

УДК 621.314

DOI: 10.30987/conferencearticle_61c997f0cf3926.88929118

ПОСТРОЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ОДНОТАКТНОГО ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Николай Александрович Полищук, магистр, colya.polischuk@yandex.ru

Андрей Дмитриевич Юрченков, магистр

Сергей Владимирович Дроздецкий, ст. преподаватель

Филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Россия, Смоленск

Аннотация. В данной статье получены формулы для построения непрерывной модели однотактного прямоходового преобразователя, построена непрерывная модель и приведен пример ее использования.

Ключевые слова: импульсный преобразователь, непрерывная модель, коррекция частотных характеристик, синтез корректирующих звеньев.

BUILDING A CONTINUOUS MODEL OF A FORWARD CONVERTER

Nikolay A. Polischuk, master, colya.polischuk@yandex.ru

Andrey D. Yurchenkov, master

Sergey V. Drozdetsky, senior lecturer

Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute in Smolensk, Russia, Smolensk

Abstract. In this article, formulas for constructing a continuous model of a forward converter are obtained, a continuous model is built and an example of its use is given.

Keywords: pulse converter, continuous model, correction of frequency characteristics, synthesis of correcting links.

С помощью моделирования при разработке импульсных преобразователей можно оценить правильность расчета силового контура без построения макета на реальных компонентах. Для устойчивой работы преобразователя необходимо построить непрерывную модель и синтезировать корректирующие звенья. Для построения непрерывной модели преобразователя необходимо составить системы уравнений работы преобразователя на интервале импульса и интервале паузы [1].

Затем необходимо вывести среднее за период коммутации напряжение на дросселе и ток конденсатора. Таким образом, получаем для однотактного прямоходового преобразователя (ОПП) следующую систему уравнений [2]:

$$\begin{cases} \frac{U_{вх} \cdot D}{K_{тр}} = U_{L\phi} + U_c \\ I_{L\phi} = I_c + I_n, \end{cases}$$

где $U_{вх}$ – напряжение на входе преобразователя; D – коэффициент заполнения; $K_{тр}$ – коэффициент трансформации; $U_{L\phi}$ – напряжение на дросселе; U_c – напряжение на конденсаторе.

По полученной системе уравнений можно построить непрерывную модель, однако для этого также необходимо рассчитать параметры силового контура преобразователя. По первому уравнению системы составим схему, состоящую из входного и выходного источников напряжения и выходного дросселя. По второму уравнению системы составим схему из источника тока дросселя, выходного конденсатора и нагрузочного резистора. На рисунке 1 представлена непрерывная модель преобразователя в программе *MatLab*.

Источник входного напряжения реализован с учетом коэффициента заполнения и коэффициента трансформации. Выходные дроссель и конденсатор реализованы с учетом паразитных сопротивлений. Данная непрерывная модель является универсальной для всех ОПП. Пользователю необходимо задать входное напряжение, число витков в первичной и вторичной обмотках трансформатора, желаемое выходное напряжение и номиналы элементов силового контура (выходные дроссель, конденсатор и нагрузочный резистор). Также в данной непрерывной модели учтен коэффициент передачи ШИМ.

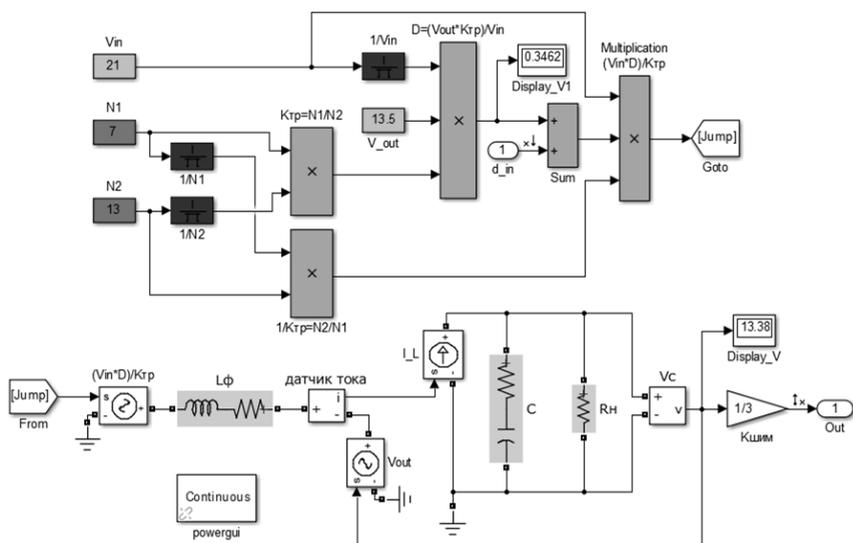


Рисунок 1 – Непрерывная модель преобразователя

В качестве примера подставим в непрерывную модель следующие параметры: входное напряжение 21 В, число витков первичной обмотки трансформатора 7, число витков вторичной обмотки трансформатора 13, желаемое выходное напряжение 13,5 В, выходной дроссель 76 мкГн, конденсатор 47 мкФ и нагрузочный резистор 9 Ом.

Далее, необходимо получить частотные характеристики, оценить устойчивость системы и осуществить коррекцию [3]. Для того, чтобы система

была устойчивой и обладала хорошими динамическими свойствами, наклон в точке пересечения с нулем должен быть -20 дБ/дек, а протяженность этого участка – не менее половины декады в каждую сторону от точки пересечения. Также, запас по амплитуде более 7 дБ и запас по фазе от 45 до 60 градусов свидетельствуют о хороших динамических свойствах системы.

Как правило, коррекцию стараются реализовать наименьшим числом корректирующих звеньев. Однако в данном случае в результате коррекций одним нулем и одним полюсом, двумя нулями и двумя полюсами не удалось добиться необходимых запасов по амплитуде и фазе. Таким образом, был выбран способ коррекции с помощью интегратора, двух нулей и двух полюсов. На рисунке 2 представлены АЧХ и ФЧХ преобразователя после коррекции.

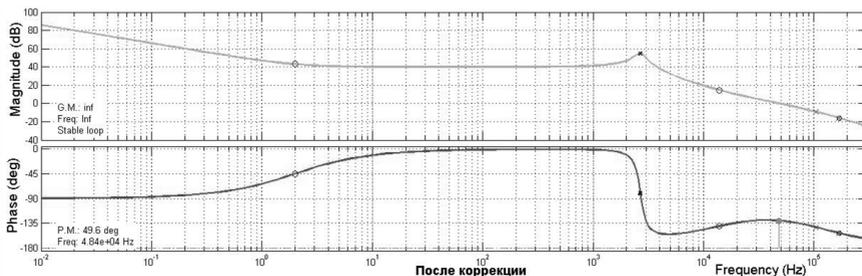


Рисунок 2 – АЧХ и ФЧХ преобразователя после коррекции

Исходя из полученных характеристик, можно сделать вывод, что система устойчива. Запас по фазе составляет $49,6$ градусов, запас по амплитуде более 7 дБ. АЧХ пересекает ось 0 дБ с наклоном -20 дБ/дек. Это также свидетельствует о хороших динамических свойствах системы. Таким образом, рассмотренная система удовлетворяет частотным критериям качества. На рисунках 3 и 4 представлены АЧХ и ФЧХ корректирующего звена соответственно.

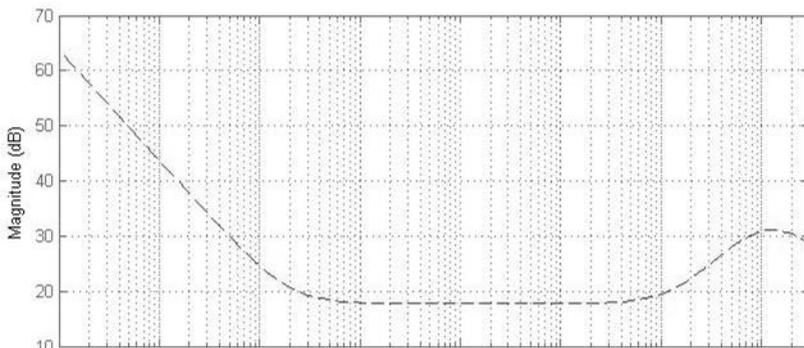


Рисунок 3 – АЧХ корректирующего звена

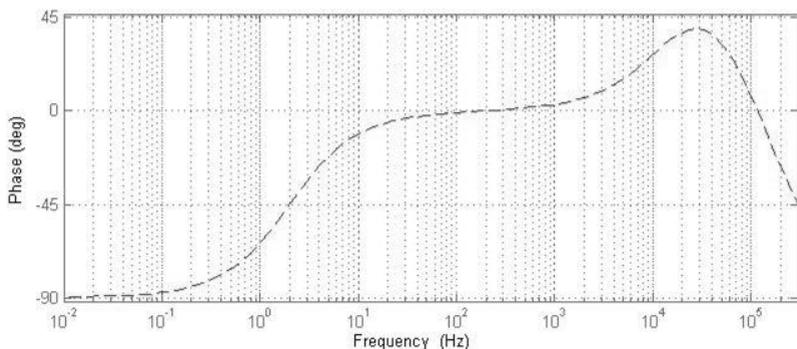


Рисунок 4 – ФЧХ корректирующего звена

Корректирующее звено можно реализовать с помощью операционного усилителя с обвязкой. На рисунке 5 представлена схема корректирующего звена в среде моделирования *MicroCap*.

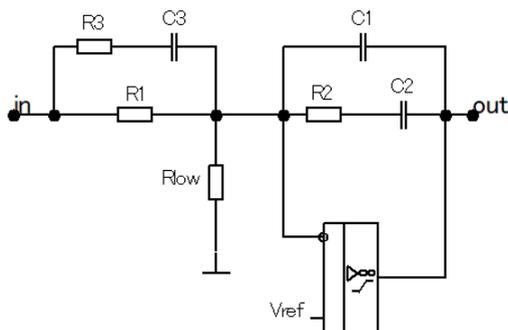


Рисунок 5 – Схема корректирующего звена в *MicroCap*

Таким образом непрерывная модель позволяет провести проверку правильности расчета номиналов компонентов силового контура преобразователя, провести синтез корректирующих звеньев, а также облегчить последующую реализацию преобразователя на макетной плате и в виде печатной платы.

Список литературы

1. Мелешин В.И. Получение непрерывной линейной модели силовой части импульсного преобразователя как начальный этап проектирования его динамических свойств/ В. Мелешин // *Электричество*. – 2002. – № 10.
2. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному / Б. Ю. Семенов – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 416 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

Материал принят к публикации 09.10.21.