²;

A – поперечное сечение провода, мм².

После некоторых преобразований получим:

$$H_{\max} = H_0 + \frac{EA}{l} \left(\frac{2}{3} S \operatorname{tg} \alpha_{\max} - \frac{q^2 l^3}{24 H_0^2} \right). \quad (3)$$

Уравнения (3) и (1) образуют систему трансцендентных уравнений относительно неизвестных H_{\max} и α_{\max} . Приведем ее к виду удобному для решения методом половинного деления. Для этого подставим H_{\max} из (3) в уравнение (1) и решим (1) относительно α_{\max} . После достижения заданной точности итерационного решения трансцендентного уравнения (1) определяем и силу сжатия распорки (F_p). Расчет H_{\max} производится по выражению (3), а F_p по формуле:

$$F_p = 2H_{\max} \operatorname{tg} \alpha_{\max}.$$

Литература

1. ГОСТ 30323-95. Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического действия токов короткого замыкания. – Введ. 01.03.99. – Минск, 1999.
2. Сергей И.И., Пономаренко Е.Г., Саммур Вайль Махмуд. Оценка сближения проводов распределительных устройств электростанций по допустимому импульсу электродинамических усилий // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2004. – № 4. – С. 5–9.

УДК 621.316.933

ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННО-ИСКРОВЫХ РАЗРЯДНИКОВ

Пашкович Н.П.

Научный руководитель – ДЕРЮГИНА Е.А.

Применение длинно-искровых разрядников (РДИ) – эффективный способ защиты воздушных линий электропередачи (ВЛ) и электрических сетей 6–35 кВ от грозových