

В. В. ЮРГУЛЬСКИЙ

БГПУ (г.Минск, Беларусь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА СХЕМЫ ВЫПРЯМИТЕЛЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

Актуальной проблемой современного образования является необходимость совершенствования образовательного процесса в высшем учебном заведении за счет применения компьютерных технологий. Они дают возможность студентам проявить себя, в первую очередь, как исследователь, а преподавателю – как эксперт. Следовательно, при такой организации работы между ними устанавливается тесное сотрудничество и совместное творчество.

Исследовательская работа в лаборатории предполагает наличие определенного оборудования, но при современных темпах развития электроники учебным вузам трудно, а порой и невозможно приобретать современные приборы по причине больших материальных затрат. Решением данной проблемы является использование компьютерных технологий, одной из которых является система схемотехнического моделирования Micro-Cap.

Использование предложенной программы позволяет быстро и качественно провести эксперимент и осуществить контроль над деятельностью студентов во время исследовательской работы, проводимой в лаборатории радиоэлектроники физико-математического факультета БГПУ, по моделированию и компьютерному анализу полупроводниковых выпрямителей.

Схемы выпрямления могут быть однофазными и многофазными. Однополупериодная схема однофазного выпрямителя с активной нагрузкой и схема моделирования показаны на рисунке 1.

Напряжение U_2 на вторичной обмотке трансформатора с его омическим сопротивлением R_1 является гармоническим колебанием с частотой промышленной сети, однако проведение анализа можно проводить на любой частоте. Диод D_1 с его открытым сопротивлением R_2 пропускает ток через сопротивление нагрузки R_3 в одном направлении, что дает возможность получить выпрямление пульсаций положительного напряжения на выходе.

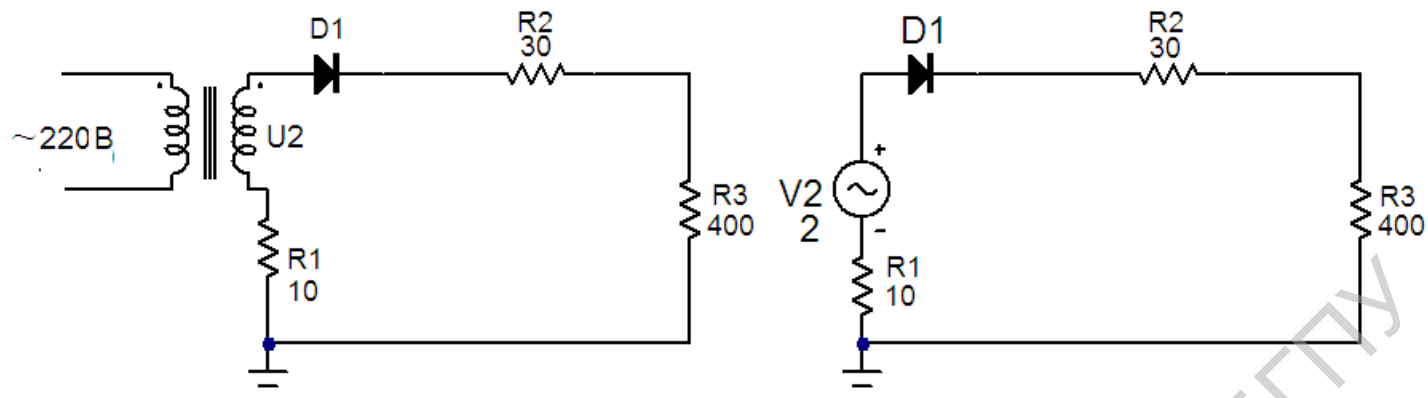


Рисунок 1 – Полная схема
выпрямителя и схема моделирования

Анализ начинается с построения графика однополупериодного пульсирующего напряжения с учетом изменения сопротивления $R1$, по которому определяется амплитуда пульсирующего напряжения, время периода и время пульсаций, угол отсечки гармонического напряжения (рисунок 2).

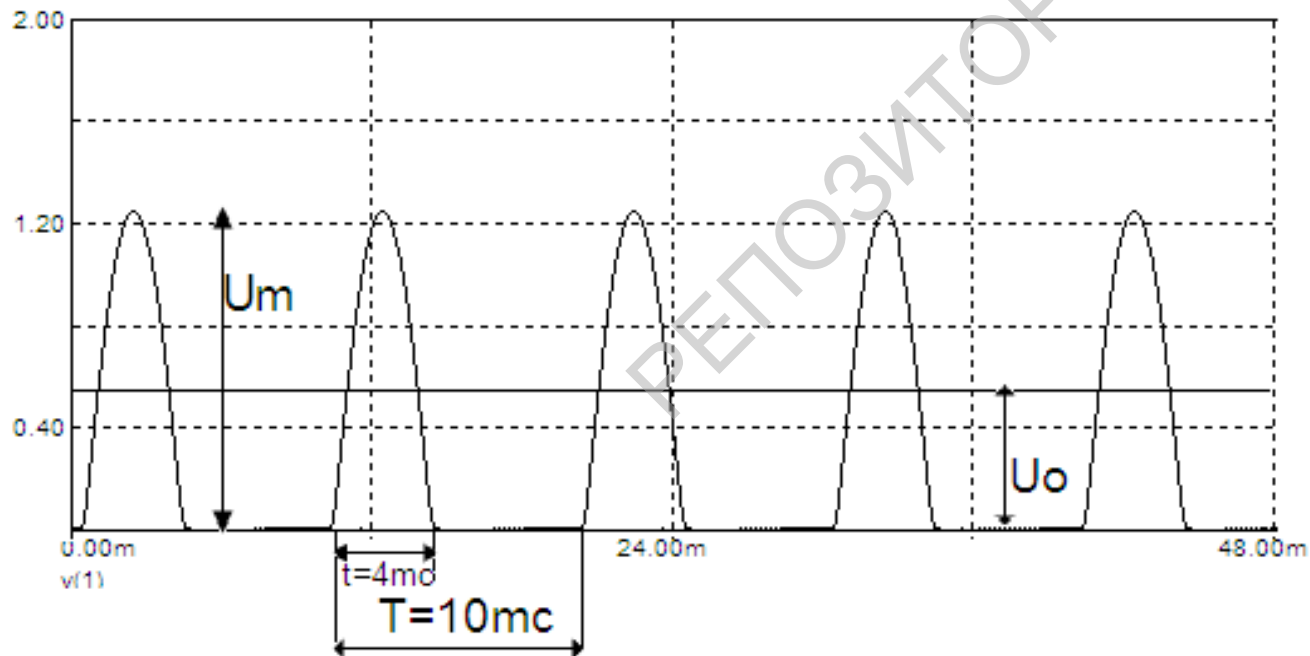


Рисунок 2 – График однополупериодного
пульсирующего напряжения

Амплитуда пульсирующего напряжения (тока) определяется по графику (рисунок 2) как разность между максимумом и минимумом пульсаций. Отношение постоянной составляющей напряжения (тока) к амплитуде напряжения (тока) определяется по формуле

$$I_0 / I_m = (\sin \theta - \theta \cos \theta) / (\pi(1 - \cos \theta)),$$

в которой θ является углом отсечки гармонического напряжения U_2 . Этот угол равен половине части периода, за которую проходят пульсации. По графику угол отсечки θ определяется следующим образом:

- измеряется время периода (по графику $T = 10\text{мс}$);
- измеряется время пульсаций (по графику $t = 4\text{мс}$);
- определяется угол отсечки в градусах $\theta = 180 \cdot t / T = 180 \cdot 0,4 = 72^\circ$.

Амплитуда колебаний первой, второй и т.д. гармоник определяется по соответствующим формулам через амплитуду пульсирующего напряжения

$$U_{A1} = \frac{1}{2} U_{2m}, \quad U_{A2} = \frac{2}{3\pi} U_{2m}, \quad U_{A3} = \frac{2}{3 \cdot 5\pi} U_{2m}.$$

Рассчитывается отношение постоянного тока (напряжения) к амплитуде пульсирующего тока (напряжения) для разных углов отсечки (таблица 1).

Таблица 1

θ	I_0 / I_m	θ	I_0 / I_m	θ	I_0 / I_m	θ	I_0 / I_m
5	0.018	35	0.128	65	0.235	100	0.350
10	0.037	40	0.147	70	0.252	110	0.379
15	0.055	45	0.165	75	0.270	120	0.406
20	0.074	50	0.183	80	0.286	140	0.453
25	0.092	55	0.200	85	0.302	160	0.486
30	0.110	60	0.21	90	0.318	180	0.500

Следует обратить внимание на величину равную 0.318 при угле отсечки в 90 градусов, когда время всей пульсации равно половине периода гармонического колебания на входе диода. Углы отсечки более 90 градусов на практике используются редко.

Малые углы отсечки выходного напряжения получаются при входном напряжении на диоде менее 3 вольт, при входном напряжении более 10 вольт угол отсечки близок к 90 градусам.

Выпрямительные устройства предназначены для создания необходимого постоянного напряжения (тока) на заданном сопротивлении нагрузки без всяких посторонних напряжений, которыми являются напряжения гармоник. Для фильтрации постоянного напряжения устанавливаются фильтры низких частот, используемых в схемах выпрямителей (рисунок 3).

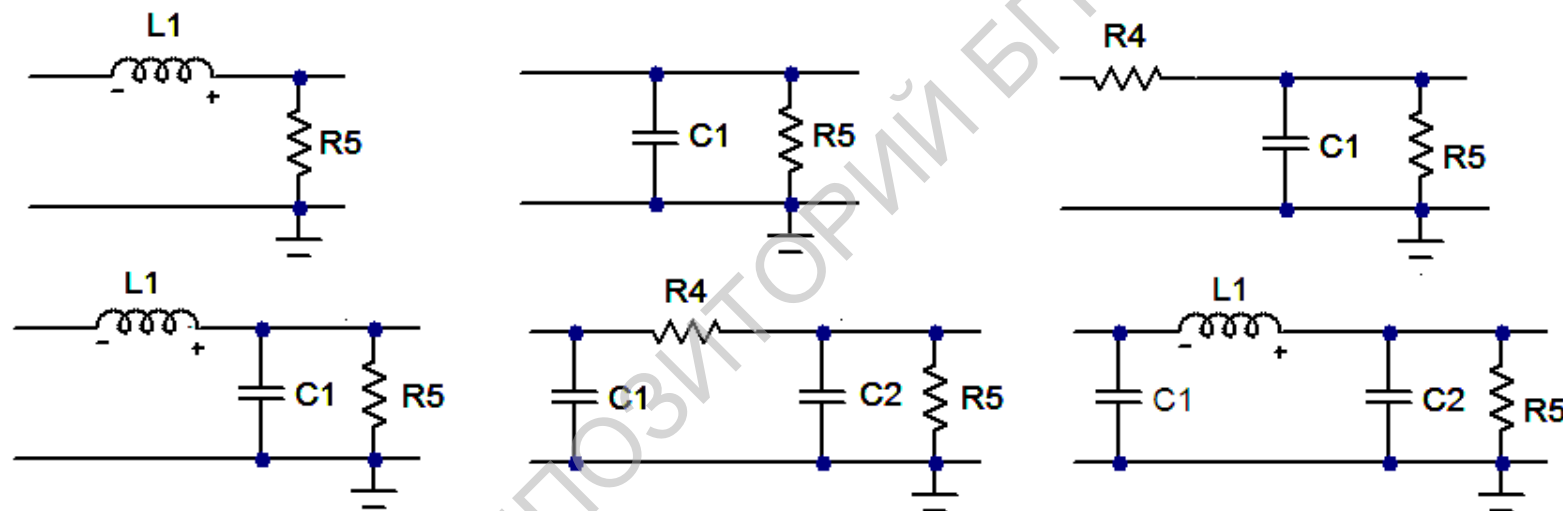


Рисунок 3 – Схемы сглаживающих фильтров

При подключении различных схем фильтра проводится анализ на ослабление гармоник пульсирующего напряжения. Определяется коэффициент пульсаций и коэффициент сглаживания по первой гармонике

$$S'_0 = \frac{U'_{A1}}{U_0} = \frac{I'_{A1}}{I_0};$$

В таблице 2 показаны коэффициенты пульсации по гармоникам.

Таблица 2

m – число полупериодов	f – частота пульсации	S ₀ – коэффициент пульсации		
1-однополупериодная	f	S ₀ – по первой гармонике	S ₀ – по второй гармонике	S ₀ – по третьей гармонике
		1.57	0.663	0.133

Рассмотренный пример является одним из исследований схемы однополупериодного выпрямителя. Также можно качественно и количественно исследовать другие схемы выпрямления: двухполупериодные, трехфазные схемы, при моделировании которых обеспечивается и формируется мотивация и потребность к творческой деятельности у студентов.



Список использованных источников

1. Разевиг, В.Д. Система схемотехнического моделирования / В.Д.Разевиг. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.