

**РАЗРАБОТКА СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗРЯДА  
СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПО МОДЕЛИ СДМ НА ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР С  
ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ**

*<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь.*

В ходе технологического процесса электронные компоненты испытывают контакт и разделение с разнородными материалами. В результате контактирования и разделения в электронных компонентах могут образовываться и накапливаться электростатические заряды. Данный процесс может иметь

место в результате трения при скольжении по поверхности конвейеров, соскальзывания электронных компонентов по поверхности питателей, что может иметь место при монтаже электронных компонентов при помощи автоматических линий. При последующем контакте заряженного электронного компонента с заземлённым оборудованием происходит быстрый электростатический разряд (далее – ЭСР). Такой разряд получил название модели заряженного устройства (*CDM*) [1]. По данной причине представляется актуальным схмотехническое моделирование *CDM* электростатического разряда.

Для моделирования импульсов ЭСР необходимо производить моделирование переходных процессов с пикосекундным шагом. Не все программы схмотехнического моделирования могут рассчитывать переходный процесс с данным шагом [2]. Предварительно выполненные авторами тестирования программы *Qucs* показало, что в ней возможно производить расчёт переходных процессов с пикосекундным шагом, что и требуется для построения моделей воздействия импульсов ЭСР на электронные компоненты. Таким образом, несмотря на то, что программа *Qucs* относится к классу программного обеспечения с открытым исходным кодом и распространяется бесплатно, в данной программе, возможно получать результаты моделирования сравнимые с теми, что обеспечиваются коммерческим программным обеспечением для схмотехнического моделирования. Данное свойство является достоинством программы *Qucs*.

В докладе рассматривается пример построения схемы модели воздействия *CDM* ЭСР на транзистор *IRF730* и получения последующих осциллограмм в программной среде *Qucs*, приведено пояснение по работе с программной средой *Qucs*.

Алгоритм построения моделей состоит в том, что корпус электронного компонента заменяется цепью из связанных емкостей, которые несут в себе начальный заряд. При контакте вывода с элементом с заземлённым электродом эти ёмкости разряжаются и создают импульсные перенапряжения между выводами транзистора.

Данная схема является довольно легкой, поэтому непосредственно при её построении не должно возникнуть никаких трудностей и компоненты, которые используются в данной схеме, за исключением некоторых располагаются в разделе дискретных компонентов. Таковыми являются конденсатор, резистор, переключатель, элемент земля. Однако необходимо добавить 2 измерителя напряжения и включить их в схему. Они находятся в разделе измерителей. Существует возможность также добавлять некоторые компоненты с панели быстрого доступа, одним из которых является компонент земля. Методика добавления такая же, как и было описано выше, за исключением того, что элемент находится в прямом доступе.

На рисунке 1 такая операция показана на примере конденсатора, однако всё аналогично для остальных компонентов, за исключением измерителей, элементов земли и транзистора, у которых уже имеются все необходимые данные. Конечный вид параметров элементы и схемы должны иметь следующий вид:

Когда схема собрана, параметры определены и проставлены, необходимо перейти к самой важной части процесса для получения результатов, а именно, моделированию. Для того, чтобы произвести моделирование необходимо из выпадающего подменю компонентов выбрать пункт «Виды моделирования».

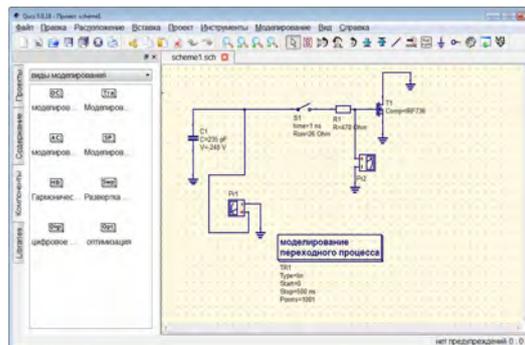


Рисунок 1 – Виды моделирования, предлагаемые программной средой Qucs

В результате должны получиться осциллограммы, приведённые на рисунке 2.

## Информационные технологии и инфокоммуникации

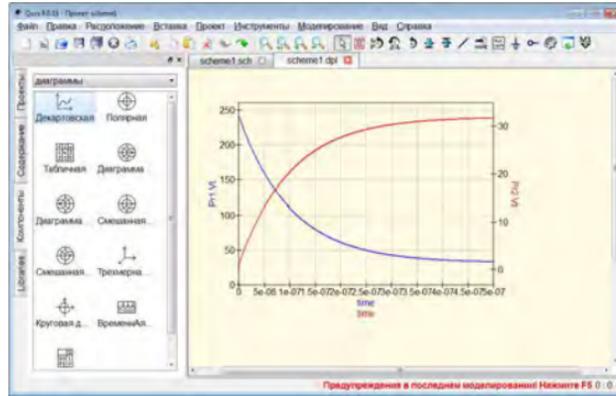


Рисунок 2 – Осциллограммы переходного процесса при ЭСР на разрядном конденсаторе и на затворе тестируемого транзистора

В результате проведённой работы был приведён пример построения схемы модели воздействия CDM ЭСР на транзистор *IRF730* и получены осциллограммы в программной среде *Qucs*, приведено пояснение по работе с программной средой *Qucs*.

### ЛИТЕРАТУРА

1. The Impact of ESD on Microcontrollers / Gennady A. Piskun, Viktor F. Alexeev, Sergey M. Avakov, Vladimir E. Matyushkov, Dmitry S. Titko ; Edited by PhD, Associate professor Viktor F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p. – ISBN 978-9857-148-40-0.
2. Коуров, Л.В. Информационные технологии / Л.В. Коуров. – Минск: Амалфея, 2000. – 192 с.