

К ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Кузнецов П. А.¹, Юдин А. В.¹, Соленый С. В.², Соленая О. Я.²

¹Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьева,
²Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Рассмотрены преимущества моделирования мультивибраторов с последующим исследованием режимов работы при старении элементов, в отличие от классического метода расчета.

Постановка проблемы. На сегодняшний день электронная промышленность нуждается в серьезном обновлении и реструктуризации. Одним из важных аспектов, который необходимо учитывать при проектировании новых устройств, является расчет схем радиоэлектронных аппаратов на надёжность.

Ранее теоретические и математические расчеты надёжности проектируемых устройств могли быть подтверждены только созданием опытного испытательного образца и путём многократного проведения множества опытов в режиме реального времени. Однако, время работ электронных схем исчисляется годами, а отдельных их элементов даже десятилетиями. По понятным причинам такие опыты физически невозможно было реализовать. Поэтому расчет времени работы устройств или их элементов выполнялся по упрощенным формулам. Естественно, такие расчёты не могли быть точными и выдавали огромную погрешность, которая может достигать 80 % [1, 2].

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время, с развитием вычислительной техники и алгоритмов моделирования, исследовать длительные процессы и надёжность схем стало реально даже без использования физических моделей. Соответственно, моделирование открывает и широкие возможности для исследования режимов работы, отличных от нормальных (аварийных режимах), т.к. зачастую оборудование, является весьма дорогостоящим и позволяет его эксплуатировать только в номинальном режиме.

Цель статьи. В данной работе было выполнено моделирование и исследование возможных режимов работы, связанных со старением элементов схемы, нескольких вариантов мультивибраторов – как основных составных частей при проектировании схем электронных устройств. В качестве моделируемых образцов были выбраны следующие типы:

1. Неустойчивый (автоколебательный) мультивибратор – схема самопроизвольно переходит из одного состояния в другое, при этом не обязателен сигнал синхронизации, если не требуется захват частоты.

2. Бистабильный мультивибратор (триггер) – схема устойчива в любом состоянии, она может быть переключена из одного состояния в другое с помощью внешних импульсов.

3. Моностабильный мультивибратор (таймер); одно из состояний является стабильным, но второе состояние неустойчиво (переходной процесс). Мультивибратор на некоторое время, определяемое параметрами его компонентов, переходит в неустойчивое

состояние под действием запускающего импульса. Затем возвращается в устойчивые состояния до прихода очередного запускающего импульса. Такие мультивибраторы используются для формирования импульса с фиксированной длительностью, не зависящей от длительности запускающего импульса.

Основные материалы исследования. Модель 1. Для создания исследуемых схем была выбрана среда численного моделирования SimulinkMathLAB. Модели мультивибраторов представлены на (рис.1-3) [3].

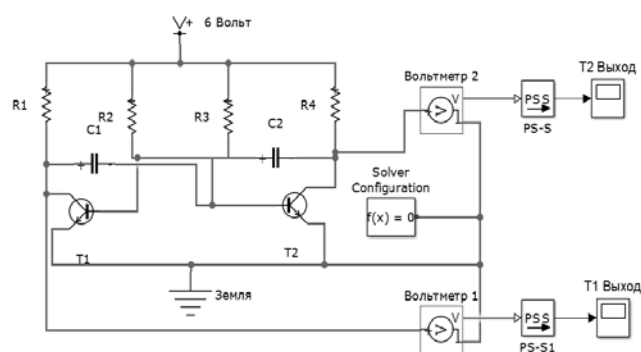


Рисунок 1 – Автоколебательный мультивибратор

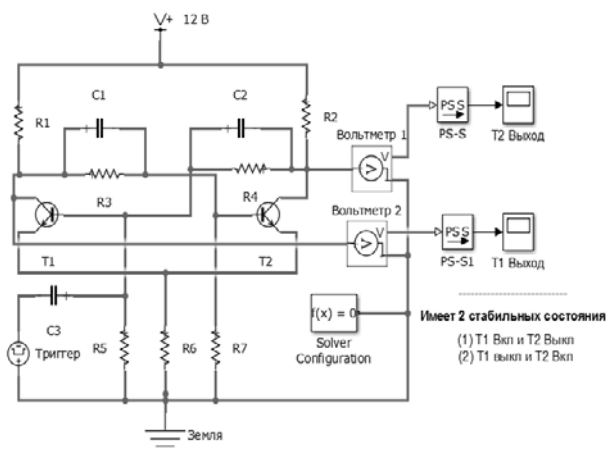


Рисунок 2 – Бистабильный мультивибратор

Для удобства визуализации процесса работы в схему устройства был добавлен контур, обозначенный на (рис. 2) штрихпунктирной линией. Он отвечает за одновременное открытие выходов T1 и T2.

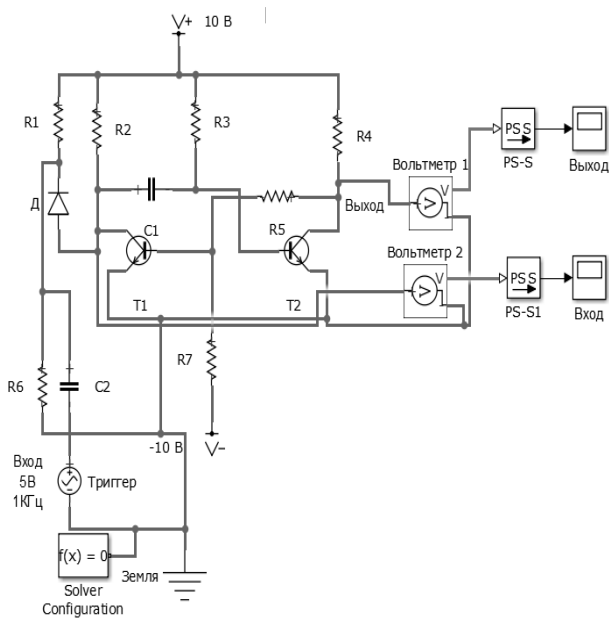


Рисунок 3 – Моностабильный мультивибратор

Анализируя результаты моделирования, можно сделать вывод о том, что "старение" элемента R1 в пределах 50 % от своего номинала не несет видимых изменений в работе схемы.

Следующим шагом была проверка емкостного элемента C1 (рис. 4).

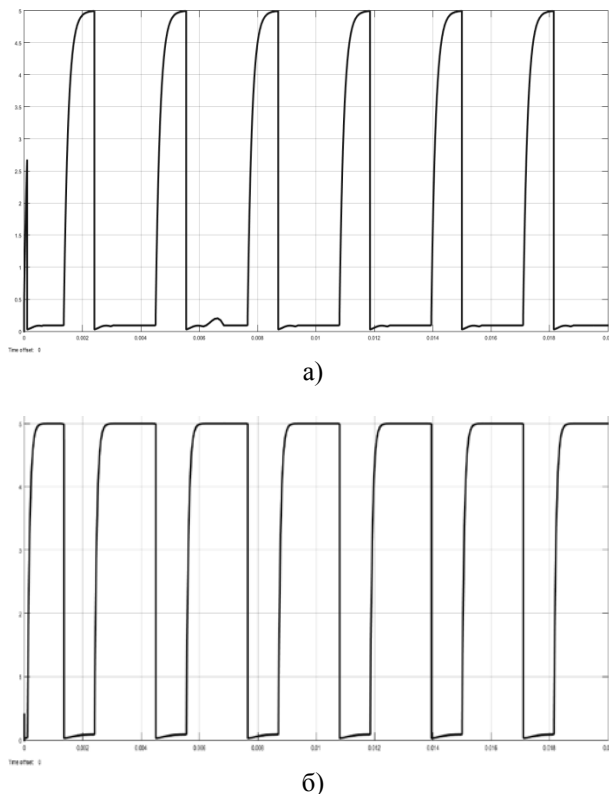


Рисунок 4– Увеличение составляющей элемента C1 на 50 %: а) выход T1; б) выход T2

При выходе из строя емкости ситуация уже меняется. Диаграмма сигнала первого каскада, к которому функционально относится элемент C1, сильно меняет

свою форму. Время открытия T1 уменьшается, а вслед за этим, искажается и работа второго каскада. Соответственно, T2 остается открытым большее количество времени (рис. 4, б). Схема остаётся рабочей, но форма выходного сигнала подвергается искажениям.

Модель 2. Во второй части работы был смоделирован и исследован бистабильный мультивибратор или триггер. В нормальном режиме работы на выходе T1 держится сигнал уровня 10 В, а на T2 около 0,2 В. Аналогично модели астатического мультивибратора изменяем R1 и C1 на 50 %.

Анализ диаграмм (рис. 5) показывает обратный эффект для триггера. При варьировании R1 выходной сигнал отклонялся от заданного уровня 8 В до 6 В на выходе T1, и с 0,2 В до 0,18 В на выходе T2. Однако, изменение величины емкости C1 не принесло таких существенных отклонений и выходной сигнал остался практически на том же самом уровне.

Модель 3.

Последней исследуемой моделью, является таймер (рис. 6).

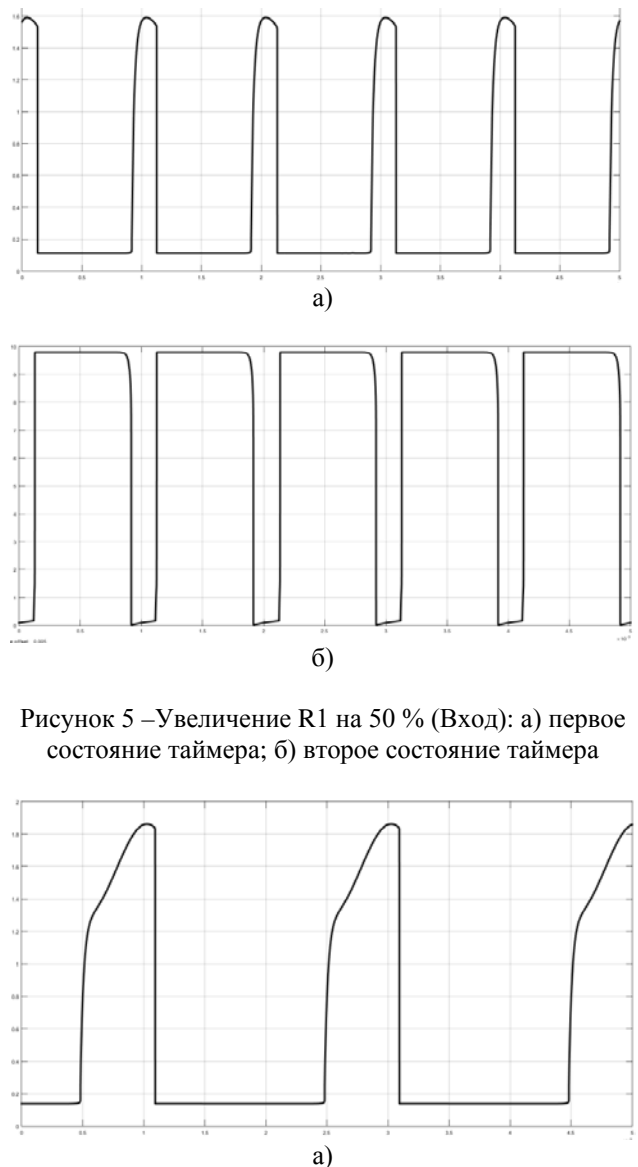


Рисунок 5 –Увеличение R1 на 50 % (Вход): а) первое состояние таймера; б) второе состояние таймера

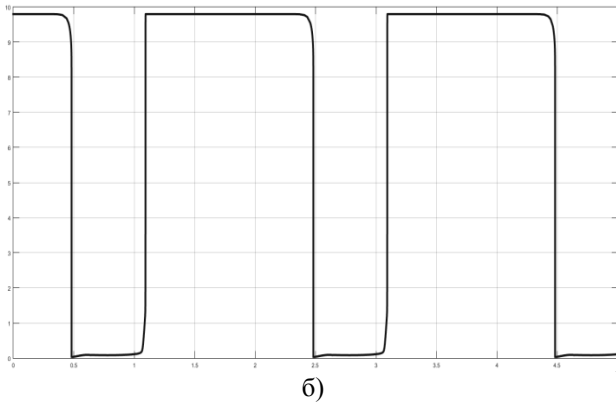


Рисунок 6 – Увеличение C1 на 50 % (Вход):
а) первое состояние таймера;
б) второе состояние таймера

В ходе анализа диаграммы (рис. 6) таймер оказался самым нестабильным из всех трёх устройств. Изменение величины R1 ведёт к потере устойчивости импульса, как и изменение емкости C1.

Проведем анализ схем и расчет их долговечности упрощенным классическим способом на основании справочных коэффициентов [4, 5]. Результаты сведем в (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение надежности схем (рис. 1-3), классическим методом согласно ГОСТ

Наименование	Нестабильный	Триггер	Таймер
Общее число элементов	9	14	15
Вероятность отказа схемы (классический метод)	2,013	3,387	3,113
Отклонение сигнала при изменении C1 на 50 %	40-50 %	до 5 %	до 50 %
Отклонение сигнала при изменении R1 на 50 %	до 5 %	до 15 %	до 80 %

Выводы. Моделирование аномальных (аварийных) процессов работы радиоэлектронных схем показало, что самой ненадежной является схема таймера (рис. 3), а наиболее стабильной (по уровню отклонения) – схема триггера (рис. 2). Также показано, что расчетные данные и результаты моделирования отличаются – это в свою очередь подтверждает начальную

теорию о несовершенстве классического метода оценки надежности радиоэлектронных схем. Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение методик расчета схем и обработки результатов исследования компьютерных моделей с учетом динамических свойств элементов анализируемых схем.

Список использованных источников

1. Малинский В. Д. и др. Испытания радиоаппаратуры. – М.: Энергия, 1965. – 440 с.
2. Солёный С. В., Демченко Г. В. Разработка рекомендаций к защите от возгораний изоляции электрической проводки жилых объектов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені М. Остроградського. – Кременчуг: КДП. Вип.4(63). – 4.1. 2010. – С. 79-82.
3. K. Subramanian. Multivibrator types using transistors, 25 May 2008. Электронный источник [http:// se.mathworks.com](http://se.mathworks.com).
4. ГОСТ 18322-78. Системы технического обслуживания и ремонта техники. Термины определения. С поправками от 01.03.2006. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 13 с.
5. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 21 с.

Анотація

ДО ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ТЕОРЕТИЧНОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ І МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ

Кузнецов П. А., Юдін О. В., Сольоний С. В.,
Сольона О. Я.

Розглянуто переваги моделювання мультівібраторів з наступним дослідженням режимів роботи при старінні елементів, на відміну від класичного методу розрахунку.

Abstract

TO THE PROBLEM OF THEORETICAL CALCULATION METHOD SELECTION AND WORK RELIABILITY OF RADIOELECTRONIC SCHEMES

P. Kuznetsov, A. Judin, S. Soleniy,
O. Solenaya

The were analyzed advantages of multivibrators modelling with the following research of operation conditions following by elements ageing, in compare with traditional calculation method.