

Переходные процессы первого порядка (часть первая)

Смирнова Юлия 2/36

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the slide towards the center.

Общие сведения о переходных процессах

- *Переходные процессы* – процессы, появляющиеся в электрической системе при изменении условий ее работы.

Переходные процессы возникают при изменении электродвижущей силы в цепи, питающего напряжения, приложенного к цепи, или при коммутации элементов, приводящих к изменению ее параметров: сопротивление, индуктивность ил и емкость.

- Физической причиной возникновения переходных процессов в электрических цепях является наличие в них запасенной энергии. Энергия запасается в индуктивностях и емкостях.
- Согласно законам коммутации энергия магнитного и электрического полей в этих элементах не может изменяться скачком. Из-за этого в цепи возникают переходные процессы, которые не могут закончиться мгновенно.
- Переходный процесс возникает из-за несоответствием величины запасенной энергии в магнитном поле катушки индуктивности и электрическом поле ёмкости (конденсатора) с ее значением для нового состояния электрической цепи.

Законы коммутации и начальные условия

В электрических цепях могут происходить включения или отключения отдельных ветвей либо внезапные изменения входного воздействия. Такие изменения называют коммутациями. Считают, что коммутация осуществляется с помощью идеального ключа. Идеальный ключ представляет двухполюсник, сопротивление которого равно нулю, если ключ замкнут, и равно бесконечности, если ключ разомкнут. Время замыкания или размыкания ключа считают бесконечно малым. В резистивных цепях, которые содержат только элементы, описываемые алгебраическими уравнениями, переход из одного состояния в другое происходит мгновенно. Однако в цепях с индуктивными и емкостными элементами переходный процесс мгновенно завершиться не может.

Причина заключается в том, что энергия $w_L = \frac{Li_L^2}{2}$, запасаемая в

магнитном поле индуктивного элемента, и энергия $w_C = \frac{Cu_C^2}{2}$, запасаемая в электрическом поле емкостного элемента, не могут изменяться мгновенно.

Характер переходных процессов зависит от многих факторов, в частности от числа индуктивных и емкостных элементов, конфигурации цепи, формы токов и напряжений источников и т. д.

Принято рассматривать коммутацию как начало отсчета времени. Иными словами, полагают, что коммутация происходит в момент времени $t = 0$. Поскольку токи индуктивных и напряжения емкостных элементов являются непрерывными функциями времени, то в момент коммутации справедливы равенства:

$$i_L(0_-) = i_L(0_+);$$

Эти равенства $u_C(0_-) = u_C(0_+)$ являются законами коммутации. Итак, в начальный момент после коммутации токи индуктивных элементов и напряжения емкостных элементов остаются такими же, какими они были перед коммутацией, а затем плавно изменяются.

Подчеркнем, что условие непрерывности справедливо только для токов i и напряжений u . Напряжения индуктивных и токи емкостных элементов, так же как напряжения и токи резистивных элементов, «имеют право» изменяться скачком.

Значения тока индуктивного и напряжения емкостного элементов в момент коммутации называют независимыми начальными условиями. Именно эти токи и напряжения, а также независимые источники, определяют режим цепи в первый момент после коммутации. Если в момент коммутации токи всех индуктивных и напряжения всех емкостных элементов равны нулю, то соответствующие начальные условия называют нулевыми. В противном случае начальные условия являются ненулевыми.

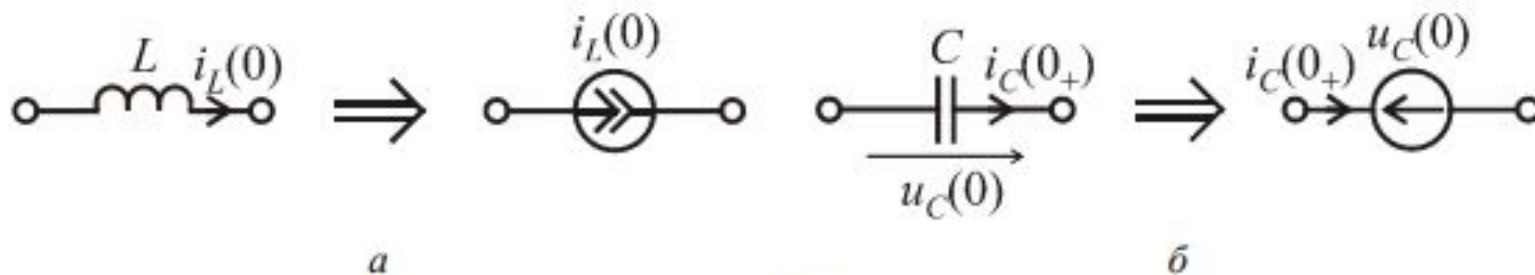


Рис. 6.5

При $t=0_+$ индуктивный элемент можно заменить независимым источником тока, а емкостный – источником напряжения (рис. 6.5, а, б). Такая замена упрощает расчет послекоммутационного режима, поскольку мы получаем резистивную цепь, описываемую алгебраическими уравнениями. При нулевых начальных условиях емкостный элемент эквивалентен короткому замыканию, а индуктивный – разрыву (рис. 6.6, а, б).

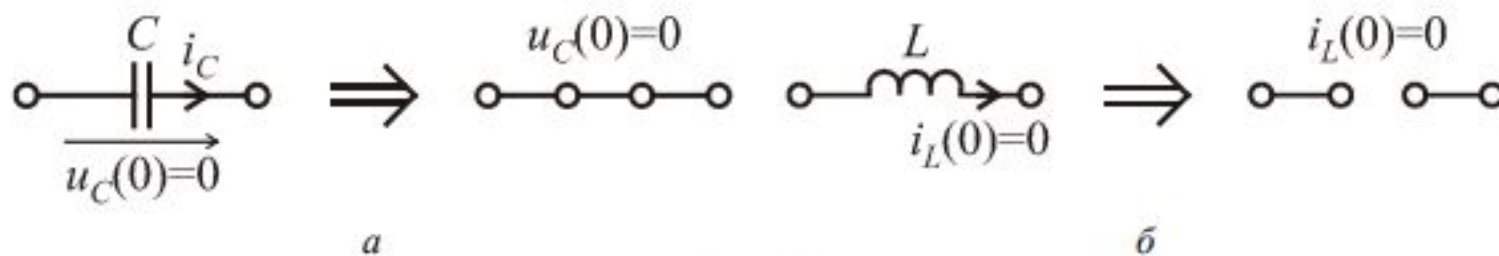


Рис. 6.6

В отдельных случаях переходные процессы могут сопровождаться нежелательными явлениями. На отдельных участках цепи могут возникать повышенные напряжения или наблюдаться увеличение токов. Расчет и изучение переходных процессов позволяют разработать меры по уменьшению длительности и интенсивности таких явлений. Однако в цепях, которые служат для передачи и обработки информации, переходный режим является основным. Поэтому изучение методов расчета переходных процессов имеет исключительно важное значение для правильного понимания процессов передачи и преобразования информации, принципов работы узлов ЭВМ и систем автоматического управления.