

УДК 004.2

MODELING A SWITCHING POWER SUPPLY WITH MATLAB

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ MATLAB

Shugailo Yu.B. / Шугайло Ю.Б.

s.p.- m.s., as.prof. / к.ф.-м.н.

ORCID: 0000-0003-2144-093X

Odessa National University, Odessa, Dvoryanska, 2, 65029

Одесский национальный университет, Одесса, Дворянская, 2, 65029

Korenkova H.V. / Коренкова А.В.

s.p.- m.s., as.prof. / к.ф.-м.н.

ORCID: 0000-0001-7207-3688

Odessa National University, Odessa, Dvoryanska, 2, 65029

Одесский национальный университет, Одесса, Дворянская, 2, 65029

Bercov Yu.N. / Берков Ю.Н.

senior lecturer / старший преподаватель

ORCID: 0000-0001-9704-1121

Odessa National University, Odessa, Dvoryanska, 2, 65029

Одесский национальный университет, Одесса, Дворянская, 2, 65029

Аннотация. В работе рассматривается применение пакета Matlab в учебном процессе для обучения студентов методике постановки задач, составление моделей того или иного процесса и реализацию этой модели в интерактивной среде моделирования. В качестве примера приведен алгоритм моделирования импульсного понижающего регулятора напряжения, приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: Matlab, Simulink, импульсный источник питания, преобразователь, постоянный ток, моделирование, электронный ключ.

Abstract. The paper discusses the use of the Matlab package in the educational process for teaching students the method of setting tasks, drawing up models of a particular process and implementing this model in an interactive modeling environment. As an example, an algorithm for modeling a pulsed voltage regulator is given, the simulation results are given.

Key words: Matlab, Simulink, switching power supply, converter, direct current, simulation, electronic key.

Вступление.

Система Matlab [1-4] представляет собой интерактивную систему, предназначенную для выполнения инженерных и научных расчетов. Особенностью системы Matlab является наличие встроенной матричной и комплексной арифметики.

При моделировании с использованием пакета Simulink (являющегося подсистемой Matlab) реализуется принцип визуального программирования, в

соответствии с которым пользователь на экране из библиотек стандартных блоков создает модель устройства и осуществляет расчеты.

В Matlab имеются специализированные библиотеки блоков для разных областей применения SimPower System, Digital Signal Processing Blockset и др.

Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц.

Импульсные источники питания

Современные импульсные источники питания (ИИП) характеризуются применением полупроводниковых приборов, которые переключают или прерывают ток от источника [6-7]. Преимущества при этом - высокий к.п.д., небольшие габариты и работа в более широком диапазоне входных напряжений

Множество первичных источников вырабатывают электроэнергию в виде постоянного напряжения [5]. Для приведения этих напряжений к требуемому уровню, его стабилизации и/или регулирования требуются преобразователи постоянного напряжения в постоянное (ИРПН).

Во всех схемах преобразователей при включенном транзисторе дроссель накапливает энергию от источника питания, при выключенном транзисторе дроссель отдает энергию в конденсатор и нагрузку.

Все схемы ИРПН могут работать в двух различных режимах: непрерывного тока в накопительном дросселе или прерывистого тока в накопительном дросселе.

Преимущество режима непрерывного тока состоит в том, что пульсации напряжения на выходе незначительны. Недостатком же этого режима являются повышенные токи и мощность, рассеиваемая в транзисторе при переключении.

Мгновенное значение тока в дросселе находится из уравнения

$$i_d = I_{\min} + kt; \quad \text{где} \quad k = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{T} \quad (1)$$

Средний ток в дросселе

$$I_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_d dt = \frac{1}{2} (I_{\max} + I_{\min}) \quad (2)$$

Действующий (эффективный) ток в дросселе:

$$I_{d.\text{эф}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_d^2 dt} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{I_{\max}^2 + I_{\max} I_{\min} + I_{\min}^2} \quad (3)$$

Граница между режимами прерывистого и непрерывного тока находится из решения дифференциального уравнения на интервале включенного состояния транзистора при нарастании тока в дросселе.

$$L \frac{di_d}{dt} + r i_d = U_L \quad (4)$$

где $U_L = U_d - U$ для понижающего ИРПН (рис.1а).

Решение уравнения (4) на интервале включенного состояния транзистора позволяет найти связь между параметрами ИРПН в граничном режиме:

$$I_{\max} = 2I_d = \frac{\gamma T U_L}{\tau_d r} \quad \text{где} \quad \tau_d = \frac{L}{r}; \quad \gamma = \frac{t_1}{T} \quad (5)$$

Зависимость между средним значением тока в дросселе (I_d) и средним значением тока нагрузки (I) находится из условия нулевого среднего тока в емкости на периоде коммутации. Для понижающего ИРПН $I_d = I$.

Среднее напряжение на нагрузке в граничном режиме связано с напряжением питания уравнением $U = U_d$, что позволяет с учетом (5) найти выражение для среднего тока нагрузки в граничном режиме (6).

$$I = \frac{\gamma T}{2\tau_d} (1 - \gamma) \frac{U_d}{r} \quad (6)$$

Моделирование импульсного понижающего источника питания

Схема ИРПН показана на рис.1а. Расчетные схемы замещения ИРПН на коммутационных интервалах представлены на рис.1 б, в. В течение периода несущей частоты (T) в режиме непрерывных токов последовательно образуются два коммутационных интервала. На первом интервале при включенном транзисторе VT (рис. 1б) источник постоянного напряжения U_d подключен к нагрузке через накопительный дроссель L.

При выключенном транзисторе VT на втором интервале (рис. 1в) ток дросселя L, замыкаясь через диод VD, и ток конденсатора C протекают на выход преобразователя в нагрузку R.

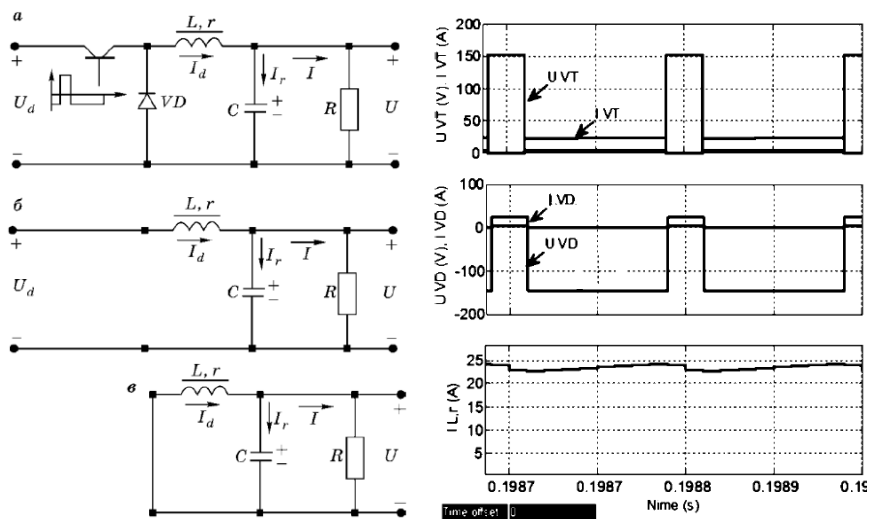


Рис. 1. Схема ИРПН (а), его схемы замещения (б,в) на коммутационных интервалах и происходящие в нем электромагнитные процессы

В соответствии с требованиями изложенными выше в Matlab/Simulink была создана модель понижающего ИРПН (рис.2).

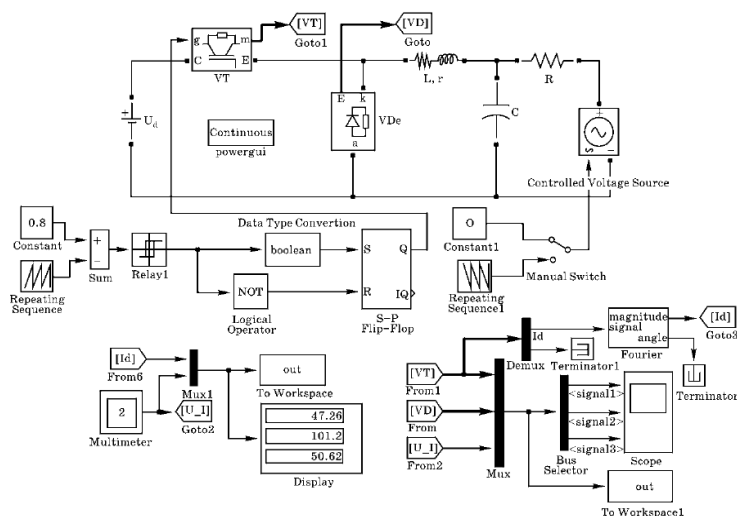


Рис. 2. Модель импульсного понижающего регулятора постоянного напряжения

Заключение и выводы.

Моделирование занимает одно из центральных мест в проектировании: модель обеспечивает адекватное отображение свойств объекта, устраняет проблемы, связанные с измерениями на реальных объектах, обеспечивает воспроизводимость результатов и т. д. Именно поэтому обучение принципам и приемам моделирования имеет большое значение в обучении студентов –

будущих специалистов. Наиболее подходит на эту роль, по нашему мнению, пакет Matlab с его необъятными возможностями и относительной простотой и доступностью для учащихся.

Matlab может использоваться в образовательной программе подготовки бакалавров в дисциплинах, формирующими базовую подготовку в области электроники и компьютерных информационных систем, такими как «Теория электрических цепей», «Компьютерная электроника», «Компьютерная схемотехника», и дисциплинами специализации.

Использование пакета и Matlab приведет к повышению качества обучения студентов.

Литература:

1. Дьяконов В.П. MATLAB R2007/2008/2009 для радиоинженеров. - М.: ДМК Пресс, 2010. — 976 с.
2. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. — 512 с.
3. Морозов В.К. Моделирование информационных и динамических систем: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Морозов, Г.Н.Рогачев. М.: Издательский центр «Академия». 2011. — 384 с.
4. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6[®]. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала». М.: СОЛОН Пресс, 2005. — 800 с.
5. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 448 с.
6. Готтлиб И.М. Источники питания. Инверторы, конверторы, Линейные и импульсные стабилизаторы. Москва: Постмаркет, 2002. — 544 с.
7. Москатов Е.А. Источники питания. — К.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2011.—208 с.