

# 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, light blue, white) 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.

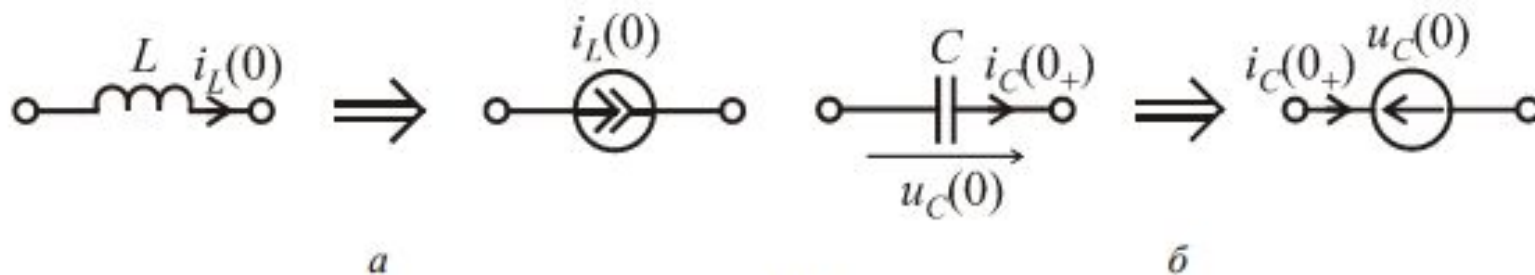


Рис. 6.5

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).

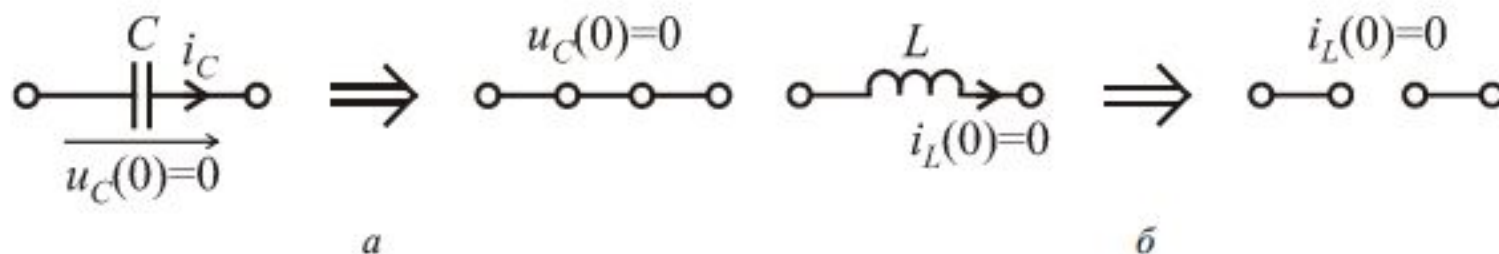


Рис. 6.6

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.