

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Тураев Р.М.

Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена моделированию процессов зарядки конденсатора в цепи однополупериодного выпрямителя. Используя пакет Mathcad, смоделирован процесс зарядки конденсатора в цепи синусоидального тока. На основе полученной модели получены данные, позволяющие понять взаимосвязь различных параметров и времени зарядки конденсатора.

Ключевые слова. математическое моделирование, модель, конденсатор, пакет Mathcad, зарядка, разрядка, Electronics Workbench.

USE OF MATHEMATICAL MODELING UNIT FOR SOLVING PROBLEMS IN ELECTRICAL ENGINEERING

Turaev R.M.

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the simulation of the processes of charging the capacitor in the chain of the single-half straightener. Using the Mathcad package will simulate the process of charging the capacitor in the sinusoidal current chain. The created model will take data to understand the relationship between different parameters and charging time of the capacitor.

Keywords. mathematical modeling, model, capacitor, Mathcad package, charging, discharge, Electronics Workbench.

Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения используются сглаживающие фильтры. Их принцип действия заключается в зарядке реактивного элемента (который используется в фильтре) во время действия полуволны напряжения от диодного выпрямителя и разрядке реактивного элемента в момент отсутствия в сети напряжения.

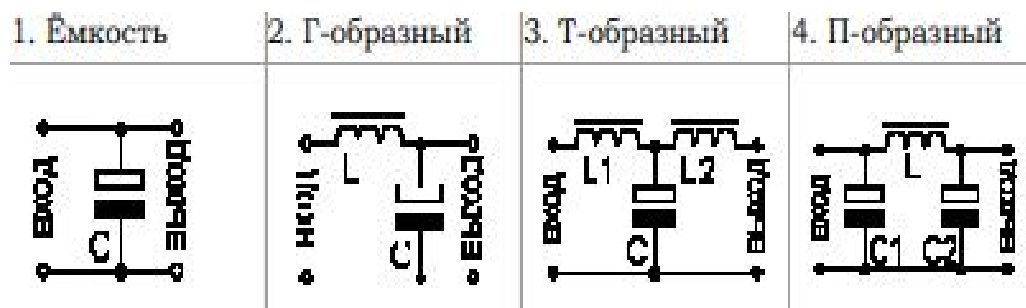


Рисунок 1 - Простейшие схемы сглаживающих фильтров

Одним из самых простых способов уменьшения пульсаций является использование конденсатора значительно большей емкости, который будет шунтировать нагрузку. В данном виде фильтров хорошим можно назвать конденсатор, который будет удовлетворять следующему условию:

$$1/(\omega C) \ll R_n, \quad (1)$$

где ω – угловая частота, T^{-1} ;

C – емкость, Φ ;

R_n – сопротивление нагрузки, Ом .

Заряд конденсатора в таких фильтрах происходит только в момент, когда через выпрямительный диод проходит прямое напряжение и сквозь него проходит ток, достаточный для подзарядки конденсатора. Процесс разрядки конденсатора начинается в тот момент, когда напряжение после выпрямительного диода становится меньше, чем напряжение на контактах конденсатора, и он

начинает отдавать мощность на нагрузку до того момента, пока заряд конденсатора не станет минимальным, и не начнется процесс зарядки конденсатора. Далее процессы зарядки и разрядки конденсатора будут идти друг за другом, обеспечивая постоянное напряжение и уменьшая количество пульсаций [1,3].

От того, какое количество заряда может запасти конденсатор, а также от подключенной нагрузки зависит скорость его зарядки и разрядки. При большом значении емкости конденсатор будет больше заряжаться и разряжаться, количество пульсаций увеличится, из-за чего среднее значение напряжения U_{cp} в цепи будет приблизительно равно максимальному значению напряжения U_{max} синусоиды. Чем меньше будет нагрузка в цепи, тем больше режим работы конденсатора будет похож режим работы на холостом ходу, при котором в цепи постоянное напряжение будет равно максимальному напряжению синусоиды U_{max} [2,4]. На рисунке 2 красным цветом обозначено напряжение в цепи без сглаживавшего фильтра (видно, что присутствуют моменты, когда напряжение в цепи отсутствует), синим цветом обозначено напряжение в цепи, в которой есть сглаживающий фильтр, который срезает верхушки синусоиды и обеспечивает бесперебойное напряжение в цепи. Из-за невозможности создания конденсатора большой емкости в сглаживающих фильтрах чаще используются более сложные схемы [5].

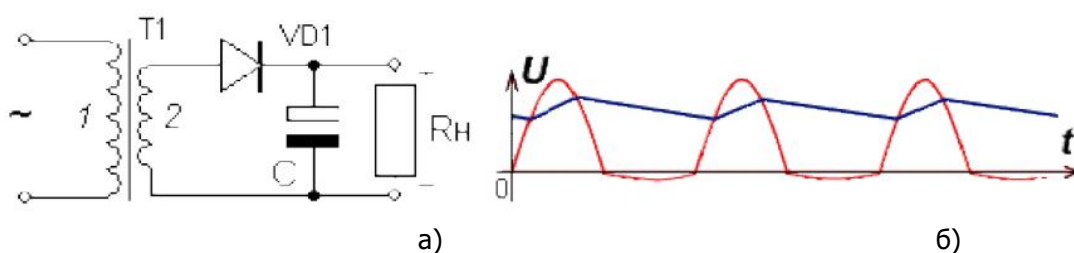


Рисунок 2 – а) Простейшая схема подключения сглаживающего фильтра, б) графики зависимости напряжения от времени

Ввиду широкого применения сглаживающих фильтров [9, 10] в электронных аппаратах, рассмотрим создание математической модели выпрямителя на конкретном примере электрической цепи (рисунок 3).

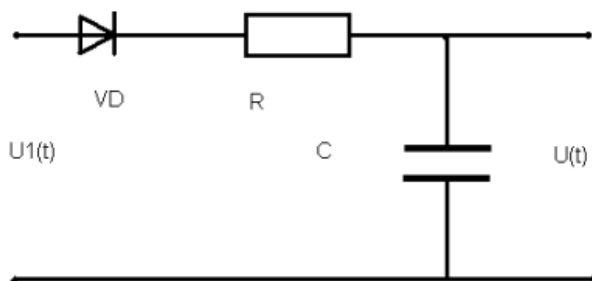


Рисунок 3 – Электрическая схема подключения выпрямителя

Кроме этого, зададим следующие начальные условия:

$$U_m = 220 \quad R = 20000 \quad C = 1 \cdot 10^{-6} \quad u_0 = 0 \quad F = 50, \quad (2)$$

где u_0 - напряжение на конденсаторе в начальный момент времени, В.

Циклическую частоту определим по следующей формуле:

$$\omega = 2\pi F, \quad (3)$$

где F - частота питающей сети, Гц.

Затем задаем необходимое время:

$$t = 0,0 + 0.00001 \dots 0.2 \quad (4)$$

Дифференциальное уравнение состояния электрической цепи выражаем через первую производную [7], используя встроенную функцию MathCAD if:

$$D(t, u) := \begin{cases} \left[\left(\frac{1}{R+C} \right) * U_m * \cos(\omega * t) - u_0 \right] & \text{if } U_m * \cos(\omega * t) > u_0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

Для решения данного уравнения используется оператор Bulstoer:

$$Z := \text{Bulstoer}(u, 0, 0.1, 100, D) \quad (6)$$

Для визуализации и построения графика изменения напряжения на конденсаторе задаём ранжированную переменную [6]:

$$i := 0 \dots \text{rows}(Z) - 1 \quad (7)$$

Последним действием выводим закон изменения напряжения на диоде (выпрямленное напряжение):

$$ud(t) := \begin{cases} (U_m \cdot \cos(\omega \cdot t)) & \text{if } U_m \cdot \cos(\omega \cdot t) > u_0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

По полученным данным строим графики входного и выпрямленного напряжения, а также график напряжения на конденсаторе:

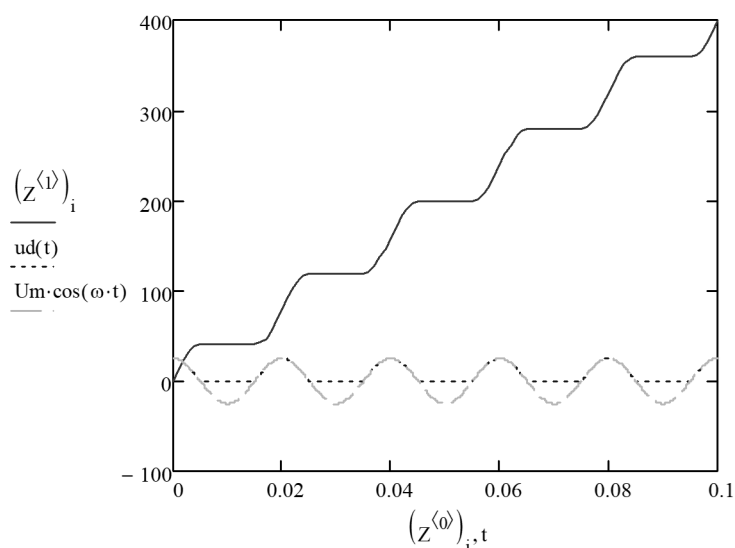


Рисунок 4 - Графики входного и выпрямленного напряжения, напряжения на конденсаторе

Таким образом, можно сделать вывод о том, что моделирование имеет огромное значение, даже при решении таких простых задач, как выбор сглаживающих фильтров, удовлетворяющих определенным условиям [8].

Список использованных источников

1. Моделирование в электроэнергетике: учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, С. В. Аникуев. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 140 с.
2. Математическое моделирование электроэнергетических систем: Учебное пособие / А.В. Лыкин, Н.О. Русина, Т.А. Филиппова, В.И. Зотов. – М.: Изд-во МГОУ, 1993. –198 с.
3. Воротников, И. Н. Способы измерения электрической емкости по параметрам переходного процесса / И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. - № 10. – С. 60 – 65.
4. Любченко, В. Я. Физико-математические основы электроэнергетики: Учеб. пособие. В 2 ч.; часть 1 / Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 1994. – 58 с.
5. Воротников, И.Н. Формирование функции тока компенсации для оптимизации энергетического процесса/ И. Н. Воротников, А. А. Шунина, М. А. Мастепаненко, Ш. Ж. Габриелян // Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: сб. науч. тр./ СтГАУ. – Ставрополь. 2018. - С. 28-31.
6. Схемотехника силовой части устройств компенсации реактивной мощности при нелинейных нагрузках / И.Н. Воротников, М.А. Мастепаненко, Ш.Ж. Габриелян, А.А. Шунина // Сельский механизатор. - 2018. - № 5. - С. 30-32.
7. Vоротnikov I. N., Mastepanenko, M. A., Gabrielyan Sh. Zh., Shunina A. A. Modified control algorithm for reactive power compensator for non-stationary loads. Vоротnikov // Electrical Engineering Russia, 2019, No. 3, pp. 11-14.
8. Vоротnikov I., Mastepanenko M., Gabrielyan S., Shunina A. Energy estimation of parameters of reactive power compensator for nonlinear loads in steady mode. // Engineering for Rural Development, 2019, pp. 515-520.
9. Модифицированный алгоритм управления компенсатором реактивной мощности для нестационарных нагрузок/Воротников И.Н., Мастепаненко М.А., Габриелян Ш.Ж., Шунина А.А.//Электротехника. -2019. -№3. -С.11-14.
10. Управление компенсатором реактивной мощности при нелинейных нагрузках/Воротников И.Н., Мастепаненко М.А., Габриелян Ш.Ж., Шарипов И.К., Шунина А.А.//Сельский механизатор. -2017. - № 3. -С. 28-29.