

отходящих газов, то они и были выбраны в качестве факторов варьирования. Область варьирования факторов определялась из условия максимальных значений концентраций оксидов азота в ОГ.

УПРОЩЕННАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Сергей И.И., Андрукевич А.П.,

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Согласно ГОСТу [1] электродинамическая стойкость проводов оценивается по максимальным тяжениям и отклонениям проводов. В существующих методах расчет максимального тяжения выполняется без учета криволинейности траектории движения провода при коротком замыкании и влияния на нее конструктивных элементов гибкой ошиновки распределительных устройств [2].

После отключения короткого замыкания (КЗ) в момент падения проводов появляется максимум тяжения T_{\max} , который имеет наибольшее значение, когда вся накопленная токоведущими конструкциями потенциальная энергия при и после КЗ $E_{\text{п max}}$ преобразуется в энергию упругих деформаций проводов и опор E_y . Доклад посвящен дальнейшему развитию и совершенствованию упрощенного метода расчета максимального тяжения гибкой ошиновки.

При максимальном угле отклонения провода, лежащего в диапазоне 50° – 140° , он после КЗ перемещается по наклонной криволинейной траектории. В этом случае T_{\max} соответствует участку BC на рисунке 1 и в точке C тяжение имеет свое наибольшее значение. В пределе при вертикальном падении провода получим максимально возможное тяжение после КЗ. Однако в действительности провод всегда перемещается по наклонной криволинейной траектории из-за наличия запасенной при КЗ кинетической энергии движения и угол его падения $\delta_{\text{над}}$ не равен нулю. Поскольку данный угол из-за криволинейности траектории

движения провода является переменным, то в упрощенном расчете определяется средняя величина этого угла. Для нахождения среднего угла δ_{nad} соединяем точки наивысшего подъема и наинизшего опускания провода прямой линией. Угол между этой линией и вертикалью представляет средний угол падения.

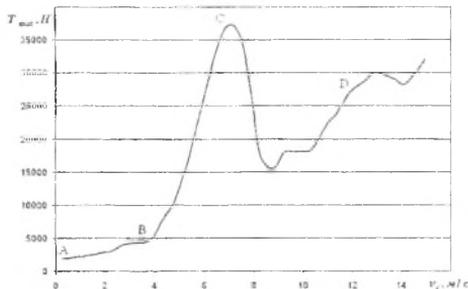


Рисунок 1 – Зависимость максимального тяжения от скорости движения v_k (провод АС-500/27, пролет длиной 45 м, продолжительность КЗ 0,2 с).

Из равенства величин энергий E_y и $E_{п max}$ после преобразований получим формулу для определения максимального тяжения проводов

$$T_{max} = \sqrt{T_0^2 + 13,08 \cdot E \cdot A \cdot f_0 \cdot \rho \cdot (\cos \delta_{nad} - \cos \delta_{max})}. \quad (1)$$

Как видно из формулы (1) точность расчета максимального тяжения зависит от точности определения углов δ_{nad} и δ_{max} . Максимальный угол отклонения плоскости провода определяется из уравнения энергетического баланса провода после КЗ и имеет следующий вид

$$\delta_{max} = \arccos(\cos \delta_k - 0,06116 \cdot v_k^2 / f_0). \quad (2)$$

С помощью вычислительного эксперимента по компьютерной программе получен универсальный график зависимости угла падения провода δ_{nad} от максимального угла отклонения, представленный на рисунке 2.

После анализа результатов вычислительного эксперимента и обработки, полученных данных, формула (1) была модифицирована и в общем случае для

расчета максимального тяжения в случае жесткого закрепления проводов она имеет следующий вид

$$T_{\max} = \cos^n \delta_{\text{над}} \cdot \sqrt{T_0^2 + 13,08 \cdot E \cdot A \cdot f_0 \cdot \rho \cdot (1 - \cos \delta_{\max})}, \quad (3)$$

где n – показатель степени; $n=3$, если $\delta_{\max} \leq 100^\circ$; $n=1$, если $\delta_{\max} > 100^\circ$.

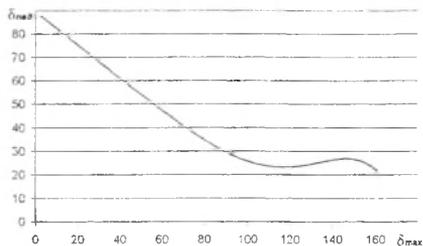


Рисунок 2 – Зависимость угла падения от максимального угла отклонения провода.

Для учета влияния гирлянд изоляторов на величину максимального тяжения вычислительным экспериментом получен поправочный коэффициент k_2 , равный $k_2 = (\sqrt{f_0})^{-1}$. Модифицированная формула для расчета максимального тяжения с учетом гирлянд изоляторов имеет следующий вид

$$T_{\max} = k_2 \cdot \cos^2 \delta_{\text{над}} \cdot \sqrt{T_0^2 + 13,08 \cdot E \cdot A \cdot f_0 \cdot \rho \cdot (1 - \cos \delta_{\max})}. \quad (4)$$

В общем случае с учетом гирлянд изоляторов и жесткости порталов максимальное тяжение будет определяться по следующей формуле

$$T_{\max} = k_2 \cdot \cos^n \delta_{\text{над}} \cdot \sqrt{T_0^2 + 13,08 f_0 \rho I K_{\text{оп}} \cdot \frac{EA}{(IK_{\text{оп}} + EA)} \cdot (1 - \cos \delta_{\max})}, \quad (5)$$

где n – показатель степени; $n=1$, если $\delta_{\max} \leq 70^\circ$; $n=2$, если $\delta_{\max} > 70^\circ$.

Литература

1. ГОСТ 30323–95. Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания. – Введ. 01.03.1999. – Мн.: 1999. – 57 с.

2. Сергей И. И., Андрукевич А. П., Пономаренко Е. Г. Упрощенный расчет максимальных тяжений проводов на двух стадиях их движения при коротком замыкании // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 6. – С. 12–16.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛЯСКИ ОДИНОЧНЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП С УЧЕТОМ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ

Сергей И.И., Климкович П.И.,

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Пляска проводов возникает при сочетании односторонних гололедных отложений на проводах толщиной от 3 до 20 мм и скоростей ветра 6–20 м/с [1]. Около 40 % всех гололедных аварий на ЛЭП обусловлено воздействием пляски проводов. Наибольшее число случаев пляски приходится на ВЛ 35 и 110 кВ в пролетах от 100 до 200 м с двойной амплитудой колебаний не более 4 м.

Для ограничения и гашения колебаний используются механические гасители пляски, оснащенные устройствами демпфирования [2]. Наиболее простыми из них является эксцентричные грузы. Исследования эффективности механических гасителей пляски проводятся в странах Европейского Союза, США (EPRI) и в Канаде (Ontario Hydro). Метод эксцентричных грузов был успешно использован в энергосистемах Японии специалистами фирмы Fujikura Ltd. [2].

В докладе излагается численный метод оценки эффективности механических гасителей колебаний, пригодный для постановки вычислительного эксперимента пляски проводов воздушных ЛЭП. На основе принципов математического моделирования динамики токоведущих конструкций, предложенных в [3], получены уравнения пляски проводов и динамики механического гасителя с маятником и упруго-вязким демпфером для одиночного провода. Гасители разбивают провода на участки. Положение концов участка провода и зажимов гасителей колебаний совпадают. Поэтому их координаты и углы поворота бу-