

УДК 621.311. : 629.12

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ВТОРИЧНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА

Гуляев Владимир Викторович¹, доцент

e-mail: eovt@mail.ru

Кралин Алексей Александрович², доцент

e-mail: akralin@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

² Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Разработана модель повышающего преобразователя постоянного напряжения в программной среде моделирования Matlab Simulink. В результате моделирования получены временные зависимости электромагнитных величин, определяющих режимы работы преобразователя. Разработанная модель позволяет проектировать преобразователи постоянного напряжения с требуемыми параметрами.

Ключевые слова: преобразователь постоянного напряжения, Matlab Simulink.

SIMULATION MODEL OF A DC VOLTAGE CONVERTER FOR A SECONDARY POWER SUPPLY OF AN AUTONOMOUS FACILITY

Gulyaev Vladimir Viktorovich¹, Associate Professor

e-mail: eovt@mail.ru

Kralin Aleksey Aleksandrovich², Associate Professor

e-mail: akralin@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

² Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. A model of a DC step-up converter has been developed in the Matlab Simulink simulation software environment. As a result of the simulation, the time dependences of the electromagnetic quantities determining the operating modes of the converter are obtained. The developed model makes it possible to design DC voltage converters with the required parameters.

Keywords: DC voltage converter, Matlab Simulink.

Преобразователи постоянного напряжения, как отдельный класс электротехнических устройств, используются для построения систем вторичного электропитания уже более 30

лет [1]. На настоящий момент разработано и внедрено в практику электротехнических расчетов более сотни различных вариантов схем таких преобразователей. Однако, в среде *Matlab Simulink* модели данного класса устройств исследованы, на взгляд авторов, не достаточно полно.

На рисунке 1 приведена одна из базовых схем- повышающий преобразователь постоянного напряжения. Данная конфигурация может применяться как при малых, так и средних мощностях нагрузки: от десятков Ватт до единиц киловатт.

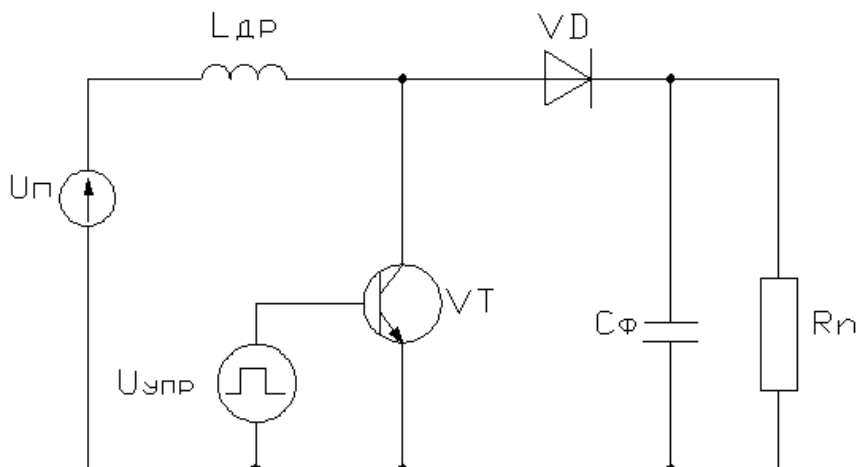


Рисунок 1 – Схема повышающего преобразователя постоянного напряжения

Данной схеме соответствует модель, приведенная на рисунке 2.

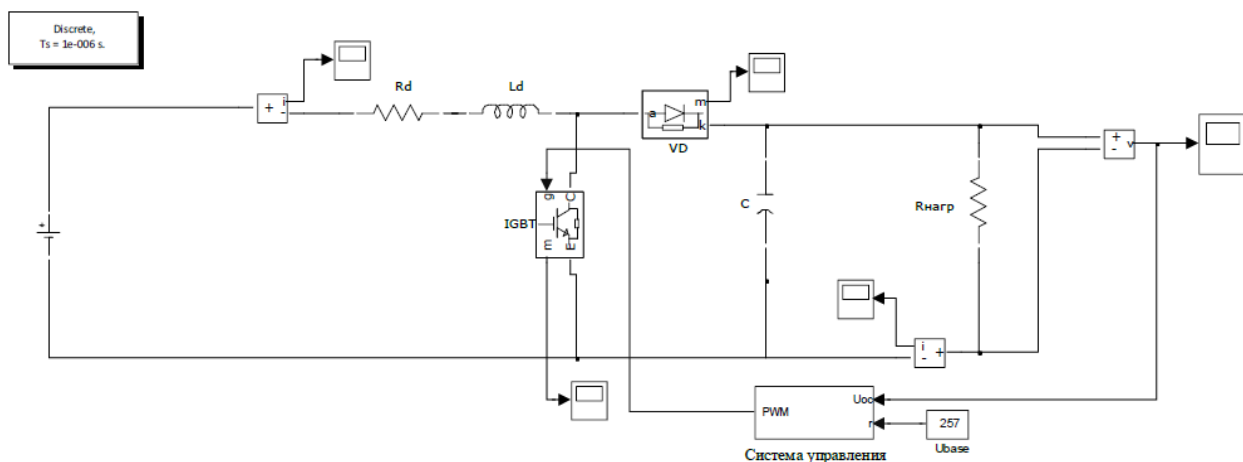


Рисунок 2 – Модель преобразователя в среде Matlab Simulink

Расчет параметров преобразователя, как уже было сказано, можно осуществлять по известным методикам [2]:

Выбираем частоту преобразования f_n и принимаем $\eta_{cm} = 0,92$

Определяем минимальное, номинальное и максимальные значения относительной длительности открытого состояния транзистора:

$$\begin{aligned} \gamma_{min} &= \frac{1}{\eta_{ст}} \left(1 - \frac{U_{п+\Delta U_{п}}}{U_{н-\Delta U_{н}}}\right), & \gamma_{min} &= \frac{1}{0,92} \left(1 - \frac{45+2,25}{257,4-25,74}\right) = 0,865 \\ \gamma_{nom} &= \frac{1}{\eta_{ст}} \left(1 - \frac{U_{п}}{U_{н}}\right), & \gamma_{nom} &= \frac{1}{0,92} \left(1 - \frac{45}{257,4}\right) = 0,897 \\ \gamma_{max} &= \frac{1}{\eta_{ст}} \left(1 - \frac{U_{п-\Delta U_{п}}}{U_{н+\Delta U_{н}}}\right), & \gamma_{max} &= \frac{1}{0,92} \left(1 - \frac{45-2,25}{257,4+25,74}\right) = 0,923 \end{aligned}$$

Из условия обеспечения режима непрерывности токов определяем минимальную индуктивность дросселя:

$$L_{min} \geq \frac{(U_n - \Delta U_n) \gamma_{max} (1 - \gamma_{max})}{2 I_{nmin} f_n} \quad L_{min} \geq 2,176 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$$

$$L_{min} \geq \frac{(45 - 2,25) \cdot 0,923 \cdot (1 - 0,923)}{2 \cdot 3,497 \cdot 20000} = 21,76 \text{ мкГн}$$

Определяем средний, минимальный и максимальный ток дросселя:

$$I_{Lcp} = \frac{I_{nmax}}{(1 - \gamma_{max})}, \quad I_{Lcp} = \frac{3,885}{(1 - 0,923)} = 50,351(A)$$

$$I_{Lmin} = I_{Lcp} - \frac{U_{nmin} \gamma_{max}}{2 L_{min} f_n}, \quad I_{Lmin} = 50,351 - \frac{42,75 \cdot 0,923}{2 \cdot 2,176 \cdot 10^{-5} \cdot 20000} = 5,035(A)$$

$$I_{Lmax} = 2 I_{Lcp} - I_{Lmin} \quad I_{Lmax} = 2 \cdot 50,351 - 5,035 = 95,667(A)$$

Ёмкость конденсатора:

$$C = \frac{U_n - \Delta U_n \cdot \gamma \cdot (1 - \gamma)}{(U_n + \Delta U_n) \cdot 0,01 \cdot f \cdot L_{min}} = \frac{45 - 2,25 \cdot 0,897 \cdot (1 - 0,897)}{(45 + 2,25) \cdot 0,01 \cdot 20000 \cdot 2,176 \cdot 10^{-5}} = 0,011 \text{ Ф}$$

Коэффициент стабилизации

$$k_{cm} = \frac{\Delta U_n \cdot U_n}{U_n \cdot \Delta U_n}$$

$$k_{cm} = \frac{2,25 \cdot 257,4}{45 \cdot 25,74} = 0,5$$

Коэффициент широтно-импульсной модуляции (ШИМ):

$$k_{shim} = (\gamma_{nom} - \gamma_{min}) k_{cm} \frac{U_n}{\Delta U_n \cdot U_n}$$

$$k_{shim} = (0,897 - 0,865) \cdot 0,5 \cdot \frac{45}{2,25 \cdot 257,4} = 0,00123$$

Сопротивление нагрузки:

$$R_n = \frac{U_n}{I_n}$$

$$R_n = \frac{257,4}{3,885} = 66,225(Ом)$$

Предварительная настройка параметров модели может осуществляться на основе приведенного выше типового расчета. В ходе исследования модели параметры схемы корректируются в соответствии с полученными результатами моделирования [3].

Исходные параметры основных блоков модели приведены на рисунках 3 – 7.

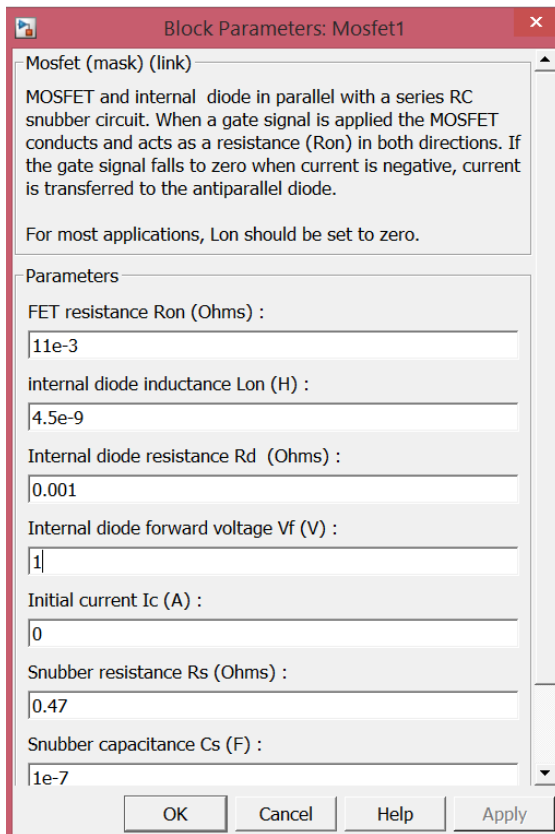


Рисунок 3 – Блок настройки транзистора

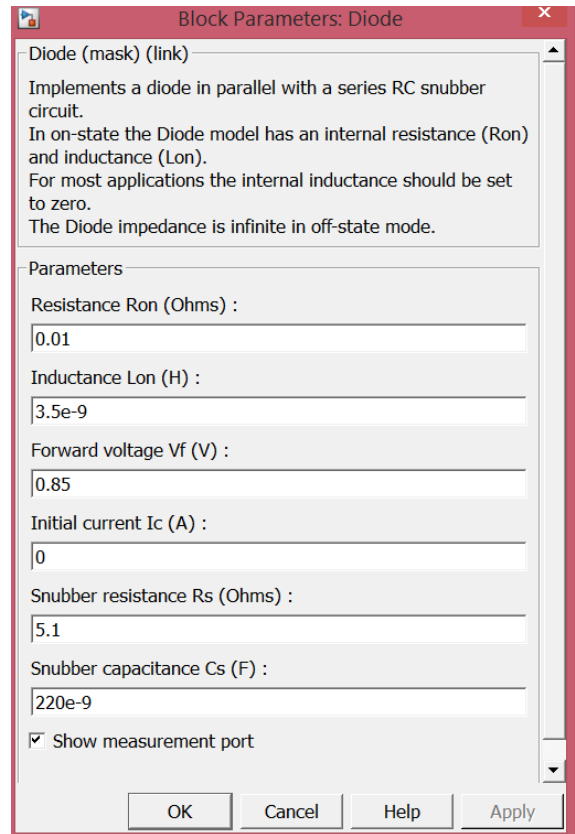


Рисунок 4 – Блок настройки диода

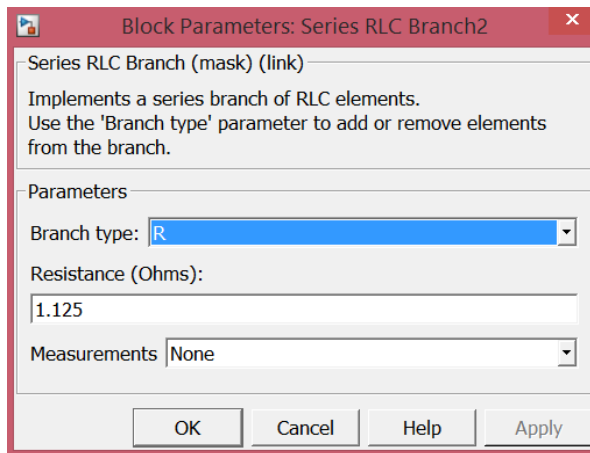


Рисунок 5 – Блок настройки приемника

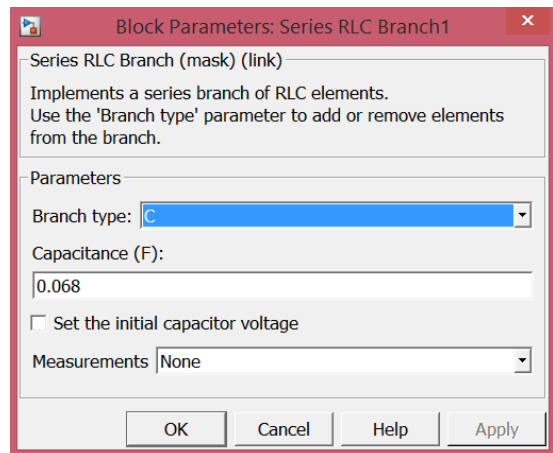


Рисунок 6 – Блок настройки конденсатора

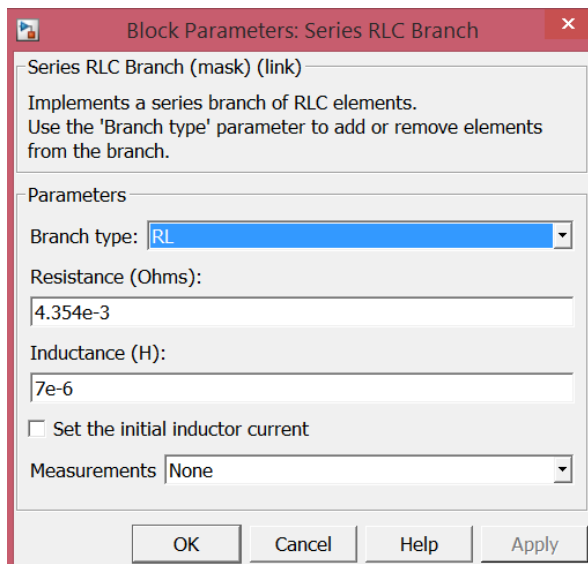


Рисунок 7 – Блок настройки индуктивного дросселя

Помимо рассмотренных блоков схема содержит в своем составе систему управления подачи импульсов на транзистор, которая может реализовывать различные алгоритмы управления работы преобразователя. Подпрограмма системы управления приведена на рисунке 8.

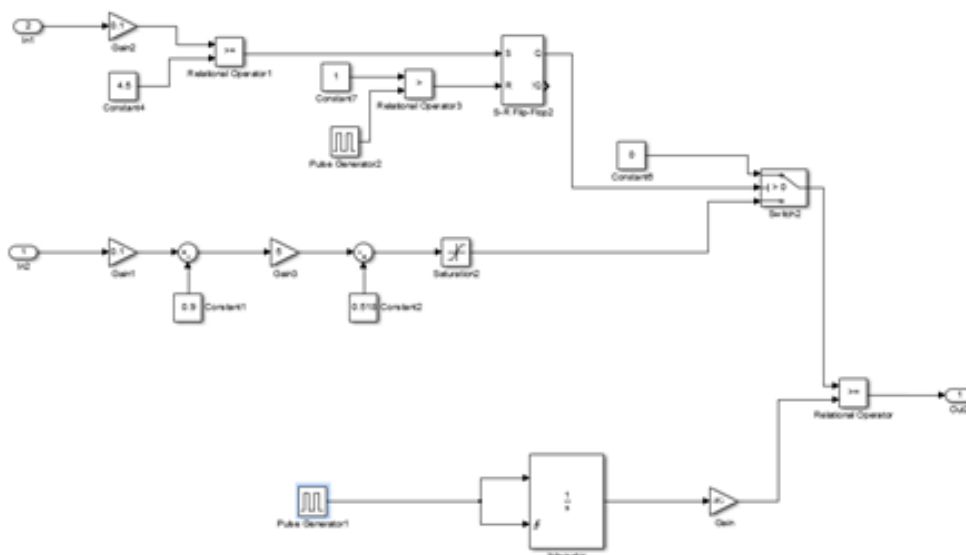


Рисунок 8 – Блок, реализующий функции системы управления

Представленная модель позволяет рассмотреть электромагнитные процессы в преобразователе на этапе проектирования с высоким уровнем точности как в установившихся, так и в переходных процессах.

В качестве результатов моделирования на рисунках 9 и 10 приведены временные зависимости напряжения на нагрузке и тока индуктивного дросселя.

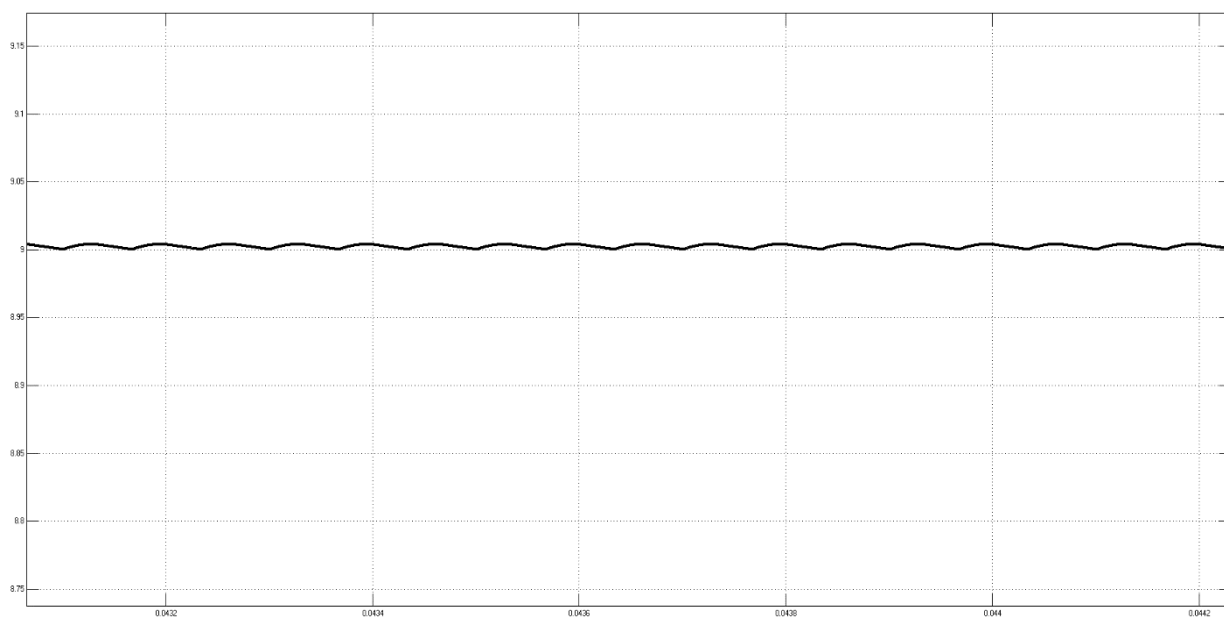


Рисунок 9 – Выходное напряжение преобразователя в установившемся режиме работы

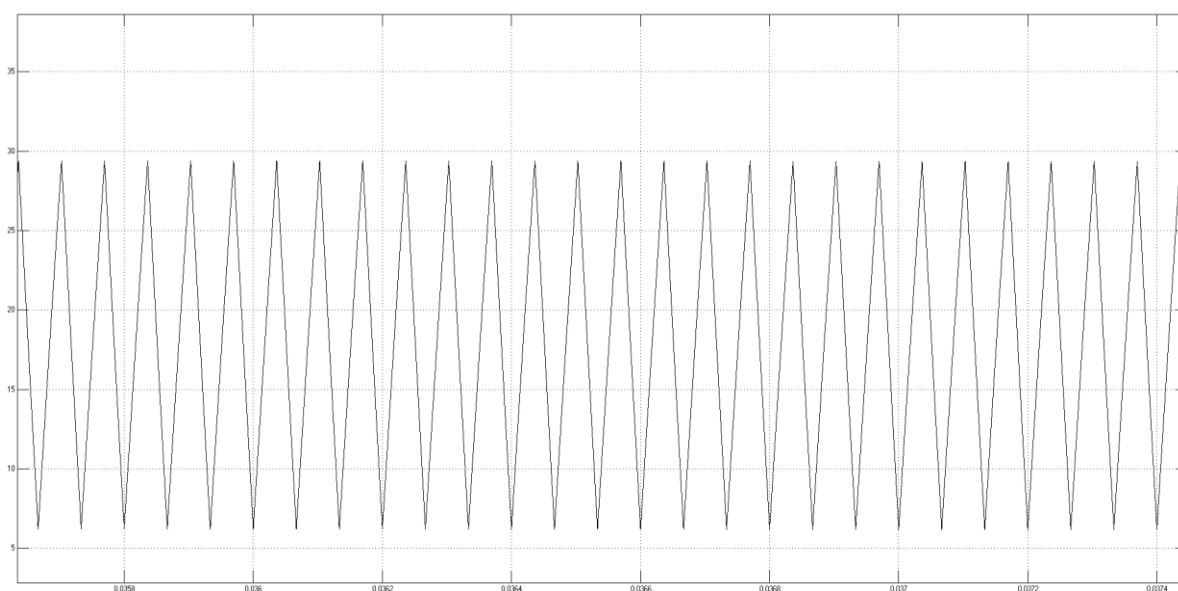


Рисунок 10 – Ток индуктивного дросселя в установившемся режиме работы

Список литературы:

1. Моин В.С.: Стабилизированные транзисторные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1986 г.
2. Найвелът Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И.: Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. – М.: Радио и связь, 1985 г.
3. Алтунин Б. Ю., Блинов И. В., Кралин А. А., Панкова Н. Г.: Электротехнические расчеты в системе компьютерной математики MATLAB SIMULINK: Учеб. Пособие; НГТУ. Н. Новгород, 2005 г.
4. Чивенков, А.И. Универсальный преобразователь как основа для согласования параметров источников распределенной сети с ВИЭ / А.И. Чивенков, И.Г. Крахмалин // Интеллект-туальная электротехника. – 2018. – № 1. – С. 112 – 125.