

# ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ШИН С УЧЕТОМ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОРУ

*Е.Г. Пономаренко*

Научный руководитель – д.т.н., доцент *И.И. Сергей*  
*Белорусский национальный технический университет*

В соответствии с рекомендациями СИГРЭ, МЭК, а также ГОСТа 30323-95, впервые введенного в республике Беларусь с 01.01.1999 года, для расчета электродинамической стойкости гибких шин ОРУ рекомендуются численные методы расчета.

В основу метода положена расчетная модель провода в виде абсолютно гибкой нити, уравнение динамики которой имеет вид

$$T \frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial s_0^2} + \bar{F} = \rho \frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial t^2},$$

где  $\bar{R}[x, y, z]$  – радиус-вектор мгновенного положения элемента провода;  $T$  – тяжеие провода;  $\rho$  – масса 1 м провода;  $\bar{F}$  – удельное электродинамическое усилие.

При расчете ЭДУ в токоведущих конструкциях с гибкими проводами, расстояния между которыми в десятки и сотни раз превышают их диаметр, провода считаются бесконечно тонкими. В общем виде в системе  $n$  гибких проводов суммарные ЭДУ на единицу длины  $k$ -го провода определяются по выражению

$$\bar{F}_k = \sum_{j=1}^n d\bar{F}_{kj} / ds_k,$$

где  $ds_k$  – длина элемента  $k$ -го провода;  $d\bar{F}_{kj}$  – ЭДУ на элемент длины  $k$ -го провода от  $j$ -го (при  $k \neq j$ ); при  $k = j$  – собственные ЭДУ, обусловленные криволинейностью провода.

Согласно закону Био, Савара и Лапласа ЭДУ, действующие на элемент  $k$ -го проводника в поле  $j$ -го, определяются по выражению

$$d\bar{F}_{kj} = \frac{\mu_0 i_k i_j}{4\pi} \left[ d\bar{s}_k \times \int_j \frac{d\bar{s}_j \times \bar{R}_{jk}}{|\bar{R}_{jk}|^3} \right],$$

где  $i_k, i_j$  – мгновенные значения токов во взаимодействующих проводниках.

Для нахождения векторов элементов длины взаимодействующих проводников  $d\bar{s}_k$  и  $d\bar{s}_j$  берется производная от векторной функции скалярного аргумента

$$d\bar{s} = \left( \frac{d\bar{R}}{ds} \right) ds.$$

Векторная функция  $\bar{R}(s)$  между элементами проводников с токами вычисляется по выражению

$$\bar{R}_{jk} = \bar{R}_k - \bar{R}_j.$$

При разработке алгоритма использованы явная и неявная схемы конечно-разностного метода. Были составлены две модификации компьютерной программы, результаты расчета по которой согласуются с опытными данными Бельгийской лаборатории LABORELEC (табл. 1).

Таблица 1.

Параметры провода	Западный			Восточный		
	Опыт	Расчет	Расхожд, %	Опыт	Расчет	Расхожд, %
$T_{\max}$ , кН	16,0	18,1	-13,3	16,0	16,2	-1,6
$U_{\max}$ , М	1,33	1,325	0,3	1,2	1,25	4,2

КП BUSEFM используется в проектной практике и в ходе дипломного проектирования.