

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

П. В. АСТАХОВ, кандидат физико-математических наук, доцент, начальник кафедры¹

Ю. П. БАЖКОВ, старший преподаватель¹

В. И. БОГДАНОВИЧ, старший преподаватель²

В. В. СВИРИДОВА, кандидат физико-математических наук, доцент²

¹Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь

² Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», Республика Беларусь

Для экспериментального исследования переходных процессов представлен разработанный универсальный модуль. Модуль состоит из разработанного электронного коммутатора и универсальной экспериментальной схемы, позволяющий исследовать переходные процессы в линейных электрических цепях, содержащих один или несколько накопителей энергии, а также изменять в них скорость протекания переходных процессов.

Ключевые слова: переходные процессы, линейные электрические цепи, генератор прямоугольного импульса.

Введение

Процессы, возникающие в электрической цепи при переходе от одного установившегося режима к другому, называются переходными. При изучении таких дисциплин как «Теория электрических цепей», «Электротехника» переходным процессам следует уделять особое внимание. Студенты технической специальности должны понимать, что изучение переходных процессов является очень важной задачей. Это вызвано тем, что за небольшие промежутки времени, в течение которых наблюдаются переходные режимы, могут произойти нарушения различных производственных процессов. Например, выход из строя оборудования при коротком замыкании, потеря или искажение информации в ЭВМ и т. д. Поэтому при эксплуатации электрических сетей и использовании аппаратуры для их защиты важно знать значения максимальных токов и напряжений, возникающих при аварийных режимах, а также время, за которое они их достигают. Кроме того, работа различных электротехнических устройств, особенно устройств промышленной электроники, также основана на переходных процессах.

Основная часть

Переходные процессы возникают при всех изменениях режима электрической цепи: подключении и отключении цепи, при изменении нагрузки, при возникновении аварийных режимов (коротком замыкании, обрыве провода, ударе молнии в линию электропередачи). Поэтому любые изменения в электрической цепи можно представить в виде тех или иных переключений, называемых в общем случае коммутацией.

Во время переходных процессов значения тока в цепи и напряжений на ее участках определяются не только источниками энергии, но и индуктивными, а также

емкостными элементами цепи, которые обладают способностью накапливать или отдавать, соответственно, энергию магнитного или электрического поля.

По окончании переходного процесса возникает новый установившийся режим, который определяется только внешними источниками энергии. При отключении внешних источников энергии переходный процесс может возникать в цепи только за счет энергии электромагнитного поля, накопленной до начала переходного режима в индуктивных и емкостных элементах цепи. В переходных процессах в зависимости от количества активных и реактивных элементов, а также от структуры электрической цепи могут наблюдаться достаточно большие изменения токов и напряжений. Переходные процессы могут возникать также в электрической цепи, содержащей индуктивные и емкостные элементы. В связи с этим задача исследования данных процессов сводится к тому, чтобы найти закономерности отклонений токов в ветвях и напряжений на участках цепи от их установившихся значений [1].

С целью более основательного изучения теоретического материала и для более полного экспериментального исследования переходных процессов разработан универсальный модуль, позволяющий анализировать переходные процессы в линейных электрических цепях, а также изменять в них скорость протекания этих процессов.

Блок-схема исследуемого модуля представлена на рисунке 1. В состав модуля входят: источник питания, генератор прямоугольного импульса, транзисторный ключ, универсальная схема исследования переходных процессов.

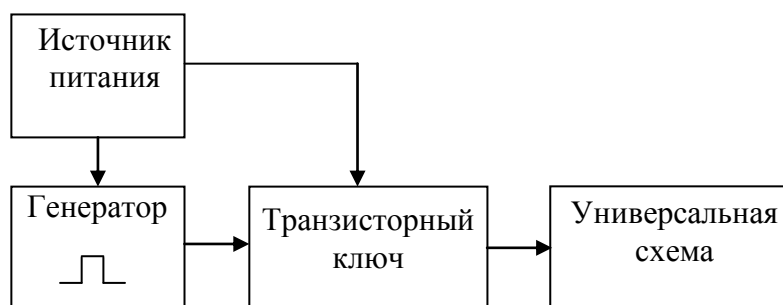


Рисунок 1 – Блок-схема модуля для анализа переходных процессов

Для проведения экспериментальных исследований переходных процессов в линейных электрических цепях был разработан электронный коммутатор, частота переключений которого определяется параметрами цепи, а именно постоянной времени τ . Это устройство состоит из генератора прямоугольного импульса, изготовленного на микросхеме-таймере КР1006ВИ1. При разработке выбран астабильный (мульти-вibratorный) режим работы таймера КР1006ВИ1 [2]. Генератор прямоугольных импульсов питается от того же источника, что и транзисторный ключ. Когда на выходе генератора появляется импульс, срабатывает ключ, тем самым, пропуская на выход коммутатора напряжение источника питания. Схема разработанного электронного коммутатора, основным назначением которого является попеременное коммутирование нагрузки с источником питания, приведена на рисунке 2.

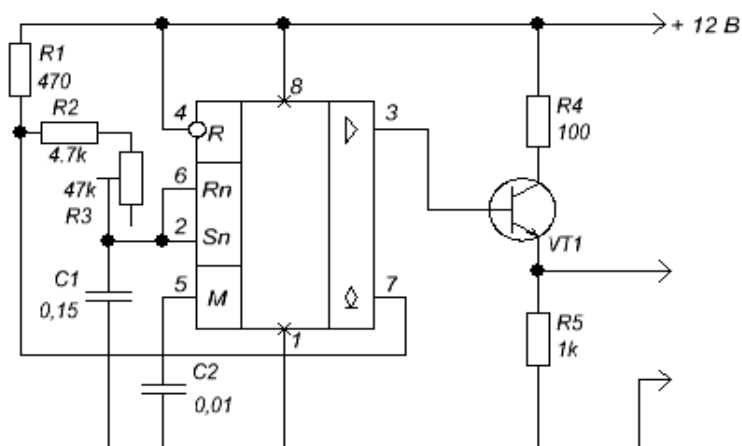


Рисунок 2 – Схема электронного коммутатора

С помощью программы Electronics Workbench 5.12 была проверена работоспособность разработанной схемы электронного коммутатора. Анализ результатов моделирования показал полную работоспособность электронного коммутатора и возможность применения его для исследования переходных процессов в линейных электрических цепях. Выявлено, что частота генерации определяется времязадающей цепочкой R_1, R_2, R_3, C_1 , а резистор R_3 позволяет перестраивать частоту генератора в 10 раз. Получены следующие параметры генератора:

- нижняя частота колебаний $f_H = 92,6$ Гц;
- верхняя частота колебаний $f_B = 974,7$ Гц;
- скважность $Q \approx 2$.

Для исследования переходных процессов была разработана универсальная схема [3], приведенная на рисунке 3.

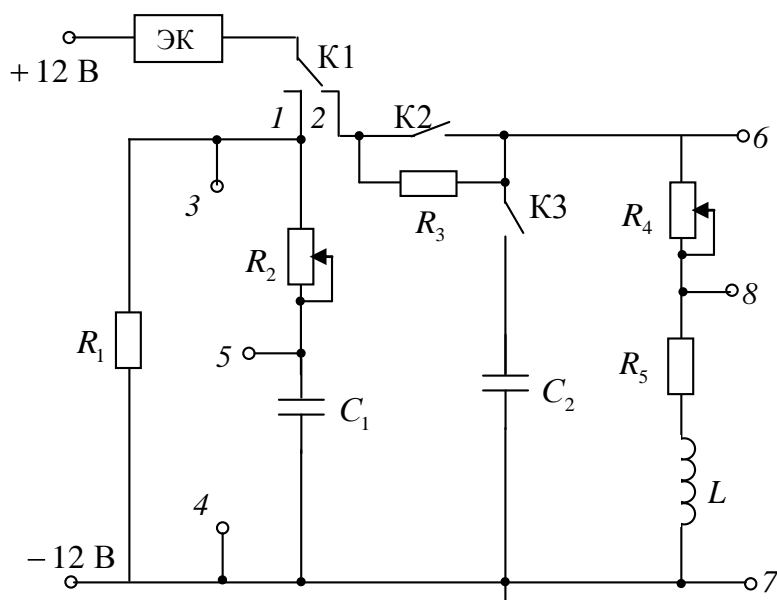


Рисунок 3 – Универсальная схема исследования переходных процессов

В зависимости от положения ключей в схеме на рисунке 3 можно исследовать переходные процессы в различных цепях:

– исследовать переходные процессы в электрической цепи с резистором и конденсатором для случая короткого замыкания цепи, т. е. разрядки конденсатора, включения цепи на постоянное напряжение, т. е. зарядки конденсатора;

– исследовать переходные процессы в электрической цепи с резистором и катушкой индуктивности для случая короткого замыкания цепи; включения цепи на постоянное напряжение и внезапное изменение сопротивления в цепи;

– исследовать переходные процессы в электрической цепи с двумя накопителями энергии – конденсатором и катушкой индуктивности, например, для исследования аperiodической разрядки конденсатора.

Предусмотрена возможность изменять (ускорять или замедлять) скорость протекания переходных процессов путем введения дополнительных элементов в цепь. Все это позволяет приблизить данный модуль к реальным электротехническим устройствам и дает возможность более полного исследования переходных процессов в линейных электрических цепях.

Проводился сравнительный анализ теоретических расчетов переходных процессов и экспериментальных результатов. Также исследовались переходные процессы в короткозамкнутой RC – цепи, включенной на постоянное напряжение. Анализ полученной осциллограммы показал, что полученное экспериментально значение постоянной времени τ составило 0,001 с, что совпадает с теоретически рассчитанным значением.

Параметры элементов схемы исследования выбирались так, чтобы можно было изменять задавать разную частоту генератора. Так, для исследования переходных процессов в короткозамкнутой RL – цепи, включенной на постоянное напряжение, была выбрана частота генератора 974 Гц. Анализ полученной осциллограммы показал, что напряжение $U = 4,047$ В на катушке индуктивности стало в момент времени $t_1 \approx 40$ мкс, а при подключении исследуемой цепи к генератору – в момент времени $t_0 = 0$ с. Следовательно, постоянная времени τ , полученная из экспериментальных значений равна 40 мкс, что совпадает с полученной теоретически.

Заключение

Для изучения переходных процессов был разработан универсальный модуль, состоящий из генератора прямоугольных импульсов и транзисторного ключа, управляющего напряжением питания. С помощью программы Electronics Workbench 5.12 проведено моделирование разработанной схемы коммутатора. Для изучения переходных процессов и их экспериментального исследования предложена универсальная схема, позволяющая анализировать переходные процессы в различных цепях, а также изменять (ускорять или замедлять) скорость их протекания.

Экспериментальные исследования предложенного модуля проводились при различных режимах работы. Сравнительный анализ экспериментальных и теоретически полученных значений постоянных времени для короткозамкнутых RC и RL – цепей показал хорошее их совпадение. Экспериментальное исследование разработанных схем подтвердил их работоспособность и возможность использования предлагаемого модуля в практических целях.

Литература

- 1 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи : учебник / Л. А. Бессонов. – М., 2006. – 701 с.
- 2 Перельман, Б. Л. Отечественные микросхемы и зарубежные аналоги : справочник / Б. Л. Перельман, В. И. Шевелев. – НТЦ Микротех, 1998. – 376 с.
- 3 Морозов, А. Г. Электротехника, электроника и импульсная техника : учеб. пособие / А. Г. Морозов. – М. : Высш. шк., 1987. – 448 с.

Поступила в редакцию 26.03.2012

P. Astakhov, V. Bogdanovich, V. Sviridova
DEVELOPMENT OF UNIVERSAL UNIT FOR RESEARCH TRANSIENT
IN ELECTRICAL CIRCUITS

For the experimental investigation of transient processes presents the developed universal module. The module consists of an electronic switch and a universal scheme, allows us to investigate the transient processes in linear electric circuits containing one or more energy storage devices, as well as change in the rate of occurrence of these transition processes.