

УДК 621.316

## УЧЕТ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ НАДСТАВОК СБОРНЫХ ШИН ПРИ ОЦЕНКЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ КРУ 6–10 КВ

Алехнович А.С., Баран А.Г.

Научный руководитель – д.т.н., профессор СЕРГЕЙ И.И.

Особенностью современных шкафов КРУ является расположение сборных шин по вершинам треугольника, углы которого не равны  $90^\circ$  и  $60^\circ$ . Сборные шины комплектных камер крепятся к опорно-проходным изоляторам с помощью надставок и пропускаются через стальные перегородки через специальные резиновые вкладыши, допускающие прогибы шин до 11–13 мм во всех направлениях. Опорные сечения шин, в которых приложены изгибающие электродинамические нагрузки, действующие на изоляторы, смещены относительно их вершин на длину надставок, которая достигает 0,5 м. В связи с этим повышается риск нарушения механической прочности изоляторов при больших токах короткого замыкания.

Шины вместе с надставками и опорно-проходными изоляторами образуют единую колебательную систему при коротком замыкании. Упругие длинные надставки могут существенно повлиять на частоту колебаний шин [1, 2]. Для оценки этого влияния составлено математическое описание задачи, которое включает в себя уравнения колебаний сборных шин и надставок, представленных упругими стержнями. Согласно [3] изоляторы на напряжение 10 кВ являются жесткими и их колебаниями можно пренебречь.

При формулировке задачи используется принцип связей механики. В соответствии с ним действие сборных шин на надставки заменяется реакциями связей. По отношению к надставкам они являются внешними силами, под действием которых надставки, представленные в расчетах консолью с одним зашечленным и другим свободным концами совершают упругие колебательные движения при коротком замыкании. Учет колебаний надставок (стержней) согласно рекомендациям ГОСТ [4] выполняется приближенно в соответствии со схемой рисунка 1.

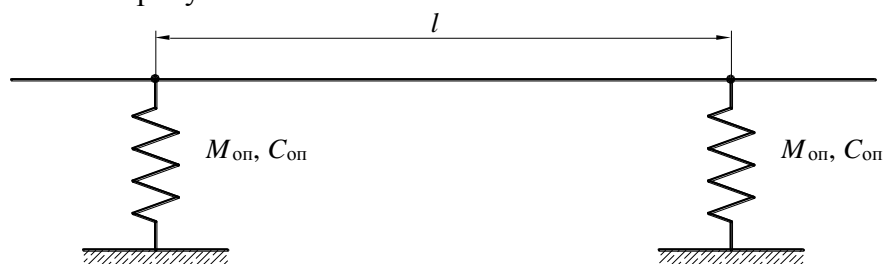


Рисунок 1 – Расчетная схема шинной конструкции с упруго-податливыми основаниями

Определение приведенной массы стержня-надставки  $M_{\text{оп}}$  производится из условия равенства жесткости  $C_{\text{оп}}$  и основной собственной частоты колебаний консоли с распределенной массой и расчетной модели изолятора с сосредоточенной массой  $M_{\text{оп}}$ . Приведенная масса надставки по оси  $x$  определяется по формуле, приведенной в ГОСТ [4]

$$M_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{оп}}}{(2\pi f_{\text{оп}})^2},$$

где  $f_{\text{оп}}$  – основная частота собственных колебаний стержня надставки, Гц.

Величину  $f_{\text{оп}}$  можно определить по формуле [5]

$$f_{\text{оп}} = \frac{r_1^2}{2\pi l_{\text{оп}}^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}},$$

где  $r_1 = 1,875$  – корень характеристического уравнения колебаний консоли;

$E$  – модуль упругости материала надставки, Па;

$J$  – момент инерции поперечного сечения, м<sup>4</sup>;

$m$  – масса единицы длины стержня надставки, кг/м.

Жесткость надставки равна

$$C_{\text{оп}} = \frac{3,01 \cdot EJ}{l_{\text{оп}}^3}.$$

После определения приведенной массы  $M_{\text{оп}}$  и жесткости  $C_{\text{оп}}$  надставок находятся

отношения  $\alpha_1 = \frac{C_{\text{оп}} l_{\text{оп}}^3}{EJ}$  и  $\alpha_2 = \frac{M_{\text{оп}}}{m l_{\text{оп}}}$  и по зависимости  $r_1 = f(\alpha_1)$  при различных  $\alpha_2$

выбирается параметр  $r_1$  [4, 6]. По корню  $r_1$  находится основная частота собственных колебаний шины и динамический коэффициент  $\eta$ . Влиянием упругих колебаний надставок по оси  $y$  пренебрегаем, так как они в этом направлении имеют высокую жесткость, обусловленную продольной жесткостью стержня на растяжение или сжатие.

### Литература

1 Стрелюк, М.И. Расчет электродинамической стойкости жесткой ошиновки произвольной конфигурации / М.И. Стрелюк, И.А. Прима // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). – 1990. – № 5 – С. 9–13.

2 Стрелюк, М.И. Динамическая стойкость токоведущих конструкций с жесткой ошиновкой пространственной конфигурации / М.И. Стрелюк, И.А. Прима // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). – 1991. – № 5. – С. 3–9.

3 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2003. – 506 с.

4 ГОСТ 30323-95. Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания. – Введ. 01.03.1999. – Минск : Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2004. – 37 с.

5 Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко. – М. : Наука, 1967. – 444 с.

6 Долин, А.П. Открытые распределительные устройства с жесткой ошиновкой / А.П. Долин, Г.Ф. Шонгин. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.