

УДК 621.315.176

РАСЧЕТ СОСТАВЛЯЮЩИХ УСИЛИЙ ОТ ОТПАЙКИ  
НА ОШИНОВКУ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА  
CALCULATION OF THE COMPONENT FORCES FROM THE TAP  
ON SUBSTATION BUSBARS

Бладыко Ю.В., к-т. техн. наук, доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Y. Vladyko, Candidate of Technical Sciences, Docent,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация.* Даны формулы расчета составляющих усилий на ошиновку от отпайки к электрическому аппарату, расположенной в середине пролета, для разных вариантов ориентации отпайки. Знание значений составляющих сосредоточенных сил от отпайки позволяет повысить точность расчета стрел провеса и тяжений токопроводов.

*Abstract.* Formulas for calculating the components of the efforts on the busbar from the tap to the electrical apparatus located in the middle of the span are given for different variants of the orientation of the tap. Knowledge of the values of the components of concentrated forces from the tap allows to increase the accuracy of calculating the sag and tensions of the conductors.

Ключевые слова: стрела провеса, тяжение, гирлянды изоляторов, пролет, отпайка.

Keywords: sag, tension, insulator strings, span, tap.

## ВВЕДЕНИЕ

В [1] рассматривается наличие сосредоточенных нагрузок, равномерно размещенных в пролете. Показано, что самые большие погрешности от их замены на распределенные нагрузки вдоль пролета имеют место при одной сосредоточенной силе. Большое внимание уделяется горизонтальным составляющим усилий от ветра на конструктивные элементы РУ [2]. Там же было рекомендовано принимать в проектной практике направление ветра в сторону действия горизонтальных сосредоточенных сил, так как в этом случае получаются наибольшие горизонтальные отклонения и коэффициенты нагрузки. Напротив, снижение коэффициентов горизонтальной нагрузки происходит при разгрузке токопровода от встречных направлений действия ветра и горизонтальных сосредоточенных сил [2].

Сложность при механическом расчете гибкой ошиновки распределительных устройств (РУ) заключается в том, что неизвестны составляющие усилий от отпайки  $P_y$  и  $P_z$ , зависящие от реального расположения отпайки, его натяжения, которое, в свою очередь, зависит от координат точки крепления.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Ниже приводятся формулы для оценки усилий от отпайки в середине пролета (рис. 1).

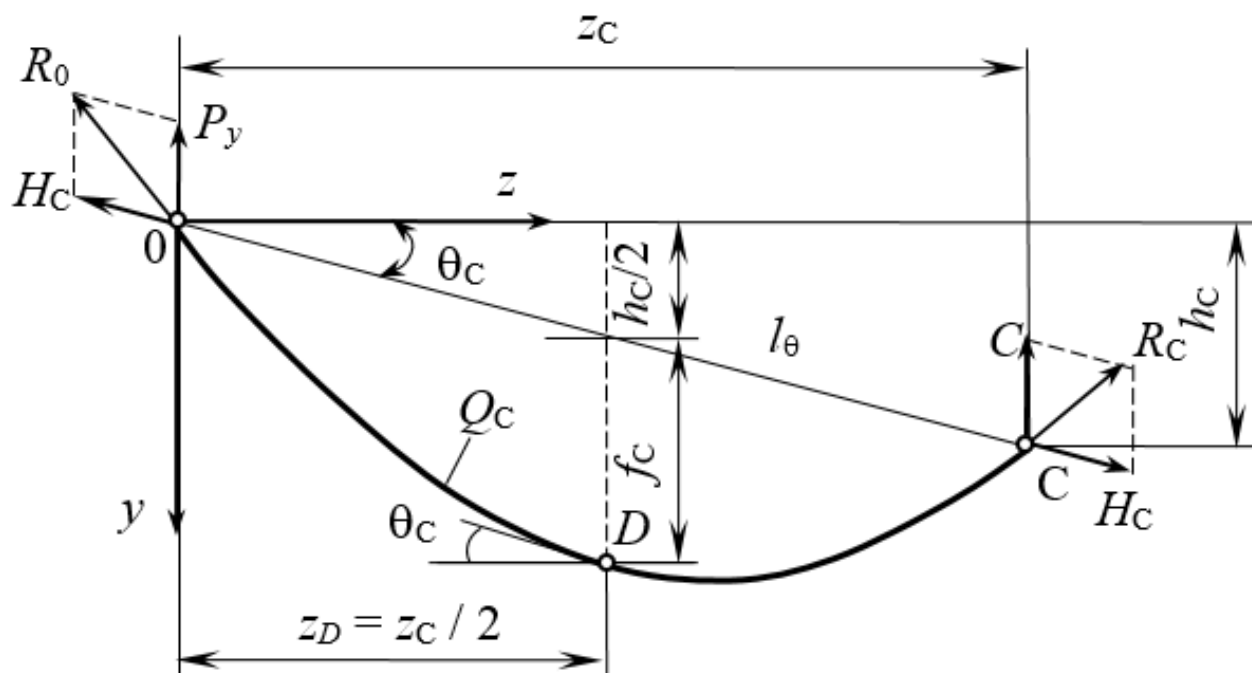


Рисунок 1 – Расчетная схема отпайки к электрическому аппарату: 0 – точка крепления отпайки к токопроводу, С – точка крепления отпайки к аппарату

Допускается, что отпайка к электрическому аппарату выполнена тем же проводом, что и токопровод РУ, и на нее действуют те же распределенные нагрузки от веса, гололеда и ветра. Отпайку можно рассматривать как гибкую нить с малой стрелой провеса [3]. Тогда усилия на ошиновку и аппарат можно приравнять к реакциям балочной модели на точки крепления. Для первого приближения предлагается использовать выражения:

$$P_y = q_y \cdot \sqrt{z_C^2 + \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} \right)^2}; \quad (1)$$

$$P_z = q_z \cdot \sqrt{z_C^2 + \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} \right)^2}, \quad (2)$$

где  $z_C$  – горизонтальное расстояние от оси пролета до электрического аппарата (со знаком «плюс» при направлении отпайки по оси  $z$ , со знаком «минус» – в противоположном направлении);

$q_y$  – погонный вес провода;

$q_z$  – погонная нагрузка от ветра на провод;

$H_A, H_B$  – высоты подвеса провода на опорах А и В;

$H_{\text{ап}}$  – высота электрического аппарата.

После предварительного расчета по формулам (1) составляющие можно уточнить

$$P_y = q_y \cdot \sqrt{(z_C - z_0)^2 + \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} - y_0 \right)^2}; \quad (3)$$

$$P_z = q_z \cdot \sqrt{(z_C - z_0)^2 + \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} - y_0 \right)^2}, \quad (4)$$

либо по [3]:

$$P_y = \frac{q_y |z_C - z_0|}{2} \cdot \left[ 1 + \frac{0,5(H_A + H_B) - H_{\text{ап}} - y_0}{4f_C} \right]; \quad (5)$$

$$P_z = \frac{q_z [0,5(H_A + H_B) - H_{\text{ап}} - y_0]}{2} \cdot \left[ 1 + \frac{(z_C - z_0) \cdot \text{sign}(q_z)}{4f_C} \right], \quad (6)$$

где  $f_C$  – стрела провеса отпайки;

$y_0, z_0$  – отклонения точки крепления отпайки;

$\text{sign}(q_z)$  – знак погонной нагрузки  $q_z$ .

Формулами (5) и (6) можно воспользоваться, если известна стрела провеса отпайки.

Так как отпайки монтируют практически без натяжения, определение стрелы провеса затруднительно. При изменении климатического режима меняется положение отпайки и ее натяжение.

Длину отпайки ориентировочно можно определить по формуле [3]

$$L_C = \frac{|z_C - z_0|}{\cos \theta_C} + \frac{8}{3} \frac{f_C^2}{|z_C - z_0|} \cos^3 \theta_C, \quad (7)$$

где

$$\cos \theta_C = \frac{|z_C - z_0|}{l_\theta} = \frac{|z_C - z_0|}{\sqrt{(z_C - z_0)^2 + [0,5(H_A + H_B) - H_{\text{ап}} - y_0]^2}}.$$

При больших углах наклона пролета отпайки  $\theta_C$  (см. рис. 1) и килевом расположении отпайек формулы (5–7) дают большую погрешность или даже ими нельзя воспользоваться.

При вертикальном расположении отпайки ( $z_C = 0$ ):

$$P_y = q_y \cdot \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} - y_0 \right); \quad (8)$$

$$P_z = 0,5 \cdot q_z \cdot \left( \frac{H_A + H_B}{2} - H_{\text{ап}} - y_0 \right). \quad (9)$$

Коэффициент 0,5 в формуле (9) связан с практическим равенством усилий на провод и электрический аппарат при воздействии ветра на отпайку.

Если провода отпайки отличаются от токопровода, например, числом расщепленных проводов или маркой, то в формулы (1–9) подставляются погонные нагрузки, действующие на отпайку в рассчитываемом климатическом режиме.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Даны формулы расчета составляющих усилий на ошиновку от отпайки для разных вариантов ориентации отпайки. Знание значений составляющих сосредоточенных сил от отпайки позволяет повысить точность расчета стрел провеса и тяжений токопроводов. Эти составляющие сил от отпайки дают уточненные коэффициенты увеличения стрелы провеса и нагрузки, что позволяет их использоваться в уравнениях состояния для определения тяжений в других климатических режимах. Даются примеры применения расчетных формул для различных вариантов расположения отпайек: по ветру, против ветра и при вертикальном расположении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бладыко, Ю.В. Механический расчет гибких токопроводов при замене сосредоточенных сил распределенной нагрузкой / Ю.В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2018. Т. 61, № 2. С. 97–107.
2. Бладыко, Ю.В. Механический расчет гибких токопроводов при наличии горизонтальных сосредоточенных нагрузок / Ю.В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2020. Т. 63, № 6. С. 500–514.
3. Качурин, В.К. Гибкие нити с малыми стрелками / В.К. Качурин. М.: Гостехиздат, 1956. 224 с.