УДК 51-7: 33

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Гулай Т.А., Гатауллина К.Р., Фурсов Д.И.

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, e-mail: inf@stgau.ru

Процесс перехода от одного энергетического состояния электрической цепи к другому называется переходным процессом. Переходный процесс вызывается коммутацией, т.е.мгновенным изменением параметров цепи, ее схемы или параметров источников энергии в схеме. Переход от одного состояния к другому обычно происходит в течение некоторого времени – так называемого времени переходного процесса. Этим и объясняется то, что каждому состоянию цепи соответствует определенный запас электромагнитной энергии. Классический метод используется при расчете переходных процессов во временной области. Этот метод рекомендуется применять при действии в схеме постоянных или гармонических источников энергии для анализа цепей, процессы в которых описываются дифференциальными уравнениями не выше третьего порядка.

Ключевые слова: переходный процесс, напряжение, емкость, характеристическое уравнение, коммутация

USING THE CLASSICAL METHOD WITH MATHEMATICAL CALCULATION OF TRANSIENTS

Gulay T.A., Gataullina K.R., Fursov D.I.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: inf@stgau.ru

The transition from one energy state of an electric circuit to another is called a transition process. The transition process is called switching, i.e., the instantaneous change of the circuit parameters, its schema, or parameters of the energy sources in the scheme. The transition from one state to another usually occurs within a certain time – the so-called time of transition. This explains the fact that each state of the chain corresponds to a certain amount of electromagnetic energy. The classic method is used to calculate transient processes in the time domain. This method is recommended for action in the scheme of constant or harmonic power sources for analysis of circuits, the processes that are described by differential equations not higher than third order.

Keywords: transient, voltage, capacitance, characteristic equation, switching

Переходным процессом называется процесс перехода из одного энергетического состояния электрической цепи к другому [1].

Расчет переходных процессов начинается с указания на схеме положительного направления токов и напряжений стрелками.

Порядок расчета переходных процессов классическим методом:

1. Единственный этап, в котором используется схема до коммутации. Рассчитаем эту схему в установившемся режиме и определим начальные условия [2].

2. Далее все этапы расчета используем схему после коммутации. Составим для $t \geq 0$ характеристическое уравнение и определим корни.

3. Запишем уравнение для определяемого тока или напряжения в виде $y(t) = y_{\text{вын}}(t) + y_{\text{св}}(t)$. Для упрощения нахождения постоянных интегрирования расчет тока в индуктивности или напряжения на емкости рекомендуется вычислять для тех у кого известны независимые начальные условия. Вид составляющей $y_{\text{св}}(t)$ можно определить по виду корней характеристического уравнения [3].

4. Для схемы после коммутации запишем систему дифференциальных уравнений для мгновенных значений токов и напряжений. Благодаря данной системе можно определить вынужденные составляющие токов и напряжений, а также зависимые начальные условия [4].

5. С помощью предыдущего пункта при $t = \infty$ определим $y_{\text{вын}}(t)$ известными методами расчета установившихся режимов.

6. Подставим в систему уравнений из пункта 4, записанную для $t = 0_+$, найденные в пункте 1 независимые начальные условия, можем определить зависимые начальные условия.

7. Получив начальные условия, найдем постоянные интегрирования.

8. Запишем выражениее $y(t)$ в окончательном виде и построим график полученной временной функции.

9. При помощи системы уравнений из пункта 4 можем найти остальные токи и напряжения.

Напряжение на индуктивности:

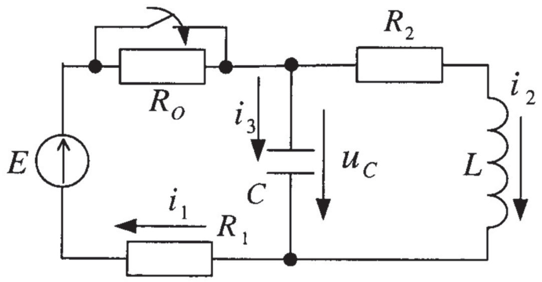
$$U_L = L\frac{di_L}{dt}.$$

Ток в емкости:

$$i_C = C\frac{du_C}{dt}.$$

Определим переходные процессы классическим методом:

Для схемы 1.1 определим закон изменения напряжения на емкости. Условия для решения: $E = 120$ В; $R_1 = R_2 = R_0 = 10$ Ом; $L = 0{,}1$ Гн; $C = 100$ мкФ.



Схема

Из-за того что цепь подключена к источнику постоянного напряжения, то в установившемся режиме до коммутации емкость имеет бесконечно большое значение, а индуктивность имеет нулевое сопротивление

$$i_з(0_-) = 0; u_L(0_-) = 0;$$

$$i_1(0_-) = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_0} = 4\,A;$$

$$i_2(0_-) = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_0} = 4\,A;$$

$$u_C(0_-) = i_2(0_-)R_2 = 40\,B.$$

В соответствии с законами коммутации:

$$i_2(0_-) = i_2(0_+) = 4\,A;$$

$$u_C(0_-) = u_C(0_+) = 40\,B.$$

Корни характеристического уравнения будут равны:

$$Z_{вх}(p) = \frac{1}{Cp} + \frac{R_1(R_2 + Lp)}{R_1 + R_2 + Lp};$$

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\omega_{св} = -100 \pm 100\,j.$$

При комплексно-сопряженных корнях характеристического уравнения решение ищем в виде:

$$u_C(t) = u_{C_{вын}} + (A_1 cos\omega_{св}t + A_2 sin\omega_{св}t)l^{-\delta t}.$$

Далее используя уравнения для схемы после коммутации, определяем требуемое для нахождения постоянных интегрирования значение производной $\frac{du_c}{dt}(0_+)$; [5]

$$E = i_1(0_+)R_1 = u_C(0_+) \Rightarrow i_1(0_+) = 8\,A;$$

$$i_1(0_+) = i_2(0_+) + i_3(0_+) \Rightarrow i_3(0_+) = 4\,A;$$

$$\frac{du_C}{dt}(0_+) = \frac{i_1(0_{+)}}{C} = \frac{i_3(0_+)}{C} = 4000\frac{A}{c}.$$

В установившемся режиме при $t = \infty$ вынужденная составляющая напряжения на емкости будет равна: $u_{C_{вын}} = i_{2_{вын}} = \frac{E}{R_1 + R_2}R_2 = 60B$ [6].

Определяем постоянные интегрирования, используя найденные начальные условия $u_c(0_+); \frac{du_C}{dt}(0_+)$. Для чего в систему уравнений:

$$u_C(t) = 60 + (A_1 cos100t + A_2 sin100t)l^{-100t};$$

$$\frac{du_C}{dt} = (A_1 cos100t + A_2 sin100t)l^{-100t} + \\ +(A_1 cos100t + A_2 sin100t)(-100)l^{-100t};$$

для $t = 0_+$ подставляем найденные значения:

$$u_C(0_+) = 40 = 60 + A_1;$$

$$\frac{du_C}{dt}(0_+) = 4000 = 100\,A_2 - 100\,A_1;$$

Отсюда:

$$A_1 = -20; A_2 = 20.$$

$$u_C(t) = 60 + (20cos100t - 20sin100t)l^{-100t} = \\ = 60 + 20\sqrt{2}\sin\left(100t - \frac{\pi}{4}\right)l^{-100t}.$$

В настоящее время накоплен довольно богатый опыт использования вычислительной техники при решении дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, накоплен и солидный пакет учебных и научных подпрограмм.

Компьютерный комплекс способен очень эффективно способствовать внедрению этих пакетов. Принцип состоит в том, что основное внимание уделяется именно практическим примерам применения таких пакетов.

Например, рассмотрев в электронном учебном пособии определенный раздел и разобрав несколько типовых примеров, можно прямо из текста пособия вызвать программу, которая реализует рассмотренный тип примеров в среде какого-либо интегрированного пакета.

Использование интегрированных пакетов стимулирует человека менять принцип подхода к решению задач. На первый план выходит комплексный подход к задаче – выработка принципа решения в общем, виде, т.е. главное – не только получение конкретного ответа на поставленный в задаче вопрос, но и нахождение общего алгоритма, что очень важно для современного специалиста-инженера.

Для того чтобы успешно использовать пакеты компьютерной математики, необходимо иметь представление об основных численных методах. Появление современных вычислительных систем значительно облегчает доступ к компьютеру непрофессионалов в области программирования, поддерживает интерес пользователя и стремление к освоению новых компьютерных технологий.

В нашем университете проводятся практические занятия с использованием компьютерной математической системы «Maple».

Данная система весьма популярна в научных кругах. Это очень надежный и устойчиво работающий Пакет, который кроме аналитических преобразований, в состоянии решать задачи численно. Особенностью данного Пакета является то, что ряд других программных продуктов используют интегрированный символический процессор Maple.

В качестве примера можно привести программу по теме «Решение системы линейных дифференциальных уравнений в компьютерной математической системе Maple».

Программа предназначена для отработки навыков решения системы линейных дифференциальных уравнений и представляет собой интерактивную электронную книгу, разделенную на секции и подсекции.

В секциях и подсекциях изложен порядок проведения практической работы, приведены примеры выполнения заданий.

В заключении, хочется отметить, что появление современных систем компьютерной математики позволяет качественно изменить подходы и методы изложения материала, сделать его наиболее доступным, наглядным, а значит и наиболее интересным и привлекательным, для основной массы студентов.

Список литературы

1. Литвин Д.Б., Гулай Т.А., Долгополова А.Ф. Применение операционного исчисления в моделировании экономических систем // Аграрная наука, творчество, рост. 2013. С. 263–265.

2. Смирнова Н.Б., Попова С.В. Использование понятий функции и предела в социально-экономической области человеческой деятельности // Культура и общество: история и современность: материалы III Всероссийской (с международным участием) науч.-практ. конф. Филиал Российского государственного социального университета в г. Ставрополь; под редакцией: О.Ю. Колосовой, Т.В. Вергун, Р.Ф. Гударенко. 2014. С. 181–185.

3. Моделирование отрыва пузырьков пара в кипящей магнитной жидкости / Яновский А.А., Симоновский А.Я., Холопов В.Л. // В сборнике: Физико-химические и прикладные проблемы магнитных дисперсных наносистем V Всероссийская научная конференция с международным участием: сборник начных трудов. 2015. С. 239-246.

4. Немцова А.В., Попова С.В. Применение средств матричной алгебры для решения задач экономического содержания // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5–2. С. 171–172.

5. Смирнова Н.Б., Попова С.В., Мамаев И.И. О прикладной ориентации курса математики в высшей школе // Учетно-аналитические аспекты и перспективы развития инновационной экономики: Междунар. науч.-практ. конф. 2010. С. 270–272.

6. Теплообмен в кипящей магнитной жидкости / Яновский А.А., Симоновский А.Я., Холопов В.Л. // В сборнике: Физико-химические и прикладные проблемы магнитных дисперсных наносистем V Всероссийская научная конференция с международным участием: сборник начных трудов. 2015. С. 276-282.