

УДК 621.316

ВЫБОР РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ШИННОЙ КОНСТРУКЦИИ КОМПЛЕКТНЫХ ШКАФОВ К-БЭМН


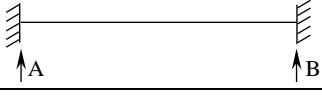
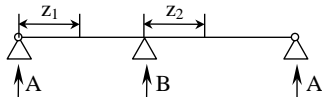
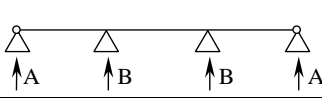
Баран А.Г., Алехнович А.С., Климкович И.П.

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

Исследования сборных шины комплектного распределительного устройства К-БЭМН на 10 кВ с номинальным током 3150 А обусловлены необходимостью проверки шкафов на электродинамическую стойкость при токе короткого замыкания (КЗ) равном 64 кА. Этим требованиям удовлетворяют составные медные шины из двух прямоугольных полос размерами $2 \times (100 \times 10) \text{ мм}^2$, номинальный ток которых равен 3610 А при стандартных условиях окружающей среды [1]. Масса 1 метра однополосной шины $(100 \times 10) \text{ мм}^2$ равна 8,9 кг/м, а допустимое механическое напряжение изгиба шин марок МГМ, МГТ и ШМТ составляет 171,5–212 МПа [1, 2].

Проводники ответвлений к электрическим аппаратам в линейных шкафах К-БЭМН выполнены медными стержнями с размерами $(34 \times 24) \text{ мм}^2$, расчетным сечением 814 мм^2 и допустимым током 1575 А [1, 3]. Для камеры вводной ячейки использованы двухполосные шины $2 \times (100 \times 10) \text{ мм}^2$, как и для сборных шин. Сборные шины расположены в вершинах треугольника и пропускаются в соседнюю ячейку через проходные изоляторы и резиновые вкладыши, допускающие поперечные перемещения шин. Шины жестко закреплены на медных стержнях-надставках в двух соседних камерах и, как правило, образуют многопролетную шинную конструкцию с неразрезными шинами. Расчетной схемой для них является балка с жестким опиранием (защемлением) на обоих опорах пролета (таблица 1) [2]. Для комплектных шкафов с разрезными шинами, длина которых равна длине одного пролета, изменяются коэффициенты расчетной схемы λ и r_1 (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Коэффициенты расчетной схемы сборных шин

№ схемы	Расчетная схема	Тип балки и опоры	Коэффициенты		
			λ	β	r_1
1		Однопролетная А и В – изоляторы-опоры	8	1	3,14
2		Однопролетная А – заземление шины; В – изолятор-опора	8	1,25	3,93
3		А и В – заземление шины на жестких опорах	12	1	4,73
4		Балка с двумя пролетами	8	1,25	3,93
5		Балка с тремя и более пролетами	10^* 12^{**}	1,131	4,73

Примечания: * – для крайних пролетов; ** – для средних пролетов

Из конструктивных чертежей К-БЭМН следует (рисунок 1), что сборные шины имеют жесткое крепление к надставкам ответвлений к электрическим аппаратам, а в местах прохода сборных шин через перегородку имеется люфт, величиной 11–13 мм. Сравним его с

максимальным прогибом шин при КЗ. Представим шину стержнем с опертыми концами и приближенно определим ее максимальный динамический прогиб в середине пролета. При этом считаем, что в этой точке к шине приложена мгновенная максимальное усилие как статическая нагрузка, средняя величина которой приближенно равна 2000 Н. В соответствии с [4, 5] максимальный прогиб сборной шины

$$y_{\max} = 1,06 \frac{F_{\max} l^3}{48,7 EJ},$$

где F_{\max} – максимальное мгновенное ЭДУ, Н;

E – модуль упругости материала шин, Па;

J – момент инерции поперечного сечения шины, м⁴.

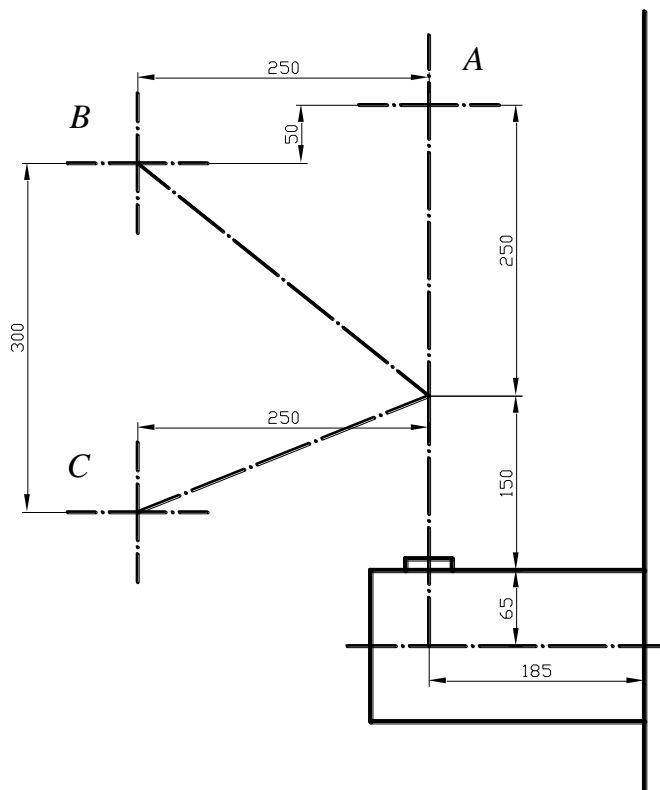


Рисунок 1 – Расположение токоведущих частей в шинном отсеке КРУ

Максимальный прогиб сборной шины фазы *B* составит

$$y_{\max} = 1,06 \frac{2000 \cdot 0,8^3}{48,7 \cdot 10^{11} \cdot 16,7 \cdot 10^{-9}} = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Для фаз *A* и *C*, расположенных несимметрично относительно перегородки, прогибы будут меньше. Таким образом, максимальные прогибы шин при КЗ практически не превышают люфта в проходном изоляторе. Это позволяет принять расчетную схему одного пролета сборных шин между двумя соседними ответвлениями к шинным аппаратам в виде шины-балки, укрепленной на упругих медных надставках, длины которых, как видно из рисунка 1, соответственно равны: $l_{н(A)} = 0,525$ м, $l_{н(B)} = 0,45$ м, $l_{н(C)} = 0,425$ м. Согласно ГОСТ [2] расчетной схемой шинной конструкции с упруго-податливыми опорами считается схема, в которой масса шины распределена по длине пролета, а опоры представлены сосредоточенной эквивалентной массой $M_{оп}$ и пружинами с жесткостью $C_{оп}$. Надставки фаз имеют пространственное расположение, состоят из прямолинейных отрезков шин и крепятся к опорно-проходным изоляторам фирмы PW «Kielce» типа IPWR2-17,5/2,5 с $P_{\min \text{ разп}} = 2,5$ кН. Длинные надставки и невысокая допустимая изгибающая нагрузка изолятора повышают риск нарушения электродинамической стойкости шинной конструкции.

При оценке электродинамической стойкости проводятся исследования для нескольких расчетных схем взаимодействия токов КЗ:

– по сборным шинам пролета протекают сквозные токи КЗ, токи в надставках равны нулю;

– точка КЗ находится в ячейке и ток в надставках равен току КЗ.

Для указанных схем выполняется анализ максимальных напряжений изгиба сборных шин и результирующих максимальных нагрузок, действующих со стороны сборных шин и надставок на опорно-проходные изоляторы фаз.

Литература

1 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

2 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.

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

4 Кудрявцев, Е.П. Расчет жесткой ошиновки распределительных устройств / Е.П. Кудрявцев, А.П. Долин. – М.: Энергия, 1981. – 96 с.

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