

Конденсаторы в цепях постоянного тока

В. МОЖАЕВ

В УПРОЩЕННОМ ВИДЕ КОНДЕНСАТОР представляет собой систему двух проводников, разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Такая система проводников обладает способностью накапливать электрический заряд: на одной обкладке положительный, а на другой отрицательный, в целом же конденсатор остается электронейтральным.

Количественной характеристикой накопительной способности таких систем является емкость. Для ориентировки в величинах емкости приведем два примера: емкость уединенного проводящего шара радиусом, равным радиусу нашей планеты ($R \sim 6400$ км), составляет примерно 10^{-3} Ф, а емкость уединенного куска провода диаметром 2 мм и длиной 1 м равна приблизительно 10^{-12} Ф. (В этих примерах вторая обкладка уединенных проводников находится в бесконечности, т.е. силовые линии электрического поля уходят с данных проводников на бесконечность.)

Основное внимание в статье будет уделено поведению конденсаторов в электрических цепях с источниками постоянного тока. Помимо конденсаторов, в таких цепях обычно присутствуют и резисторы. Весь промежуток времени с момента замыкания цепи и до момента установления стационарного состояния можно разбить на три этапа.

Первый этап – это очень короткий промежуток времени (его можно оценить, разделив линейный размер схемы на скорость света) сразу после замыкания ключа. За это время в цепи установится некоторый начальный ток, но, поскольку в реальных схемах величина этого тока конечна, за бесконечно малое время во всех участках цепи протекут бесконечно малые заряды и изменением зарядов и напряже-

ний на конденсаторах можно будет пренебречь. Итак, на первом этапе, сразу после замыкания цепи, сохраняются напряжения на конденсаторах, которые были до замыкания, и устанавливаются начальные токи, величины которых определяются законом Ома для замкнутых цепей и не зависят от емкостей конденсаторов.

На втором этапе идет переходный процесс – выход на стационарный режим, во время которого в участках цепи текут переменные токи и происходит разрядка или подзарядка конденсаторов. Этот процесс характеризуется так называемой постоянной времени τ . Смысл ее в следующем: если время, прошедшее после замыкания цепи, много меньше τ , можно считать, что переходный процесс и не начинался, а если время много больше τ , то переходный процесс закончился и установился стационарный режим.

Как в первом, так и во втором процессах через конденсаторы текут переменные токи, но в первом случае это очень быстро изменяющиеся токи и поэтому реактивные сопротивления конденсаторов практически равны нулю, а во втором случае скорости изменения тока существенно меньше и зависят как от омического сопротивления цепи, так и от ее емкости. (Более подробно этот этап будет разобран ниже на конкретных примерах.)

И наконец, третий (и последний) этап, когда устанавливается стационарный режим. Здесь реактивные сопротивления конденсаторов равны бесконечности, токи через конденсаторы равны нулю, напряжения на конденсаторах равны установившимся значениям, которые определяются законом Ома для замкнутой цепи.

Теперь перейдем к рассмотрению конкретных задач.

Задача 1. В электрической схеме, изображенной на рисунке 1, в начальный момент ключ K разомкнут, а

конденсатор не заряжен. Параметры схемы указаны на рисунке. Определите начальные токи через резисторы и

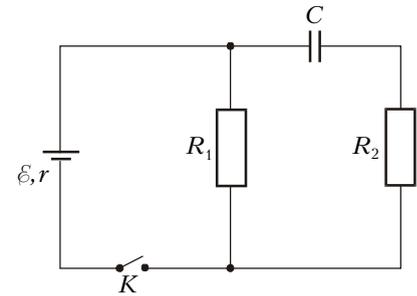


Рис. 1

через батарею сразу после замыкания ключа.

За очень малое время установления начальных токов (не путать с установившимися стационарными токами) заряд на конденсаторе не изменится и разность потенциалов на нем останется равной нулю. Эквивалентная схема для этого промежутка времени будет иметь вид, изображенный на рисунке 2. Такая схема позволяет с помощью

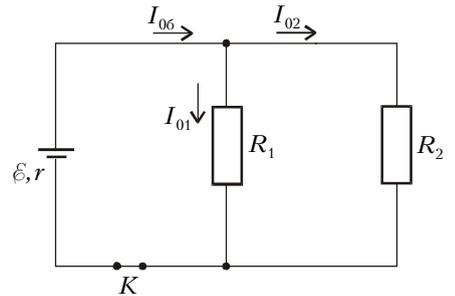


Рис. 2

закона Ома для замкнутой цепи определить начальные токи. Начальный ток через батарею составляет

$$I_{06} = \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{(R_1 + R_2)\varepsilon}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2},$$

а начальные токи через резисторы равны

$$I_{01} = \frac{R_2 \varepsilon}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

и

$$I_{02} = \frac{R_1 \varepsilon}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}.$$

Следует отметить, что полученные значения начальных токов не зависят от емкости конденсатора C .

Задача 2. В электрической схеме, изображенной на рисунке 3, в началь-