

Рис. 7. Фазово-частотные характеристики фильтров 2 и 3 порядков

При конструировании фильтра создается специальная заготовка для модели фильтра, содержащая генератор перепада, блок передаточной функции и осциллограф. В свойствах при проектировании фильтра Бесселя нижних частот необходимо указать порядок и частоту среза.

Литература

1. Дьяконов В.П. VisSim + MathCAD + MatLab. Визуальное математическое моделирование. – М.: Солон-Пресс, 2004. – 384 с.
2. Мошиц Г., Хорн П. Проектирование активных фильтров: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 320 с.

УДК 621.316.35

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В ЖЕСТКОЙ ОШИНОВКЕ ГРУ 10 КВ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

Потачиц Я.В.

Научные руководители – ДЕРЮГИНА Е.А., КЛИМКОВИЧ П.И.

В последние годы в Беларуси и за рубежом в распределительных устройствах наряду с гибкой ошиновкой всё шире используются конструкции с жёсткими шинами. Внедрение жёсткой ошиновки позволяет сократить площадь ОРУ, объёмы строительно-монтажных работ, трудозатрат и др.

При протекании электрического тока по одному или нескольким контурам отдельные участки этих контуров подвергаются воздействию механических усилий, связанных с появлением электромагнитного поля, которое взаимодействует с токами в контурах. Эти силы сравнительно невелики при токах нагрузки и достигают больших значений в режиме короткого замыкания (КЗ). Поэтому электродинамические усилия (ЭДУ) зачастую определяют требуемую механическую прочность электрооборудования. Недостаточный учет ЭДУ при проектировании может привести к недопустимым изгибам токоведущих частей, к разрывам обмоток, поломке изоляторов и другим повреждениям, приводящим к серьезным авариям в электроустановках.

Токопроводы и токоведущие части электрических аппаратов должны:

- длительно выдерживать номинальные токи;
- быть термически и динамически стойкими, т. е. противостоять токам КЗ.

Электродинамическое действие токов КЗ заключается в воздействии на проводники больших ЭДУ в течение времени КЗ. Эти усилия являются механическими и могут вызвать недопустимые деформации изгиба шин, изоляторов, даже их поломки. Поэтому при проектировании электрической части электрической станции и подстанции стоит задача расчета электродинамической стойкости токопроводов и электрических аппаратов, под которой понимают их способность противостоять действию ЭДУ в течение времени автоматического отключения цепи, без повреждений препятствующих их исправной дальнейшей работе. Для расчета ЭДУ необходимо определить КЗ в данной точке сети. Для этого составляется расчетная схема, намечаются расчетные токи КЗ и выбираются расчетный вид и продолжительность КЗ. При составлении расчетной схемы учитываются не только нормальные режимы работы станции, но и ремонтные и послеаварийные режимы. Расчетные токи КЗ намечаются с двух сторон проводника или аппарата и окончательно принимается наибольший из них. Для токопроводов и аппаратов расчетным принимают трехфазное КЗ.

В настоящее время имеется хороший математический аппарат, описывающий ЭДУ в распределительных устройствах (РУ) с жесткой ошиновкой при расположении шин по вершинам равностороннего и прямоугольного треугольников (рисунок 1).

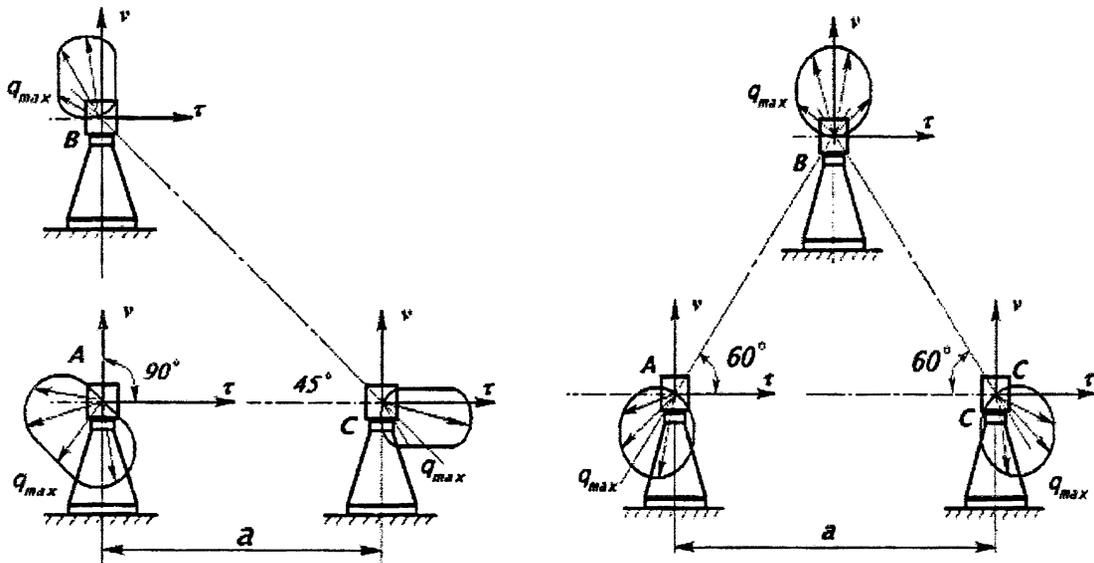


Рис. 1. Расположение сборных шин по вершинам равностороннего и прямоугольного треугольников

Анализ известных аналитических выражений для упомянутых конфигураций позволяет задаться определенным углом включения КЗ (ψ), которое обеспечивает вычисление максимальных напряжений в материале проводника (σ).

Вопрос задания ψ для определения максимальных нагрузок на изоляторы в случае их частного пространственного положения тоже решен. Однако в практике конструкторских работ могут возникнуть случаи произвольного расположения изоляторов при расположении шин по вершинам произвольного треугольника. Стоит задача определения максимальных значений изгибающего и растягивающего усилий на расположенный подобным образом изолятор любой фазы. Для этого приведен алгоритм расчета распределенных усилий на расчетную фазу, реализовав который на ЭВМ, можно с помощью циклических операций определить как угол включения, при котором будут иметь место максимальные нагрузки, так и сами величины этих нагрузок. Для этого задаем индекс расчетной фазы и пределы изменения ψ .

Условия стойкости жесткой ошиновки

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{расч max}} &\leq \sigma_{\text{доп}}; \\ P_{\text{расч max изг}} &\leq P_{\text{доп изг}}; \\ P_{\text{расч max раст}} &\leq P_{\text{доп раст}};\end{aligned}$$

где $\sigma_{\text{расч max}}$ – напряжение в материале шины;

$P_{\text{расч max изг}}$, $P_{\text{расч max раст}}$ – усилия на изгиб и растяжение, приложенные к вершине изолятора.

Напряжение $\sigma_{\text{расч max}}$ определяется по выражению

$$\sigma_{\text{расч max}} = \left| \frac{M_{y_1}}{W_{z_1}} \right| + \left| \frac{M_{z_1}}{W_{y_1}} \right|;$$

где M_{y_1} , M_{z_1} – изгибающие моменты вокруг осей:

$$\begin{aligned}M_{y_1} &= \frac{F_{z_1} l^2}{12}; \\ M_{z_1} &= \frac{F_{y_1} l^2}{12};\end{aligned}$$

W_{y_1} , W_{z_1} – момент сопротивления.

Усилия $P_{\text{расч max изг}}$ и $P_{\text{расч max раст}}$ определяется по выражениям

$$\begin{aligned}P_{\text{расч max изг}} &= \frac{F_{z_1} l}{2}; \\ P_{\text{расч max раст}} &= \frac{F_{y_1} l}{2}.\end{aligned}$$

Стоит задача нахождения суммы составляющих всех сил на расчетный проводник в локальных осях координат Oy_1 и Oz_1 .

Предположим, что расчетной является фаза B. Рассмотрим вопрос определения составляющих сил на оси Oy_1 и Oz_1 на примере взаимодействия фаз A и B (рисунок 2).

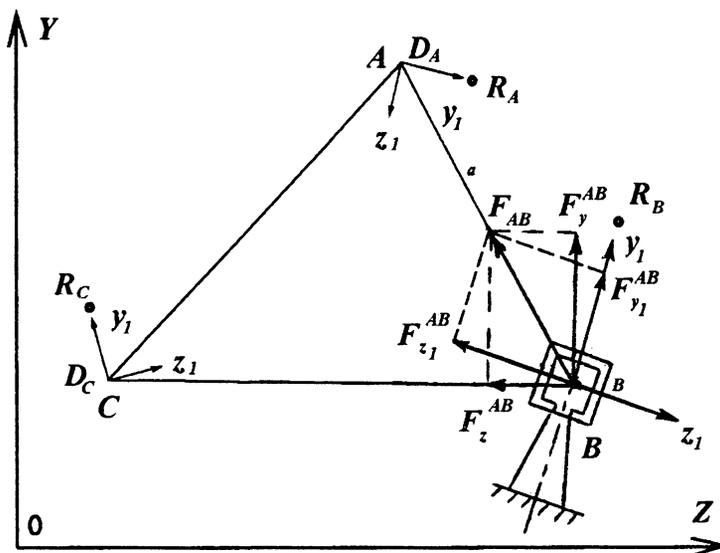


Рис. 2

Распределенная нагрузка определяется по выражению

$$F_{AB} = \frac{\alpha}{a} i_A i_B,$$

где $\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ Н/А².

Определяем составляющие \vec{F}_{AB} в глобальной системе координат $Y0Z$. Перевод вектора \vec{F}_{AB} в локальную систему координат $y_1 0z_1$ производится по выражению

$$\vec{F}_{AB}^{y_1 0z_1} = V \vec{F}_{AB}^{Y0Z},$$

где V – матрица направляющих косинусов.

Аналогично определяем проекции по оси $0y_1$ и $0z_1$ вектора \vec{F}_{AB} и складываем их с предыдущими найденными проекциями вектора \vec{F}_{AB} .

Определение максимальных нагрузок на разрыв или на изгиб или максимального напряжения в материале проводника осуществляется путем последовательного просчета от начального ψ_n до конечного ψ_k и выбирается соответствующее максимальное значение.

Разработанный метод расчета электродинамических усилий может быть использован в практике конструкторских работ по разработке шинных мостов и токопроводов с произвольным расположением изоляторов.

Литература

1. ГОСТ 30323–95. Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического и термического действия токов короткого замыкания. Введен в действие с 01.03.1999.
2. Долин А.П., Шонгин Г.Ф. Открытые распределительные устройства с жесткой ошиновкой. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Кудрявцев Е.П., Долин А.П. Расчет жесткой ошиновки распределительных устройств. – М.: Энергия, 1981.
4. Прима И.А., Климович П.И. Электродинамическая стойкость жесткой ошиновки ГРУ-10 кВ с произвольным расположением шин и изоляторов в процессе КЗ // Третья Республиканская научковая канферэнцыя студэнтау Рэспублікі Беларусь: тэзісы дакладау / БДУ. У пяці частках. Частка 5б. – Минск, 1997. – С. 350–352.

УДК 539.194+541.67

СОВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Пашкович Н.П., Потачиц Я.В.

Научный руководитель – КОЛЕСНИКОВА М.Т.

Ни для кого не секрет что в последние годы нанотехнологии занимают лидирующие позиции во всех отраслях науки и техники. Как следствие в связи с бурным развитием последних растёт интерес к методам изучения объектов нанометровых размеров. Целью данной работы является рассмотрение тенденции развития микроскопии в целом и применение микроскопии к нанотехнологиям в частности.

Для начала рассмотрим обычный световой микроскоп, основными частями светового микроскопа (рисунок 1) являются объектив и окуляр, заключенные в цилиндрический корпус – тубус. Тубус располагается на верхней части массивного штатива, включающего тубусодержатель. Чуть ниже объектива (или турели с несколькими объективами) находится предметный столик, на который устанавливаются предметные стекла с исследуемыми образцами. Резкость регулируется с помощью винта грубой и точной