

УДК 621.316

Динамический расчет опорных конструкций распределительных устройств

Зарихта К. С., Башаркевич Е.К.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ПОНОМАРЕНКО Е.Г.

Одной из задач динамического расчета опорных конструкций распределительных устройств является определение собственных частот колебаний ее элементов [1]. Это необходимо для исключения совпадения частот собственных и вынужденных их колебаний. В качестве возбудителей колебаний, в данном случае, выступают подвижные элементы конструкции – токоведущие части распределительного устройства. Следовательно, за частоты вынужденных колебаний принимаются частоты колебаний проводников при коротком замыкании. Для определения собственных частот могут применяться метод конечных элементов и аналитические выражения для расчета тонкостенных конструкций [4].

В качестве шинных опор токоведущих шин в распределительных устройствах обычно используются опорно-стержневые изоляторы. В качестве примера рассмотрим опорный изолятор марки ИОС-110-600. Высота изоляторов составляет 2,1 м, масса – 71 кг, а экспериментальный модуль упругости – 120 кг/м².

Для удобства математического описания задачи используется принцип связей механики, в соответствии с которым действие проводов на опорные изоляторы заменяются реакциями связей. После этого рассматриваются затухающие колебания опорных конструкций под действием приложенных от проводов динамических сил.

При определении динамических прогибов изоляторов в разных плоскостях используется принцип независимости действия сил. Под действием составляющих динамической силы по осям x и y опорный изолятор совершает вынужденные поперечные колебания. Количество учитываемых в расчете гармоник собственных колебаний зависит от принятой погрешности расчета. Для вычисления поперечной силы с погрешностью 3 % необходимо удерживать не менее 11 гармоник. Значения частот собственных колебаний для опорного изолятора марки ИОС-110-600 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Частоты собственных колебаний изолятора ИОС-110-600

Гармоника	Частота, рад/с	Частота, Гц	Период, с
1	0,137039	0,0218104	45,8497
2	0,690178	0,109845	9,10372
3	2,01333	0,320432	3,12079
4	4,14706	0,660025	1,5151
5	5,84133	0,929676	1,07564
6	9,52309	1,51565	0,659785
7	11,7949	1,87721	0,532705
8	14,2885	2,27408	0,439738
9	27,1959	4,32837	0,231034
10	41,1465	6,54867	0,152703
11	53,9142	8,58072	0,11654
12	73,6495	11,7217	0,085312
13	89,879	14,3047	0,0699071
14	108,186	17,2181	0,0580783

Экспериментально доказано, что упругая система с распределёнными параметрами и малым демпфированием при гармоническом возбуждении испытывает резонансные колебания на некоторых явно выраженных характерных частотах [4]. Каждой такой резонансной или собственной частоте соответствует собственная или нормальная форма распределения амплитуд колебаний изолятора. Характерные собственные формы прогибов и связанные с ними частоты определяются геометрической формой и размерами самого

изолятора, не зависят от внешних нагрузок и являются весьма важными динамическими характеристиками распределения его инерционных и жесткостных свойств.

В [3] приведены результаты численного расчета резонансных частот изолятора типа ИОС-110-400 в частотном диапазоне до 10000 Гц. Формы колебаний изолятора представлены на рисунках 1–4 и в таблице 2.

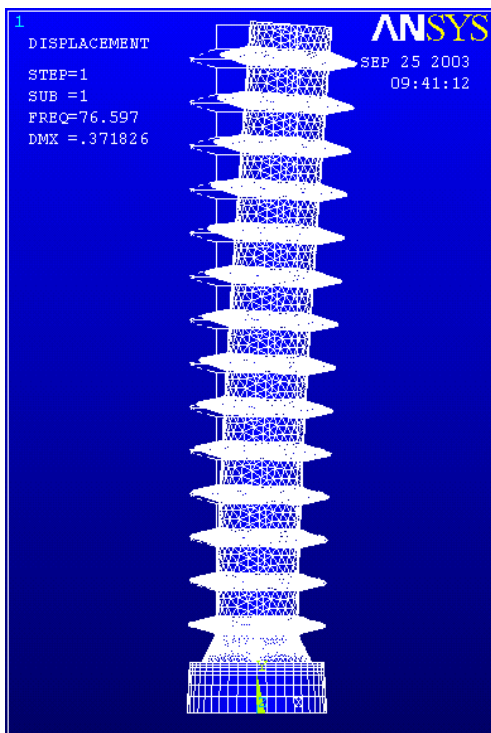


Рисунок 1 – 1-я собственная форма колебаний

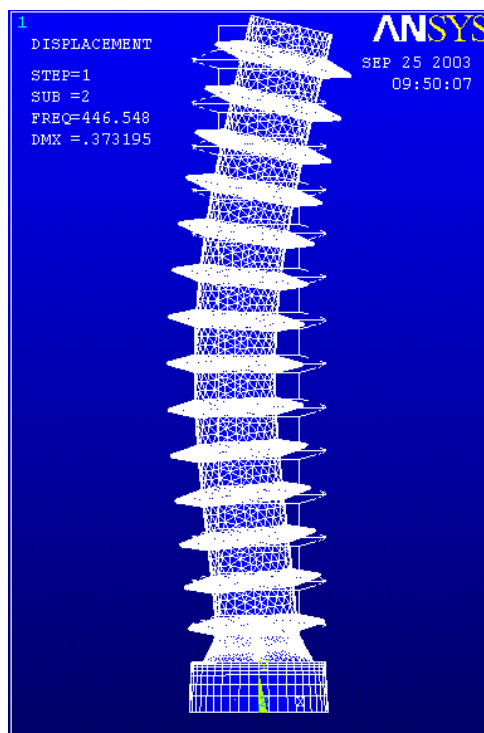


Рисунок 2 – 2-я собственная форма колебаний

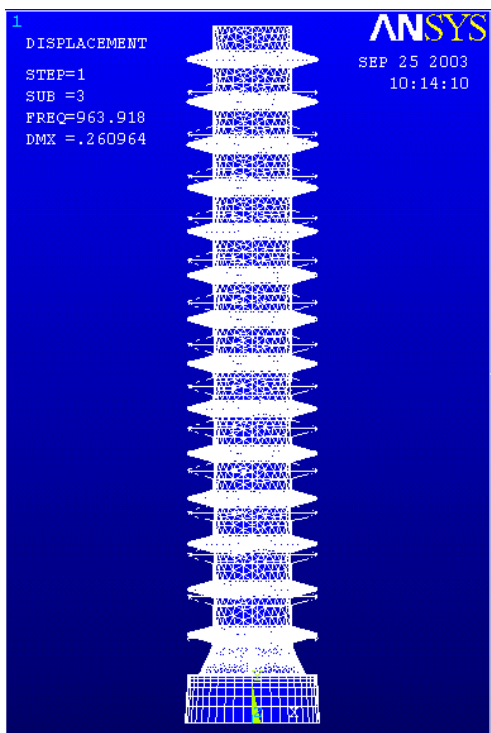


Рисунок 3 – 3-я собственная форма колебаний

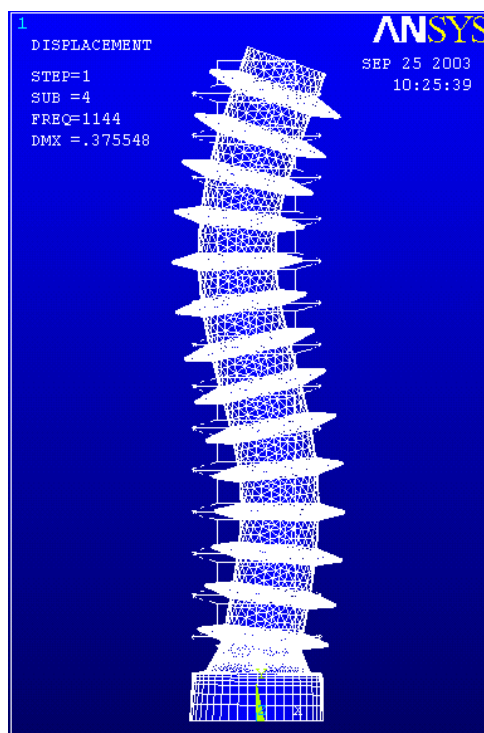
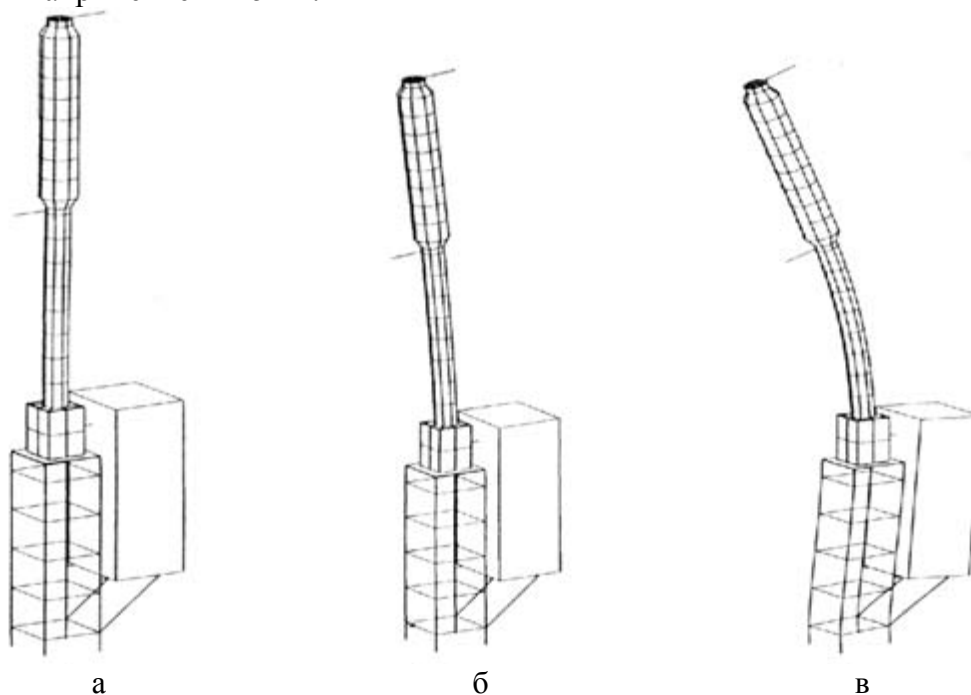


Рисунок 4 – 4-я собственная форма колебаний

Таблица 2 – Резонансные частоты собственных форм колебаний изолятора ИОС-110-400

Порядковый номер формы колебаний	Частота, Гц	Порядковый номер формы колебаний	Частота, Гц
1	76,6	9	4825,8
2	444,3	10	5101,6
3	965,2	11	6105
4	1141,3	12	6756,1
5	2014,6	13	7085,5
6	2857,2	14	8004,7
7	2964,4	15	8686,4
8	4075,1	16	9023,5

На рисунке 5 изображены первая и вторая собственные формы колебаний элегазового выключателя напряжением 245 кВ.



а – нормальное состояние аппарата;

б – первая собственная форма (3,4 Гц); в – вторая собственная форма (20,3 Гц)

Рисунок 5 – Собственные формы колебаний выключателя 245 кВ

Практический интерес при расчете динамики проводов на опорных изоляторах представляет определение наибольших перерезывающих сил и моментов с целью определения опасных сечений, в которых возникают наибольшие касательные и нормальные напряжения. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента является одним из основных этапов при расчете конструкций на изгиб. По эпюрам определяется опасное сечение, т. е. сечение в котором может произойти разрушение изолятора.

Литература

1. Сергей, И. И. Динамика проводов электроустановок энергосистем при коротких замыканиях: теория и вычислительный эксперимент / И. И. Сергей, М. И. Стрелюк. – Минск : ВУЗ-ЮНИТИ, 2000. – 252 с.
2. Писаренко, Г. С. Колебания механических систем с учетом несовершенной упругости материала / Г. С. Писаренко. – Киев : Наукова думка, 1970. – 379 с.
3. Д 427618-003-30992818-2018. Мобильный индикаторный комплекс модели МИК-1 и МИК-2 : методические указания. – Екатеринбург : НПО "Логотех", 2018. – 70 с. УДК 621.3