

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра управления и информатики в технических
и экономических системах

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И ЗАДАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 220201
ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СИСТЕМ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ»

Составители
В.П. ГАЛАС
А.А. ГАЛКИН

Владимир 2007

УДК 658.52.011.56:681.51

ББК 32.965

М54

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент
начальник лаборатории технических измерений
научно-производственного предприятия «Автоматика плюс»
Дерябин В.М.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания и задания к курсовому проек-
М54 тированию для студентов специальности 220201 по курсу
«Автоматизация проектирования систем и средств управ-
ления» / Владим. гос. ун-т. ; сост. : В. П. Галас, А. А. Гал-
кин. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 51 с.

Рассматриваются общие вопросы курсового проектирования, приводится необходимый теоретический материал. Содержатся задания, рекомендации по содержанию и выполнению основных разделов, оформлению пояснительной записки и чертежей.

Предназначены для студентов специальности 220201 – управление и информатика в технических системах всех форм обучения.

Ил. 2. Библиогр.: 36 назв.

УДК 658.52.011.56:681.51

ББК 32.965

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс науки и техники, потребности развивающегося общества в новых промышленных изделиях обуславливают необходимость выполнения проектных работ большого объема в короткие сроки. Требования к качеству проектов, срокам их реализации оказываются все более жесткими по мере увеличения сложности проектируемых объектов и повышения ответственности выполняемых ими функций. Удовлетворить эти требования становится возможным только на основе автоматизации проектирования при широком использовании вычислительной техники.

Знание возможностей таких систем и умение ими пользоваться является обязательным условием успешной работы инженера в области информатики и управления. Для этого необходимо хорошо ориентироваться в вопросах математического и программного обеспечения САПР.

Математическое обеспечение определяет внутреннее содержание процедур взаимодействия инженера с системой. Знание особенностей математических моделей, методов и алгоритмов решения проектных задач необходимы для правильной формулировки исходных данных и интерпретации получаемых результатов. Это особенно важно в процессе решения проектных задач, при принятии решений об использовании тех или иных компонентов математического обеспечения.

Программное обеспечение (обычно в виде специальных или интегрированных пакетов схемотехнического и конструкторского проектирования) позволяет осуществлять синтез и моделирование аналоговых, цифровых и смешанных устройств с последующим их анализом, выполнять комплекс работ по проектированию и конструированию самых разнообразных объектов.

Настоящие методические указания содержат сведения, необходимые для выполнения курсового проекта по дисциплине «Автоматизация проектирования систем и средств управления» для студентов специальности 220201 – управление и информатика в технических системах. Сюда относятся:

- теоретический материал, необходимый для решения практических задач синтеза схем устройств при различных исходных данных и вопросов математического моделирования устройства методом переменных состояния с последующим исследованием полученной модели численными методами;

- материал справочного характера для конструкторского и технологического проектирования блока РЭА с использованием интегрированных пакетов САПР Or-CAD или P-CAD и последующего изготовления правильно оформленной текстовой и графической документации.

В пособии приведены задание для курсового проектирования, варианты его выполнения и примеры реализации некоторых из разделов.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Метод переменных состояния

Метод переменных состояния (его полное название – метод переменных, характеризующих состояние объекта) широко применяется в автоматизированном проектировании и позволяет получить систему уравнений математической модели в виде двух систем матричных уравнений:

$$\frac{d}{dt}(\bar{V}) = L\bar{V} + M\bar{Q},$$
$$\bar{F} = \bar{F}(\bar{V}, \bar{Q}, \bar{V}', \dots),$$

где \bar{V} – вектор фазовых переменных, называемых переменными состояния;

\bar{Q} – вектор, характеризующий входные воздействия;

\bar{F} – вектор выходных параметров;

L, M – постоянные действительные матрицы соответствующего размера.

Уравнения представляют собой систему дифференциальных уравнений первого порядка, называемую системой уравнений для переменных состояния в нормальной форме, численное решение которой относительно вектора фазовых переменных \bar{V} самое простое из всех методов моделирования. Кроме того, этих уравнений, как правило, оказывается меньше, чем при использовании метода узловых потенциалов либо контурных токов, что также облегчает процесс моделирования, особенно нелинейных устройств.

Алгоритмическую реализацию метода во многом определяет выбор вектора переменных состояния \bar{V} . За вектор переменных состояния могут быть, например, выбраны узловые потенциалы, при этом размерность системы будет равна количеству узлов в электрической модели, контурные токи либо другие переменные. При моделировании переходных процессов в радиоэлектронных устройствах за переменные состояния рационально выбирать вектор, состоящий из напряжений U_C на всех конденсаторах электрической модели устройства и токов I_L во всех индуктивностях, позволяющий для динамических моделей получить систему дифференциальных уравнений первого порядка минимально возможной размерности.

Для электрических моделей, состоящих из базовых R -, C -, L -, M -, I -, U -элементов, такой выбор вектора переменных состояния возможен только для электрических моделей без особенностей. В графе модели должны отсутствовать контуры, состоящие только из независимых или управляемых источников напряжения и только из конденсаторов, не должно быть сечений, содержащих только независимые или управляемые источники тока, а также сечений, составленных только из индуктивностей, либо индуктивностей и источников тока. В дальнейшем ограничимся рассмотрением только моделей без особенностей, топологические же методы формирования уравнений переменных состояния для электрических моделей с особенностями можно найти в соответствующей литературе [14].

В случае электрической модели без особенностей можно выделить специальное дерево графа, называемое нормальным, в котором рёбра выбираются в следующем порядке: все независимые и управляемые источники напряжения, все возможные конденсаторы, все возможные резисторы и минимально необходимое для составления дерева число индуктивности. При выборе нормально-

го дерева графа первый и второй законы Кирхгофа могут быть записаны в блочном виде с помощью матрицы главных сечений:

$$\bar{I}_P = \begin{bmatrix} \bar{I}_E \\ \bar{I}_U \\ \bar{I}_C \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} D_{EG} & D_{EL} & D_{EI} & D_{EJ} \\ D_{UG} & D_{UL} & D_{UI} & D_{UJ} \\ D_{CG} & D_{CL} & D_{CI} & D_{CJ} \\ D_{RG} & D_{RL} & D_{RI} & D_{RJ} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{I}_G \\ \bar{I}_I \\ \bar{I} \\ \bar{J} \end{bmatrix} = -D_x \cdot \bar{I}_x;$$

$$\bar{U}_x = \begin{bmatrix} \bar{U}_G \\ \bar{U}_L \\ \bar{U}_I \\ \bar{U}_J \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{EG}^T & D_{UG}^T & D_{CG}^T & D_{RG}^T \\ D_{EL}^T & D_{UL}^T & D_{CL}^T & D_{RL}^T \\ D_{EI}^T & D_{UI}^T & D_{CI}^T & D_{RI}^T \\ D_{EJ}^T & D_{UJ}^T & D_{CJ}^T & D_{RJ}^T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{E} \\ \bar{U} \\ \bar{U}_C \\ \bar{U}_R \end{bmatrix} = D_x^T \cdot \bar{U}_P.$$

Здесь \bar{I}_E, \bar{I}_U – векторы токов, протекающих через независимые и управляемые источники напряжения;

\bar{I}_C – вектор токов, протекающих через конденсаторы;

\bar{I}_R – вектор токов, протекающих через резисторы, включенные в дерево графа;

\bar{I}_G – вектор токов, протекающих через резисторы, включенные в хорды графа;

\bar{I}_L – вектор токов, протекающих через индуктивности в хордах;

\bar{I}, \bar{J} – векторы токов независимых и управляемых источников тока;

$\bar{E}, \bar{U}, \bar{U}_C, \bar{U}_R, \bar{U}_G, \bar{U}_L, \bar{U}_I, \bar{U}_J$ – векторы напряжений на соответствующих элементах в ребрах и хордах графа.

Связь токов, протекающих через резисторы в рёбрах графа, и напряжений, действующих на хордах графа в матричном виде, выражена в виде компонентные уравнений:

$$\begin{aligned}\bar{U}_R &= R_R \cdot \bar{I}_R, \\ \bar{U}_G &= R_G \cdot \bar{I}_G,\end{aligned}$$

где R_R, R_G – диагональные матрицы, состоящие из сопротивлений резистивных рёбер и хорд графа.

После соответствующих преобразований можно получить уравнение, связывающее токи через резисторы электрической модели устройства и токи независимых источников напряжений и токов [3]:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_R \\ \bar{I}_G \end{bmatrix} = [T_1 - T_4 N_1]^{-1} T_2 \begin{bmatrix} \bar{E} \\ \bar{J} \end{bmatrix} + [T_1 - T_4 N_1]^{-1} [T_3 + T_4 N_1]^{-1} \begin{bmatrix} \bar{U}_C \\ \bar{I}_L \end{bmatrix},$$

$$\text{где: } T_1 = \begin{bmatrix} 1 & D_{RG} \\ -D_{RG}^T \cdot R_R & R_G \end{bmatrix}; \quad T_2 = \begin{bmatrix} 0 & -D_{RI} \\ D_{EG}^T & 0 \end{bmatrix};$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} 0 & -D_{RI} \\ D_{CG}^T & 0 \end{bmatrix}; \quad T_4 = \begin{bmatrix} 0 & -D_{RI} \\ D_{UG}^T & 0 \end{bmatrix};$$

N_1, N_2 – матрицы, которые определяются по известным законам для напряжений и токов управляемых источников.

Аналогично получены и уравнения, связывающие напряжения U_L на индуктивностях хорд графа и токи I_C , проходящие через конденсаторы в ребрах графа:

$$\begin{aligned}\bar{U}_L &= D_{EL}^T \cdot \bar{E} + D_{UL}^T \cdot \bar{U} + D_{CL}^T \cdot \bar{U}_C + D_{RL}^T \cdot \bar{U}_R; \\ \bar{I}_C &= -D_{CG}^T \cdot \bar{I}_G - D_{CL}^T \cdot \bar{I}_L - D_{CI}^T \cdot \bar{I} - D_{CJ}^T \cdot \bar{J}.\end{aligned}$$

С учетом компонентных уравнений (4) получено:

$$\begin{vmatrix} \bar{U}_L \\ \bar{I}_C \end{vmatrix} = P_1 \begin{vmatrix} \bar{U}_C \\ \bar{I}_L \end{vmatrix} + P_2 \begin{vmatrix} \bar{E} \\ \bar{I} \end{vmatrix} + P_3 \begin{vmatrix} \bar{I}_R \\ \bar{I}_G \end{vmatrix} + P_4 \begin{vmatrix} \bar{U} \\ \bar{J} \end{vmatrix}.$$

Компонентные уравнения для ёмкостных элементов в рёбрах и индуктивных элементов в хордах графа в матричном виде:

$$\begin{vmatrix} \bar{U}_L \\ \bar{I}_C \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} L & 0 \\ 0 & C \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{vmatrix} \bar{I}_L \\ \bar{U}_C \end{vmatrix},$$

где C, L – диагональные матрицы конденсаторов и индуктивностей.

После преобразований окончательная запись уравнений переменных состояния с помощью топологических методов:

$$\begin{bmatrix} L & 0 \\ 0 & C \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{vmatrix} \bar{I}_L \\ \bar{U}_C \end{vmatrix} = \{P_1 + P_4 N_2 + [P_3 + P_4 N_1] M_1^{-1} M_2\} \begin{vmatrix} \bar{U}_C \\ \bar{I}_L \end{vmatrix} + \{P_2 + [P_3 + P_4 N_1] M_1^{-1} T_2\} \begin{vmatrix} \bar{E} \\ \bar{I} \end{vmatrix}.$$

Здесь:

$$P_1 = \begin{bmatrix} D_{CL}^T & 0 \\ 0 & -D_{CL} \end{bmatrix}; \quad P_2 = \begin{bmatrix} D_{EL}^T & 0 \\ 0 & -D_{CL} \end{bmatrix};$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} D_{RL}^T \cdot R_R & 0 \\ 0 & -D_{CL} \end{bmatrix}; \quad P_4 = \begin{bmatrix} D_{UL}^T & 0 \\ 0 & -D_{CL} \end{bmatrix};$$

$$M_1 = T_1 - T_4 N_2; \quad M_2 = T_3 + T_4 N_1.$$

Решение этой системы дифференциальных уравнений относительно вектора переменных состояния может быть выполнено с минимальными затратами по сравнению с другими алгоритмами автоматизированного формирования системы уравнений математической модели. После решения системы уравнений математической модели относительно вектора \bar{V} формируется система уравнений относительно вектора выходных параметров моде-

Нормальным деревом называют фундаментальное дерево, в которое ветви включаются со следующими приоритетами:

- 1) ветви источников напряжения;
- 2) емкостные;
- 3) резистивные;
- 4) индуктивные;
- 5) ветви источников тока.

Приоритет включения хорд противоположен (т. е. 5...1).

Использование нормального дерева облегчает дальнейшее преобразование исходных уравнений для получения ОДУ в нормальной форме Коши. После построения дерева и построения матрицы систему преобразуют, исключая все токи и напряжения, не относящиеся к переменным состояния. Исключения выполняют с помощью компонентных уравнений. Исходные компонентные уравнения предварительно не линеаризуются.

Рассмотрим использование метода на конкретном примере. Изобразим произвольную схему (рис. 1). Построим для изображенной схемы дерево графа (рис. 2).

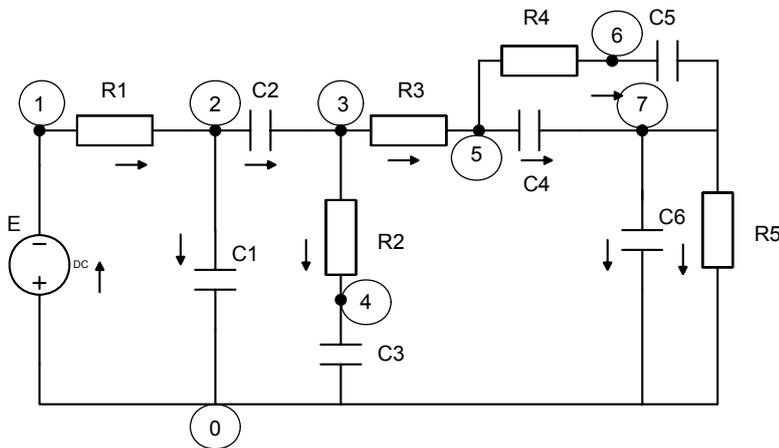


Рис. 1

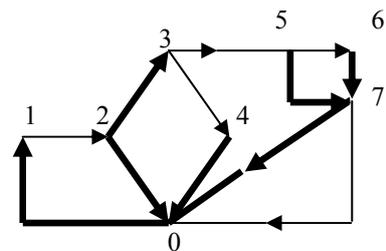


Рис. 2

В нем выделим нормальное дерево (жирными стрелками), т. е. когда все узлы входят в дерево и нет замкнутых контуров. Из построенного дерева видно, что оно состоит из емкостных ветвей и

ветвей источника напряжения, а хордами являются резистивные ветви. Построим матрицу контуров и сечений:

$$\begin{array}{c}
 \text{Хорды} \\
 \text{М} =
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Ветви} \\
 E \quad C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \quad C_6 \\
 \begin{pmatrix}
 R_1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 R_2 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 R_3 & 0 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\
 R_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\
 R_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \quad (3)$$

Строка хорды данной матрицы получается обходом контура ветвей замыкаемого данной хордой. Причем +1 ставится, если направление ветвей, входящих в контур совпадает с направлением хорды, 0 – если данная ветвь не входит в контур.

В эквивалентной схеме отсутствуют индуктивные элементы, поэтому переменными состояниями будут напряжения на емкостях.

Векторы правых частей $F(x, t)$ в системе уравнений (1) находят по следующему алгоритму:

1. Вычисляют векторы резистивных напряжений с помощью топологического уравнения:

$$\begin{aligned}
 U_X + MU_{ВД} &= 0. \\
 \text{Откуда } U_X &= -MU_{ВД}.
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

Сканируя матрицу М по строкам, это матричное уравнение удобно развернуть в совокупность уравнений:

$$\begin{aligned}
 U_{R1} &= -U_E - U_{C1}; \\
 U_{R2} &= U_{C1} - U_{C2} - U_{C3}; \\
 U_{R3} &= U_{C1} - U_{C2} - U_{C4} - U_{C6}; \\
 U_{R4} &= U_{C4} - U_{C5}; \\
 U_{R5} &= U_{C6}.
 \end{aligned}$$

Знак (–) в уравнении (4) определяет изменение знаков коэффициентов матрицы на противоположные. Значения переменных в правой части полученных уравнений известны. На первом

шаге – это начальные условия, на каждом последующем – это значения, полученные на предыдущем шаге.

2. На втором шаге вычисляют вектор резистивных токов с помощью компонентных уравнений: $I_{Ri} = U_{Ri}/R_i$.

3. На третьем шаге вычисляют вектор емкостных токов с помощью топологического уравнения: $I_{ВД} = M^T I_X$.

Этот вектор вычисляют путем сканирования матрицы М по столбцам:

$$\begin{aligned}I_E &= I_{R1}; \\I_{C1} &= I_{R1} - I_{R2} - I_{R3}; \\I_{C2} &= I_{R2} + I_{R3}; \\I_{C3} &= I_{R2}; \\I_{C4} &= I_{R3} - I_{R4}; \\I_{C6} &= I_{R3} - I_{R5}; \\I_{C5} &= I_{R4}.\end{aligned}$$

Правые части этих уравнений известны из п. 2.

4. На четвертом шаге вычисляют вектор производных переменных состояний с помощью компонентных уравнений:

$$C_i dU_{C_i}/dt = I_{C_i},$$

откуда $dU_{C_i}/dt = I_{C_i}/C_i$ (в нашем случае $i = 1 \dots 6$).

Если ветви дерева составлены из индуктивностей, то здесь связь между напряжением и током определяется зависимостью

$$L_i dI_{L_i}/dt = U_{L_i} \text{ и } L_i dI_{L_i}/dt = U_{L_i}/L_i.$$

Решая эту систему уравнений одним из известных методов, получим значения переменных состояния в заданные моменты времени.

Рассмотренные преобразования исходных уравнений в нормальную форму Коши достаточно просто осуществляются только в том случае, если в схеме нет топологических вырождений (емкостные контура и индуктивные звезды). Их наличие усложняет процедуру получения математических моделей. Это связано с

тем, что в этом случае требуется решать систему алгебраических уравнений на каждом шаге интегрирования. Рекомендуется устранять вырождения включением в емкостной контур и индуктивную звезду дополнительных резистивных ветвей. Достоинство этого метода заключается в возможности использования открытых библиотек численных методов решения и моделей элементов.

1.3. Основные численные методы решения дифференциальных уравнений

Решение дифференциальных уравнений сводится к задаче Коши. Задача Коши заключается в решении систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, представляемых в виде:

$$\frac{dy_1}{dt} = F_1(x, y_1, \dots, y_j, \dots, y_N)$$

.....

$$\frac{dy_j}{dt} = F_j(x, y_1, \dots, y_j, \dots, y_N),$$

.....

$$\frac{dy_N}{dt} = F_N(x, y_1, \dots, y_j, \dots, y_N),$$

где $j = 1 \dots N$ – номер каждой зависимой переменной;

x_i, y_i – независимые переменные.

Если задача Коши решается для анализа поведения системы или объекта во времени, то x является временем ($x = t$). Решение системы при заданных начальных условиях $x = x_0, y_1(x_0) = y_{10}, \dots, y_m(x_0) = y_{m0}$ сводится к нахождению зависимостей (интегральных кривых) $y_i(x)$, проходящих через точки, заданные начальными условиями. Задача Коши сводится к интегрированию дифференциальных уравнений. Порядок метода численного интегрирования при этом определяет и порядок метода решения.

Обобщённая форма записи каждого из уравнений системы может быть представлена в общем виде

$$\frac{dY_j}{dx} = F_j(x, Y_j),$$

где Y_j в правой части уравнения – векторы переменных y_1, y_2, \dots, y_N , а F_j – правая часть каждого из уравнений системы. В частности, одно дифференциальное уравнение записывается в виде

$$\frac{dy}{dx} = F_1(x, y).$$

Дифференциальные уравнения высшего порядка:

$$y^{(n)} = F(x, y, y', y'', \dots, y^{(b-1)}),$$

где (n) – порядок уравнения, могут быть сведены с помощью следующих преобразований к системам вида:

$$\frac{dy}{dx} = y_1,$$

$$\frac{dy_1}{dx} = y_2,$$

.....

$$\frac{dy_{n-2}}{dx} = y_{n-1},$$

$$\frac{dy_{n-1}}{dx} = F(x, y, y_1, \dots, y_{n-1}).$$

Следовательно, решение системы сводится к решению системы дифференциальных уравнений первого порядка.

Метод Эйлера – Коши – простейший метод первого порядка для численного интегрирования дифференциальных уравнений с приемлемой точностью. Он реализуется рекуррентной формулой

$$Y_{j(i+1)} = Y_{ji} + hF_j(x_i, Y_{ji}),$$

где h – шаг интегрирования (приращение переменной x). Этот метод обладает большой погрешностью и имеет систематическое накопление ошибок. Погрешность метода $R \sim (h)^2$.

Метод Эйлера – Коши с итерациями заключается в вычислении на каждом шаге начального значения:

$$Y_{j(i+1)}^{(0)} = Y_{ji} + hF_j(x_i, Y_{ji}).$$

Затем с помощью итерационной формулы

$$Y_{j(i+1)}^{(k)} = Y_{ji} + \frac{h}{2} \left[F_j(x_i, Y_{ji}) + F_j(x_{i+1}, Y_{j(i+1)}^{(k-1)}) \right].$$

решение уточняется. Итерации проводят до тех пор, пока не совпадает заданное число цифр результата на двух последних шагах итераций. Погрешность метода $R \sim (h)^3$. Обычно число итераций не должно превышать 3 – 4, иначе нужно уменьшить шаг h .

Модифицированный метод Эйлера второго порядка реализуется следующей рекуррентной формулой:

$$Y_{j(i+1)} = Y_{ji} + hF_j\left(x_i + \frac{h}{2}, Y_{j\left(i+\frac{1}{2}\right)}\right),$$

где $Y_{j\left(i+\frac{1}{2}\right)} = hF_j(x_i, Y_{ij})/2$.

Этот метод дает погрешность $R \sim (h)^3$ и имеет меньшее время вычислений, поскольку вместо нескольких итераций вычисляется только одно значение.

Метод трапеций – одна из модификаций метода Эйлера второго порядка. Он реализуется применением на каждом шаге формулы

$$Y_{j(i+1)} = Y_{ji} + \frac{1}{2}(K_{j1} + K_{j2}),$$

где

$$K_{j1} = hF_j(x_i, Y_{ij}),$$

$$K_{j2} = hF_j(x_i + h, Y_{ij} + K_{j1}).$$

Этот метод даёт погрешность $R \sim (h)^3$ и относится к общим методам Рунге – Кутты.

1.4. Компьютерные технологии решения дифференциальных уравнений

Дифференциальные уравнения позволяют решать универсальные математические программные средства Mathematica, Maple, Derive, Mathcad, MATLAB. В каждой из этих систем имеется свой язык общения, наборы математических функций, алгоритмы и методы решения математических задач.

Уникальность системы MATLAB определяется ориентированностью на матричные операции, наличием большого числа библиотечных функций, возможностью диалога с другими математическими системами. Пакет позволяет решать системы дифференциальных уравнений высокого порядка с табличным и графическим представлением результатов.

Функциями решения дифференциальных уравнений являются *ode23()* и *ode45()*, имеющие вид:

$[t, x] = \text{ode23}('fun', t0, tf, x0);$

$[t, x] = \text{ode45}('fun', t0, tf, x0);$

$[t, x] = \text{ode23}('fun', t0, tf, x0, t01, trace);$

$[t, x] = \text{ode45}('fun', t0, tf, x0, t01, trace),$

где *'fun'* – имя *m*-файла, в котором содержатся правые части системы дифференциальных уравнений;

t0 – начальное значение аргумента;

x0 – конечное значение аргумента;

t01 – задаваемая точность по умолчанию для *ode23()* – 1.e-3, для *ode45()* – 1.e-6;

trace – выдача промежуточных результатов.

Наиболее часто дифференциальными уравнениями описывают процессы, протекающие во времени. Тогда переменной интегрирования является время.

Функции *ode()* реализуют численные методы Рунге – Кутты 3-го – 6-го порядков с автоматическим выбором шага.

Технология решения дифференциальных уравнений в системе MATLAB:

1. Создание новой функции, представляющей собой m -файл вычисления правых частей системы дифференциальных уравнений.
2. Ввод функции $ode()$.
3. Получение решения нажатием клавиши «Enter».

Решение может быть получено в виде таблицы с числом столбцов, равным числу неизвестных, или в виде графика функций. Для этого необходимо воспользоваться функцией $plot [t, x]$.

2. ЗАДАНИЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

1. По заданному из таблицы вариантов (прил. А) количеству и расположению ветвей нормального дерева графа восстановить принципиальную электрическую схему первого устройства, содержащую емкостные и резистивные ветви, а также один источник напряжения.

Хорды графа с целью образования замкнутых контуров составлять в требуемом порядке без ограничения, но в количестве не менее 7.

2. Методом переменных состояния формирования математической модели систем получить систему ОДУ в нормальной форме Коши и решить ее одним из известных численных методов, получив результат в виде значений токов и напряжений во всех цепях заданной электрической схемы.

3. С помощью пакета блочного ситуационного моделирования MATLAB Simulinc создать имитационную модель первого устройства и исследовать ее с фиксацией основных результатов.

4. Из заданного таблицей вариантов 2 (прил. Б) набора компонентов (прил. В) составить принципиальную электрическую

схему второго устройства РЭА, используя принятые в схемотехнике РЭА межэлементные соединения (включая и обратные связи в количестве не менее трех).

5. Разработать печатный монтаж схемы второго устройства с использованием автоматизированных систем проектирования электронных устройств и печатных плат Or-CAD или P-CAD. Выполнить печать проекта.

6. Оформить расчетно-пояснительную записку и графическую часть, включающую комплект чертежей разрабатываемого устройства (4 – 6 чертежей), выполненных вручную или на плоттере на листе ватмана форматом А1 по ГОСТ 2.301-68.

3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

При изложении и оформлении материала курсового проекта необходимо придерживаться основных требований и рекомендаций по выполнению текстовых документов и в частности действующего в университете стандарта [2] и ГОСТов [23, 31 – 33].

Объем расчетно-пояснительной записки должен составлять от 30 до 50 страниц текста на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ (кегель 14, через 1,2 интервала с полями по 25 мм), включая иллюстрации и приложения, содержащие вспомогательный материал. Сюда должны входить:

- Задание к проекту (форма оформления бланка задания приведена в прил. Г).
- Обзор основных методов формирования математических моделей систем с описанием методик их расчета.
- Обзор методов и средств проектирования печатных плат.
- Результаты расчета модели (граф, системы матричных и ОДУ, временные диаграммы, схемы и чертежи, выполненные в P-CAD).

Текст расчетно-пояснительной записки выполняют на белой писчей бумаге формата А4 на одной стороне листа без рамки и штампа. Допускается выполнение листов пояснительной записки по форме 2а [9]. В этом случае написание обозначения пояснительной записки в штампе последующих листов обязательно.

Листинги и результаты выполнения программ, громоздкие блок-схемы алгоритма расчета и таблицы и временные диаграммы могут быть помещены в конце расчетно-пояснительной записки в виде приложений.

3.1. Титульный лист

Титульный лист пояснительной записки к курсовому проекту выполняется на белой писчей бумаге формата А4 по образцу, приведенному в прил. Г.

Поле, предназначенное для надписей, ограничивают прямоугольной рамкой, при этом крайние поля сверху, слева и справа составляют 25 мм, снизу – 30 мм.

3.2. Рубрикация и основная надпись

Перед написанием пояснительной записки все материалы, полученные в процессе работы над проектом, в соответствии с планом подразделяют на отдельные логически соподчиненные части приблизительно равноценной значимости и объемом 2 – 5 страниц. Каждую часть снабжают кратким и ясным заголовком, отражающим ее содержание. При этом из-за относительно небольшого объема пояснительной записки используют, как правило, одно- или двухступенчатую рубрикацию. Все разделы нумеруют в порядке их расположения арабскими цифрами.

Заголовки рекомендуется писать прописными или строчными буквами той же гарнитуры, что и основной текст, используя для

выделения полужирное начертание или курсив. Как правило, наименование разделов выполняют в виде заголовка прописными буквами, наименование подразделов записывают в виде заголовка с абзаца строчными буквами, кроме первой прописной. Перенос слов в заголовке не допускается. Точку в конце заголовка не ставят.

Оглавление следует помещать сразу за титульным листом и техническим заданием. Оно дает возможность представить общее содержание пояснительной записки и позволяет быстро найти необходимые сведения. Поэтому более подробное оглавление обычно отражает более тщательную работу над проектом.

В нижней части листа оглавления помещается основная надпись (специальный штамп по форме 2 для текстовых документов) [3, 29].

В графе 1 основной надписи [3] помещается сокращенная запись темы курсового проекта, в графе 2 – обозначение документа (децимальный номер) в виде буквенно-цифровой последовательности ВлГУ.220201. XX.Y.00 ПЗ, где ВлГУ – наименование вуза, 220201 – шифр специальности, XX – вариант задания, Y – код вида работы (причем для курсовых проектов это цифра 4, курсовых работ – 5), 00 – порядковый регистрационный номер для пояснительной записки, код которой имеет запись ПЗ.

Заполнение остальных граф основной надписи выполняется по ГОСТ 2.104-68 [29], который устанавливает формы, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним.

3.3. Стиль изложения

В расчетно-пояснительной записке отражается выполнение всех пунктов задания на курсовое проектирование. Изложение расчетно-пояснительной записки должно быть выполнено грамотно, кратко, ясным техническим языком. Следует избегать сложных и длинных предложений.

В тексте записки не должно быть общих фраз, общих рекомендаций. Ясность мысли, простота и логичность расположения материала – таковы основные требования к стилю изложения пояснительной записки.

При работе над текстом следует добиваться точного, законченного и в то же время наиболее простого и понятного построения фраз, формулировок и выводов. Необходимо избегать длинных и запутанных предложений. При этом без ущерба для излагаемой мысли повышается эффективность ее восприятия. В научно-технической литературе приняты неопределенно-личная и безличная формы изложения, подчеркивающие объективный характер явлений и процессов, общепринятый характер действий и решений.

Правильно писать в зависимости от времени свершения действия: «выбирается метод...» или «выбран метод...», «принимается равным...» или «принята равным...» и т. д., а не «выбираю метод...», «мы выбираем метод...», «принимаю равным...», «рассчитываю по формуле...» и т. п.

Больше всего стилистических погрешностей допускается при изложении расчетов, когда в состав предложения входят формулы. Предложение с формулой нужно строить так, чтобы слова, символы и знаки формулы составляли грамматически правильную конструкцию с законченным смыслом. Например:

Неправильно:

«Вектор резистивных токов рассчитывается по формуле $ri = Uri/Ri$ ».

«Определяется напряжение источника питания $U : U = IR$ ».

Правильно:

«Вектор резистивных токов $Iri = Uri/Ri$ ».

«Напряжение источника питания $U = IR$ ».

При описании процессов в электронных схемах, принципа действия устройств, конструкции элементов и узлов, при изложении расчетов не следует смешивать в одной фразе настоящее

время с прошедшим или будущим, совершенный вид с несовершенным и т. д. Например:

Неправильно:

«Счетчик обнуляется, когда входной сигнал станет равным 0».

Правильно:

«Счетчик обнуляется, когда входной сигнал становится равным 0».

Не следует злоупотреблять страдательным залогом, так как он утяжеляет речь. Например, вместо «было сделано» рекомендуется говорить «сделали».

Не следует вместо прямой и точной глагольной формы сказуемого прибегать к сочетанию отглагольного существительного того же корня, что и глагол, из которого оно образовано, с глаголами типа «осуществлять», «производить», «оказывать», «подвергать» и т. д. Такие фразы утяжеляют речь.

Не следует также злоупотреблять словосочетанием «имеет место» и глаголами «имеется», «предусмотрена» и «бывают» в значении «есть». Их следует заменять прямыми и точными словами.

Нужно избегать засорения языка вводными словами, канцеляризмами, пустыми трафаретными выражениями, архаизмами. Часто употребляются такие портящие речь слова и выражения: на сегодняшний день, практически, фактически, вообще говоря, и т. п.

3.4. Сокращения

Основные требования к сокращениям: понятность, благозвучность, соблюдение правил сокращений в тексте и последовательность в их применении, которая означает, что все однотипные слова должны либо сокращаться, либо не сокращаться. Основные формы сокращения:

1. *Графические* – в них вместо части, отсеченной от конца слова, ставят точку, вместо выкинутой середины слова – дефис. Сокращенное до нескольких букв отсечением его конечной части

слово принято заканчивать на согласной. Сокращение должно позволить легко и безошибочно восстановить полное слово. Поэтому графические сокращения – обычно сокращения общепринятые, которые понятны всем или значительному большинству. Например: и т. д., т. е., шт., ин-т, з-д, ун-т и др. Большинство графических сокращений допустимо только в сочетании с именами собственными, числами, датами или при ссылках и сопоставлениях. Например: проф. А. А. Петров, 2006 г., см. рис. 1.

2. *Буквенные аббревиатуры* образуют из первых букв слов сокращаемого словосочетания. Различают аббревиатуры общепринятые: ФСБ, ЭВМ и т. д.; специальные, принятые в специальной литературе, например, САПР, ЛАЧХ, ЭДС и т. д.; и индивидуальные, применяемые только в данном труде.

Индивидуальные аббревиатуры широко применяют, когда в тексте многократно встречаются устойчивые словосочетания. Индивидуальные сокращения следует оговорить при первом упоминании, поместив за сокращаемым сочетанием слов его аббревиатуру, написанную прописными буквами в скобках, например: математическая модель (ММ), печатная плата (ПП). Дальше в тексте аббревиатура употребляется без скобок. При большом количестве индивидуальных аббревиатур составляют список принятых сокращений, который помещают после оглавления.

3.5. Правила нумерации

Нумерация страниц пояснительной записки начинается с титульного листа. Номер страницы проставляется арабской цифрой в графе 7 основной надписи [3] и правом нижнем углу каждого листа. Нумеруют все страницы пояснительной записки, начиная с 4-й, включая и страницы приложения. Исключение составляют приложения, оформляемые как самостоятельные документы [32], которые имеют собственную нумерацию.

Формулы, на которые даны ссылки в тексте, нумеруются последовательно арабскими цифрами, первая из которых совпадает с номером раздела и отделена от остальных точкой. Номер формулы заключают в круглые скобки и помещают у правого края полосы [32].

Таблицы нумеруют сквозной нумерацией или в пределах раздела арабскими цифрами, точку после номера не ставят [32]. Номер таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой (например таблица 4.1).

3.6. Написание формул

Несложные однострочные ненумерованные формулы можно помещать внутрь текста. В конце формул и в тексте перед ними знаки препинания расставляют в соответствии с правилами пунктуации, так как формула не нарушает грамматической структуры фразы.

Многострочные, нумерованные формулы, а также формулы с *экспликациями* располагают на середине отдельной строки, причем пробелы сверху и снизу оставляют достаточными для того, чтобы формула отчетливо выделялась среди текста.

Появляющиеся в формулах новые символы должны быть расшифрованы в экспликации, помещаемой непосредственно под формулой. После формулы перед экспликацией ставят запятую. Первую строку экспликации начинают со слова «где», двоеточие после него не ставят. Расшифровку символов приводят в экспликации в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Если правая часть формулы содержит дробь, то вначале расшифровывают символы числителя, а затем знаменателя. В конце каждой расшифровки ставят точку с запятой, а в конце последней – точку. После текста расшифровки символов необходимо приво-

дить обозначения единиц физических величин, которые от текста отделяют запятой. Например:

В цепи с источником протекает ток

$$I = (U - E)/R,$$

где I – ток, А; U – напряжение, В; E – ЭДС источника, В.

При ссылке в тексте на формулу указывают ее номер. Например: «... формуле (8)».

3.7. Оформление табличного материала

В табличный материал сводят только такие данные, которые не поддаются воспроизведению в форме графиков, диаграмм или формул. Основные требования к таблицам и табличным выводам: логичность и экономичность построения, удобство чтения, единообразии построения однотипных таблиц.

Таблица обычно состоит из тематического заголовка, определяющего ее содержание; головки, содержащей заголовки граф; строк – всей остальной части таблицы, у которой левую графу называют боковиком. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

В курсовом проекте используют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Основные заголовки в головке и боковике пишут с прописной буквы, а подчиненные, расположенные ниже объединяющего их заголовка, – со строчной. В зависимости от сложности и назначения таблицы в ней могут отсутствовать некоторые из указанных элементов.

Табличный вывод – таблица, колонки которой разделяют не линейками, а пробелами. Вывод содержит небольшое число колонок, чаще всего две. Как правило, у вывода нет тематического заголовка. Вывод не нумеруется, так как он непосредственно продолжает текст и входит в синтаксический строй предшествующего выводу предложения. В проекте в форме выводов приводят ос-

новные данные полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, функциональных элементов и узлов. Например:

Транзистор типа КТ203В имеет следующие основные данные:

Предельная частота усиления 5 мГц
Коэффициент усиления, не менее.....38 – 200

... и т. д.

3.8. Список литературы и ссылки на него

В список литературы включают только использованные при работе источники. Источники следует располагать в порядке появления первых ссылок на них в тексте.

Библиографическое описание книг, отдельно изданных нормативно-технических и технических документов (стандартов, нормативов, патентных документов, типовых проектов и чертежей, промышленных каталогов, прейскурантов, депонированных научных работ, неопубликованных материалов) приведено в ГОСТ 7.32-2001 [34].

Ссылку на литературный источник в тексте сопровождают порядковым номером, под которым этот источник включен в общий указатель литературы. Номер источника в тексте заключают в прямые скобки. Отсутствие ссылок на литературные источники, приведенные в указателе литературы, является недопустимой ошибкой при оформлении расчетно-пояснительной записки.

Тем не менее не следует делать ссылки на источник при использовании общеизвестных формул, ясных теоретических положений. Недопустимо оперировать номерными ссылками на источники как словами для построения фраз. Так, например, ошибочным будет текст: «В [2] показано, что...». Следует записать: «Показано [2], что ...».

Не рекомендуется делать ссылки в тексте на неопубликованные материалы (например на конспекты лекций).

4. ТРЕБОВАНИЯ К ИЛЛЮСТРАТИВНО-ГРАФИЧЕСКОМУ МАТЕРИАЛУ

Количество иллюстраций в расчетно-пояснительной записке определяется содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать изложенную ясность и конкретность. В качестве иллюстраций приводятся рисунки с графом системы, электрическими принципиальными схемами, временными диаграммами, эскизами, отражающими конструктивные особенности рассчитываемых элементов, чертежами трассировки проводников и размещения компонентов и т. п. [4, 7, 22].

4.1. Изготовление рисунков и текста к ним

Между рисунком и текстом должна существовать органическая связь: рисунок дополняет и обогащает текст, а текст разъясняет рисунок. В проекте рисунки (чертежи, схемы и т. п.) выполняют научно-познавательные функции и их графика должна соответствовать комплексу Государственных стандартов [32].

Рисунки выполняют на листах с текстом или на отдельных листах формата А4 карандашом, черными чернилами, пастой или тушью с помощью чертежных принадлежностей, а также с помощью печатающих устройств ЭВМ.

Рисунки при необходимости могут иметь *наименование* и *поясняющие данные*. Наименование помещают над рисунком, поясняющие данные – под ним. Номер рисунка и экспликацию указывают ниже поясняющих данных. Например: «Рисунок 2 – Функциональный узел: а – полный граф; б – нормальное дерево графа».

4.2. Оформление временных диаграмм

Временные диаграммы, называемые также временными графиками, представляют собой наиболее удобный и наглядный способ представления информации о функциональных зависимостях и показа временных процессов.

Диаграммы, используемые для расчетов, обычно имеют координатную сетку, шаг которой соответствует масштабу шкал осей. Линии координатной сетки выполняют примерно вдвое тоньше, а линию функциональной зависимости (кривую) – вдвое толще, чем линии осей.

Числа на шкалах пишут за пределами рамки диаграммы, обязательно указывая первое и последнее числа шкалы.

Если изображаемая на диаграмме кривая отстоит далеко от нулевого значения одной или обеих шкал, рекомендуется эти шкалы начинать с чисел, обеспечивающих рациональное использование *поля диаграммы*, в результате чего при неизменных размерах диаграммы повышается ее наглядность и точность. Если откладываемая на оси диаграммы величина N изменяется в широком диапазоне, то применяют логарифмическую шкалу.

Для повышения информативности диаграммы необходимо изготавливать по общепринятым правилам (ГОСТ 2.319-81).

4.3. Изготовление листов схем, чертежей и плакатов

Графическую часть курсового проекта представляют в виде электрических принципиальных схем и чертежей (4 – 6 наименований), выполненных на одном листе формата А1 (24) ватмана. Сюда могут входить:

- Схемы электрические принципиальные заданного и синтезированного функциональных узлов (два чертежа формат А3).
- Послойные чертежи ПП, выполненные в формате P-CAD (формат А3).

Вся графическая документация должна иметь прямое отношение к теме проекта согласно заданию и оформляется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД [13 – 21, 24 – 28]. Спецификации и перечни элементов схем и чертежей разработанных узлов выполняют на листах формата А4 (11) в соответствии с ЕСКД [31] и помещают как приложения в конце расчетно-пояснительной записки.

Выбирая формат чертежа и масштаб, следует учитывать, что нормально заполненным считают такой чертеж, на котором графические изображения занимают не менее 75 % его рабочего поля, при этом не допускается объединение в поле одного формата различных видов конструкторских документов, например, чертежа конструкции элемента и его принципиальной схемы. Но на одном листе формата А1 (24) можно разместить четыре чертежа (одинаковой ориентации) формата 3 (12).

4.4. Выполнение основной надписи на графических документах

Основную надпись на схемах и чертежах выполняют по форме 1, содержание, расположение и размеры граф которой устанавливает ГОСТ 2.104-68 [29].

В графе 1 основной надписи указывают наименование элемента (устройства) или другого документа в именительном падеже единственного числа. Например, «Функциональный узел № 2. Схема электрическая принципиальная».

В графе 2 приводится обозначение документа по ГОСТ 2.201-80 «ЕСКД. Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах».

Для конструкторских документов в соответствии со стандартом СТП 71.3-04 [3] буквенно-цифровая последовательность десятичного номера имеет вид: ВЛГУ.210100.ХХ.У.01 ЭЗ, сходный с обозначением текстовых документов (см. п. 3.2). Последние две цифры обозначают порядковый регистрационный номер чертежа в проекте, а буквы указывают на вид и тип конструкторского документа.

Для чертежей: СБ – сборочный чертеж.

Для электрических схем: ЭЗ – схема электрическая принципиальная.

В графе 9 указывается аббревиатура факультета и шифр учебной группы: например «ФИТ УИ-105». Остальные графы основной надписи заполняются в соответствии с ГОСТ 2.104-68 [29].

4.5. Выполнение отдельных видов схем

В курсовых проектах из электрических схем наиболее часто используются структурная, функциональная и принципиальная, из чертежей – сборочные и общего вида. Логическая структура и алгоритм чаще всего иллюстрируются схемой программы.

Структурная схема (Э1) определяет основные функциональные части изделия их назначение и взаимосвязь. На ней в виде прямоугольников или условных графических обозначений изображают все основные функциональные части и основные связи между ними.

Функциональная схема (Э2) необходима для разъяснения процессов в функциональных цепях или изделии в целом. На данной схеме изображают все функциональные части и основные связи между ними, а также допускается показывать конкретные соединения в виде проводов, кабелей и т. п.

Принципиальная схема (Э3) содержит все включаемые в предмет разработки электрорадиоэлементы и другие устройства (ГОСТ 2.702-75) [14], все электрические связи, разъемные и неразъемные соединители, которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений, устанавливаемых в стандартах ЕСКД и имеющих позиционное обозначение в двухбуквенном коде (например, VT-транзистор, VD-диод).

Для правильного и быстрого начертания принципиальной электрической схемы, необходимо знать следующие основные правила:

1. На полной принципиальной схеме ЭУ должны быть отображены конструктивные особенности устройства: показано разбиение схемы по платам, даны условные обозначения видов соединений (соединители, клеммы, переключатели и т. п.), указаны механические связи между электрическими элементами, способы регулирования параметров элементов, применение экранирования.

2. Графическое соотношение элементов должно соответствовать стандарту, допускается пропорциональное уменьшение (увеличение) при необходимости всех размеров, но в пределах чертежа они должны быть в одном масштабе.

3. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и пересечений. В соответствии с ГОСТ 2.721-74 [17] в узлах электрической связи необходимо обозначать точки. Входные цепи принципиальной схемы, как правило, располагают слева, выходные – справа и их обозначают.

4. Графические обозначения элементов следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от формата схем и графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм.

5. Порядковые номера присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме сверху вниз в направлении слева направо, начиная с единицы в пределах каждого вида элементов (резисторы, конденсаторы, полупроводниковые приборы и т. д.).

6. Позиционные обозначения электрорадиоэлементов представляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или над ними.

7. Около условных графических обозначений элементов допускается указывать номиналы резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности, а также маркировку электровакуумных, ионных, полупроводниковых приборов и микросхем

8. Данные об элементах принципиальной схемы, полученные в результате электрического расчета и выбора типономиналов, записывают в перечень элементов, который выполняют в виде таблицы [6], и помещают в поле чертежа или на отдельном листе формата А4 расчетно-пояснительной записки.

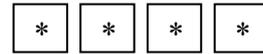
9. Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. Наименования элементов указывают в графе «Наименование» в виде общего заголовка группы. В пределах каждой группы элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

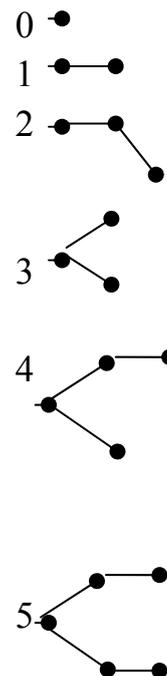
Таблица вариантов 1

К о д ы

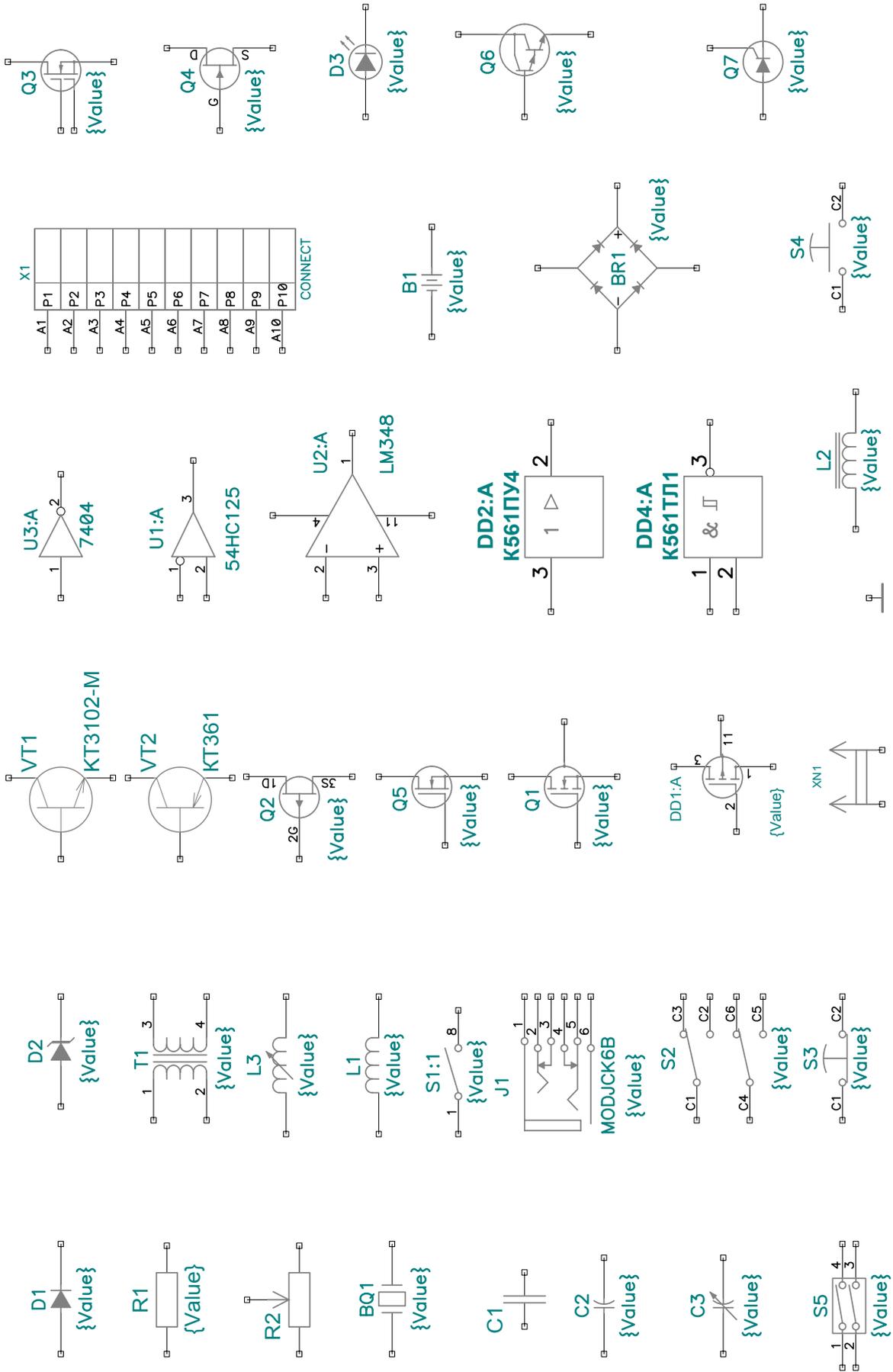


Вариант	Код				Вариант	Код			
1	0	3	2	4	31	1	5	0	3
2	0	1	5	3	32	1	0	4	3
3	0	4	3	2	33	1	0	3	5
4	0	5	1	3	34	1	3	0	4
5	0	3	4	2	35	1	3	5	0
6	0	1	3	5	36	1	4	3	0
7	0	2	3	3	37	1	5	1	3
8	1	0	5	3	38	1	1	4	3
9	0	4	2	3	39	1	1	3	5
10	0	5	3	1	40	1	3	1	4
11	0	3	4	3	41	1	3	5	1
12	0	3	1	5	42	0	4	3	2
13	1	2	4	3	43	0	5	0	3
14	1	5	1	3	44	0	3	4	3
15	1	4	3	2	45	0	2	2	4
16	1	3	5	1	46	0	3	3	4
17	1	3	2	4	47	0	3	5	3
18	1	1	3	5	48	0	4	3	1
19	1	0	4	3	49	0	5	2	3
20	1	5	3	0	50	0	3	4	3
21	1	4	3	1	51	0	1	3	5
22	1	3	5	0	52	0	3	1	4
23	1	2	3	4	53	0	4	4	3
24	1	0	3	5	54	0	4	3	4
25	1	0	4	3	55	0	5	4	3

Комбинации ветвей, соответствующих цифре кода, последовательно и поразрядно помещаемые в узлы схемы А для образования нормального дерева графа схемы.



Схемы элементов к таблице вариантов задания



Приложение Г

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет

Факультет _____ Кафедра _____
Учебная дисциплина _____

З А Д А Н И Е
на курсовой проект

Тема:

Студент _____ Группа _____

Дата выдачи “ _____ ” _____ 20__ г.

Срок выполнения “ _____ ” _____ 20__ г.

Руководитель _____
(ФИО)

Исходные данные к проекту _____

Перечень вопросов, которые должны быть отражены в пояснительной записке _____

Перечень графического материала _____

Рекомендуемая литература _____

Руководитель _____
(Подпись)

Задание принял к исполнению _____

Пример формирования модели устройства и ее расчета

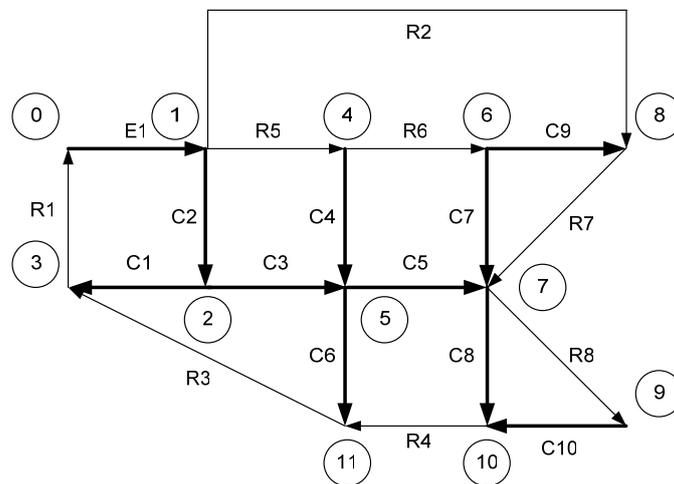
Исходный код, задающий количество и расположение ветвей нормального дерева графа:

0	2	3	5
---	---	---	---

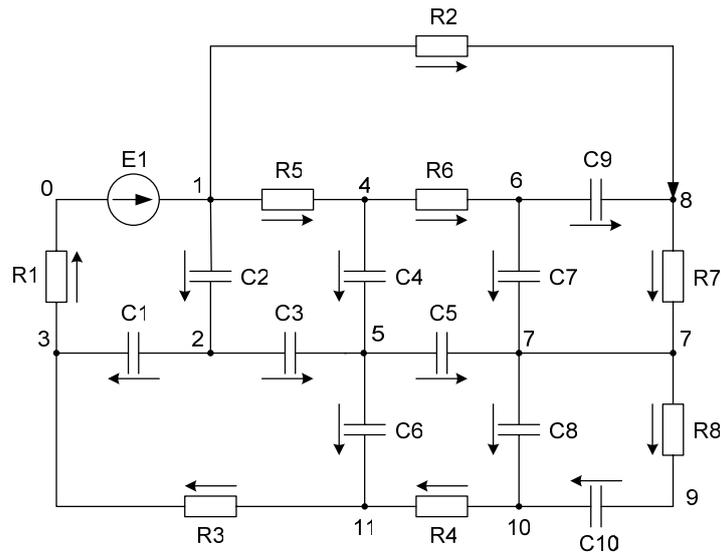
Заданный набор компонентов:

D1	R1	T1	L1	C1	J1	S2	VT2	Q5	U1A	DD1	X1	ЛА7	ИЕ16	ИЕ19
4	9	1	2	7	1	1	1	1	3	2	1	5	2	1

По заданному коду, указывающему количество и место расположения ветвей, восстанавливается нормальное дерево графа. Расставляются хорды к этому дереву в количестве восьми штук. Нумеруются вершины полученного графа, и соотносятся его ветви и хорды с конденсаторами или источниками напряжения и резисторами. Задаются направлениями тока в ветвях и хордах графа.



По полученному графу восстанавливается принципиальная электрическая схема.



Составляется математическая модель схемы с использованием метода переменных состояния:

$$\begin{cases} U_x + MU_{вд} = 0 \\ I_{вд} - M^T I_x = 0 \end{cases}$$

Здесь M – матрица контуров и сечений, получаемая на основе построения нормального дерева графа схемы.

$$M = \begin{matrix} R1 \\ R2 \\ R3 \\ R4 \\ R5 \\ R6 \\ R7 \\ R8 \end{matrix} \begin{pmatrix} E1 & C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 & C10 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Используя M, вычисляют вектор резистивных напряжений с помощью топологического уравнения:

$$U_x = -MU_{вд} \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{R1} = -E1 - U_{C1} - U_{C2}; \\ \dots\dots\dots \\ U_{R8} = U_{C8} - U_{C10}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Получив значения резистивных напряжений, с учетом $I_{Ri} = \frac{U_{Ri}}{R_i}$, можно определить и вектор резистивных токов в виде системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{R1} = \frac{-E1 - U_{C1} - U_{C2}}{R1}; \\ \dots\dots\dots \\ I_{R8} = \frac{U_{C8} - U_{C10}}{R8}. \end{array} \right. \quad (3)$$

По топологическому уравнению

$$I_{вд} = M^T I_x$$

вычисляется вектор емкостных токов в виде системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{E1} = I_{R1}; \\ \dots\dots\dots \\ I_{C10} = I_{R8}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Система для вектора производных переменных состояния с использованием компонентного уравнения $C_j \frac{dU_{Cj}}{dt} = I_{Cj} \Rightarrow \frac{dU_{Cj}}{dt} = \frac{I_{Cj}}{C_j}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU_{C1}}{dt} = \frac{I_{R1} - I_{R3}}{C1}; \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dU_{C10}}{dt} = \frac{I_{R8}}{C10}. \end{array} \right. \quad (5)$$

С учетом (3) и (4) получим систему (5) в развёрнутом виде .

где K_i – коэффициенты, вычисленные при подстановке числовых значений $R_i, C_i; Y_i$ – функция $dU_{ci}/dt; U = [Y_1, Y_2, \dots, Y_{10}]$.

Пусть имя файла – *sisdu.m*, тогда функция принимает вид

$$\text{Function } U = \text{sisdu}(t, p).$$

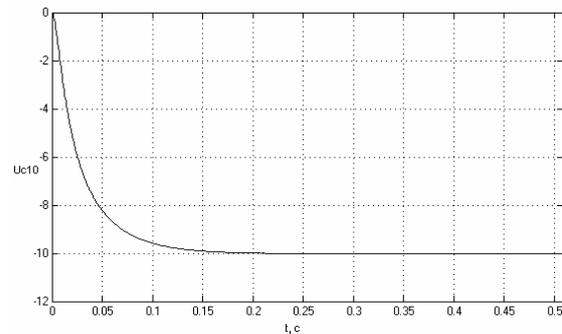
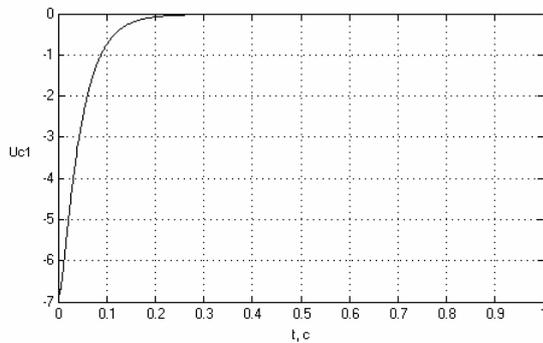
После ввода функции *ode()*:

```
>> t0 = 0; tf = 0.5; x0 = [0, 0, ... 0];
```

```
>> [t, P] = ode23 ('sisdu', t0, tf, x0)
```

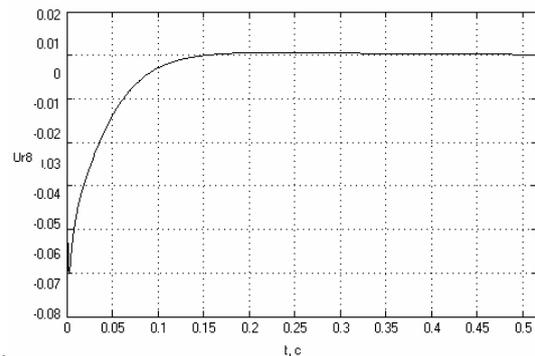
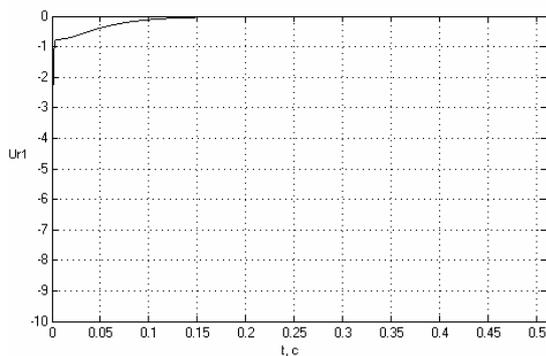
получим численное решение системы при нулевых начальных условиях, например в виде графических зависимостей:

Для емкостных напряжений схемы:

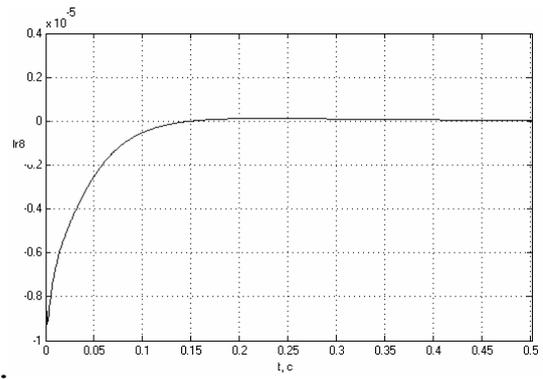
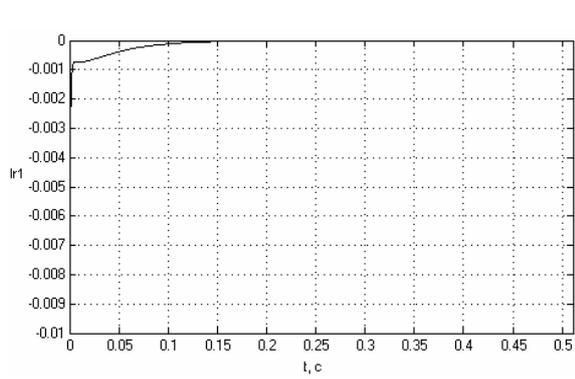


.....

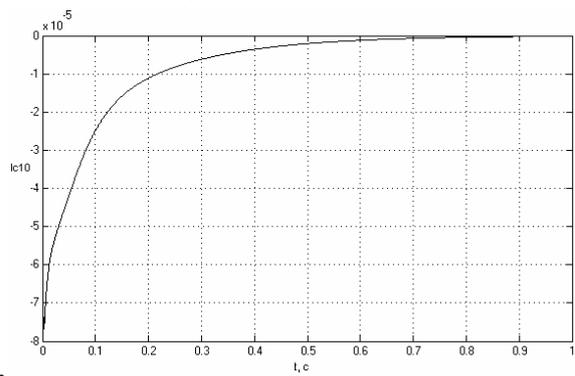
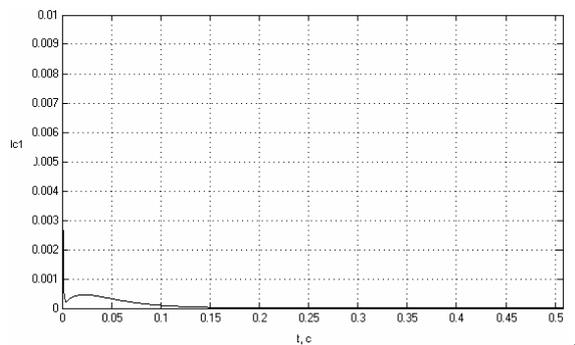
По полученным емкостным напряжениям, используя (2) и (4) соответственно, найдены резистивные напряжения и токи. Их графическое представление:



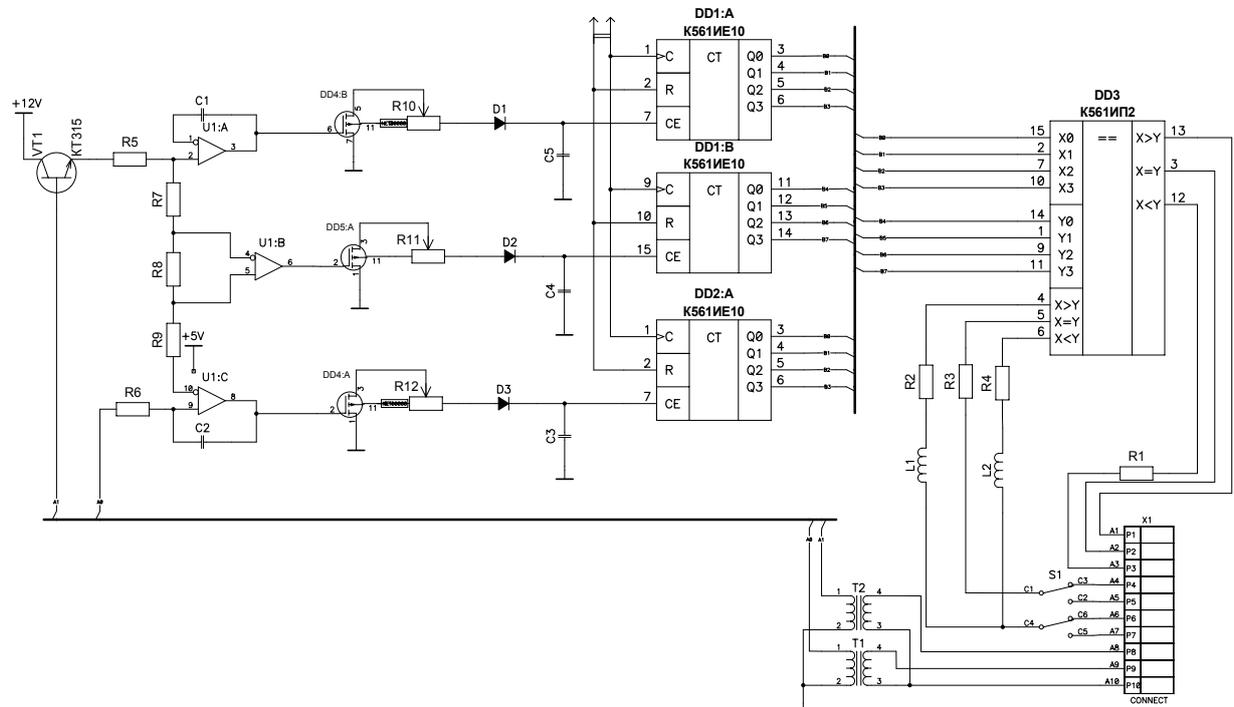
.....



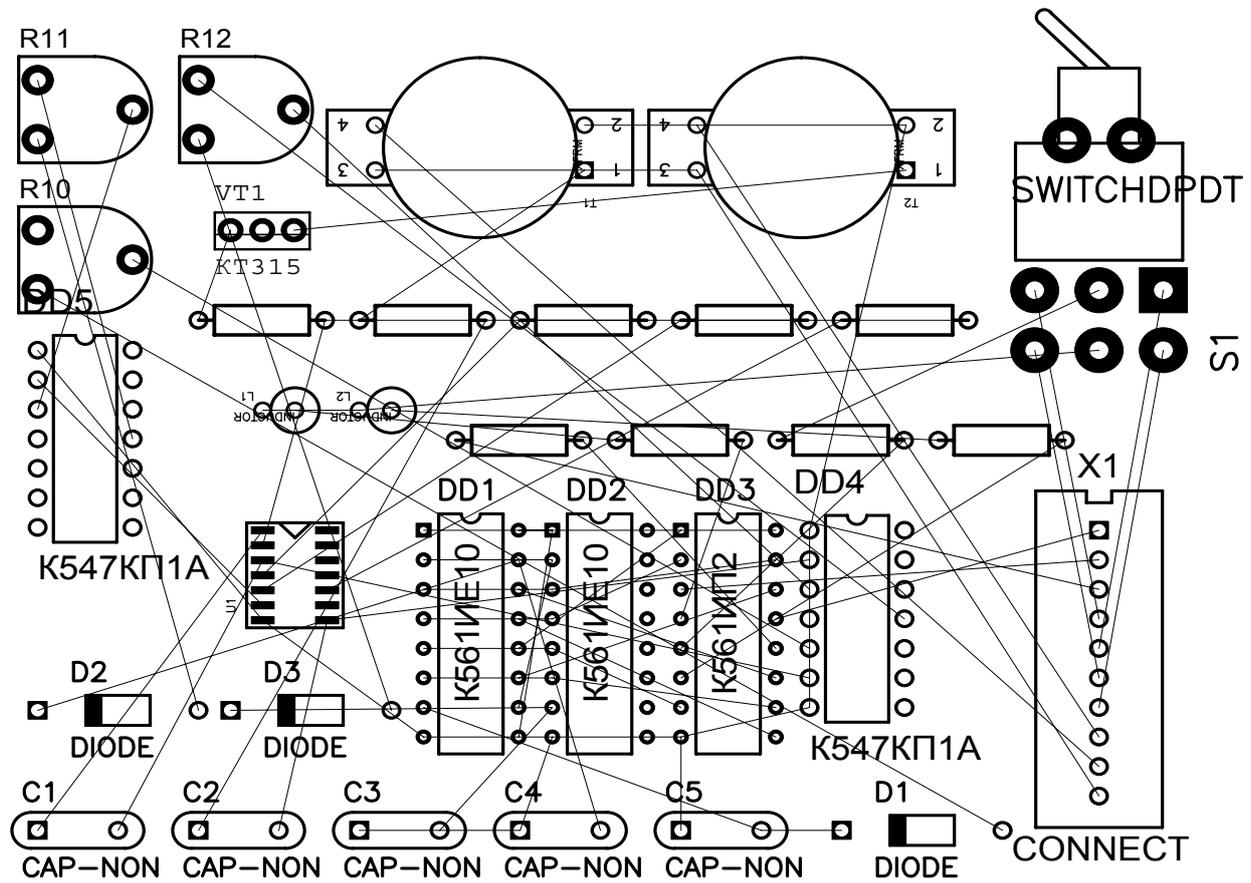
По значениям резистивных токов найдены емкостные токи:



Принципиальная электрическая схема в формате P-CAD, составленная по исходным данным:

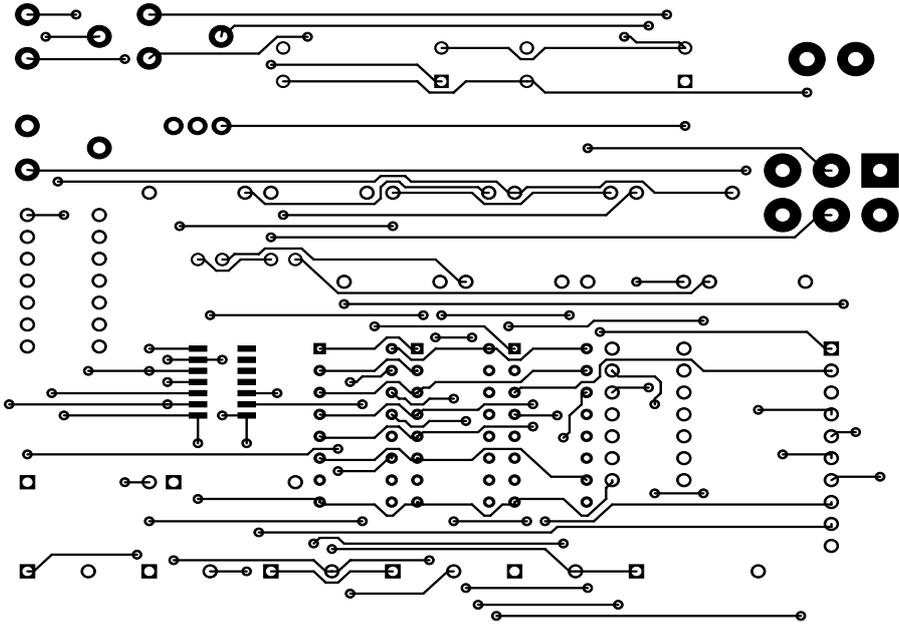


После генерации списка цепей, загрузки файла электрических соединений и последующей ручной корректировки получена схема размещения элементов на печатной плате:

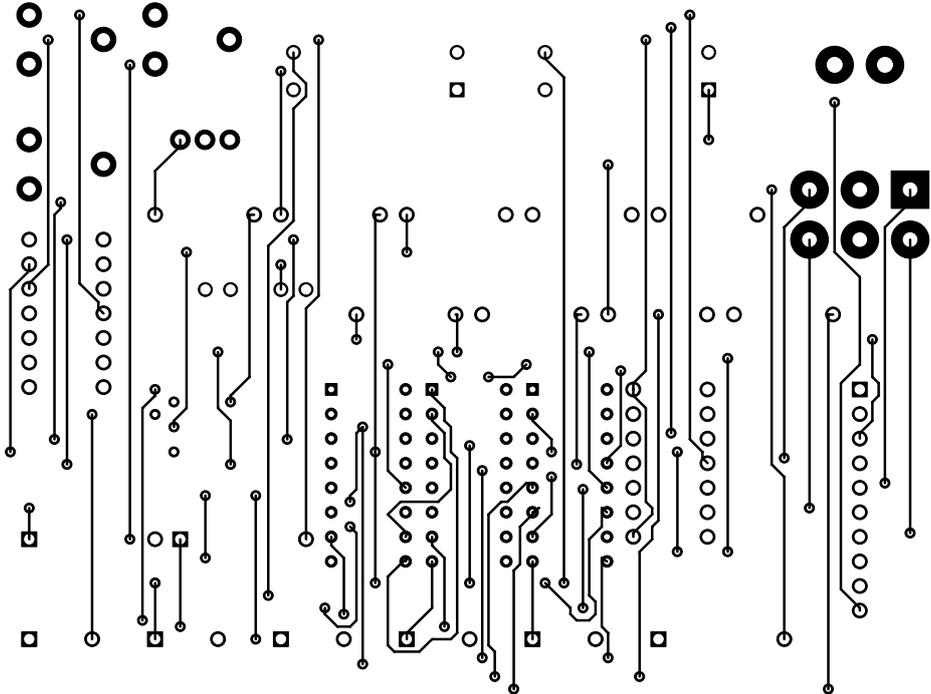


В результате трассировки соединений с помощью бессеточного трассировщика P-CAD Shape-Based Router и последующей печати проекта получены два сигнальных слоя (Top – верхний, Bottom – нижний) и информационный слой Top-Silk.

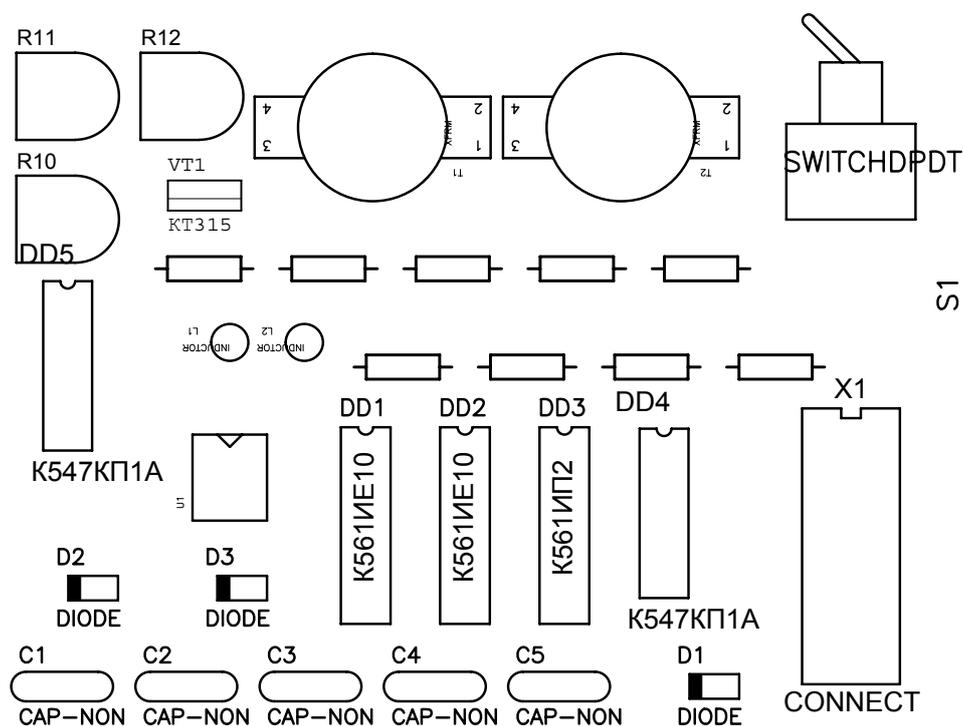
Слой Top



Слой Bottom



Слой Top-Silk



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Вводная часть, общие вопросы проектирования

1. *Алексеев, О. В.* Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств : учеб. пособие для вузов / О. В. Алексеев, А. А. Головков [и др.] ; под ред. О. В. Алексеева. – М. : Высш. шк., 2000. – 479 с. : ил. – ISBN 5-06-002691-4.

2. Автоматизированное проектирование систем автоматического управления / под ред. В. В. Солодовникова. – М. : Машиностроение, 1990. – 334 с. – ISBN 5-217-00999-3.

3. *Сольнищев, Р. И.* Автоматизация проектирования систем автоматического управления / Р. И. Сольнищев. – М. : Высш. шк., 1991. – 335 с.

4. *Норенков, И. П.* Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем : учеб. пособие для

втузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1988. – 304 с. : ил.

5. *Калабеков, Б. А.* Методы автоматизированного расчета электронных схем в технике связи : учеб. пособие для вузов / Б. А. Калабеков [и др]. – М. : Радио и связь, 1990. – 272 с. : ил. – ISBN 5-256-00674-6.

Математическое обеспечение и моделирование

6. *Гантмахер, Ф. Р.* Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. – М. : Наука, 1988. – 250 с. : ил.

7. *Дидук, Г. А.* Машинные методы исследования автоматических систем / Г. А. Дидук. – Л. : Энергоиздат, 1983. – 176 с. : ил.

8. *Демирчян, К. С.* Моделирование и машинный расчет электрических цепей / К. С. Демирчян, П. А. Бутырин. – М. : Высш. шк., 1988. – 236 с. : ил.

9. *Разевиг, В. Д.* Система схемотехнического моделирования Micro-Cap 6 / В. Д. Разевиг. – М. : Горячая линия –Телеком, 2001. – 344 с. : ил. – ISBN 5-93517-026-4.

10. *Курейчик, В. М.* Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР / В. М. Курейчик. – М. : Радио и связь, 1990. – 351 с. : ил. – ISBN 5-256-00698-3.

11. *Советов, Б. Я.* Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высш. шк., 2001. – 343 с. : ил. – ISBN 5-06-003860-2.

12. *Банди, Б.* Основы линейного программирования / Б. Банди ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1989. – 254 с. : ил. – ISBN 5-256-00186-8.

13. *Разевиг, В. Д.* Система сквозного проектирования электронных устройств Design Lab 8/0 / В. Д. Разевиг. – М. : Солон-Р, 2000. – 698 с. – ISBN 5-93455-052-7.

14. *Половко, А. М.* MATLAB для студента / А. М. Половко, П. Н. Бутусов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 320 с. : ил. – ISBN 5-94157-595-5.

15. *Дьяконов, В. П.* MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Серия «Библиотека профессионала» / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с. : ил. – ISBN 5-98003-209-6.

Конструкторское проектирование

16. *Разевиг, В. Д.* Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000) / В. Д. Разевиг. – М. : Солон-Р, 2001. – 416 с. – ISBN 5-93455-004-7.

17. *Стешенко, В. Б.* ACCEL EDA. Технология проектирования печатных плат / В. Б. Стешенко. – М. : Нолидж, 2000. – 512 с. : ил. – ISBN 5-89251-082-4.

18. *Саврушев, Э. Ц.* P-CAD для Windows. Система проектирования печатных плат : практ. пособие / Э. Ц. Саврушев. – М. : ЭКОМ, 2002. – 320 с. : ил. – ISBN 5-94240-009-1.

Практикумы

19. *Галас, В. П.* Имитационное моделирование электрических схем с использованием программы Micro-Cap: практикум для студентов специальности 210100 / В. П. Галас. – Владим. гос. ун-т. – Владимир : Ред.-издат. комплекс Владим. гос. ун-та, 2003. – 52 с. – ISBN 5-89368-420-6.

20. *Он же.* Моделирование и анализ электрических схем в среде Electronics Workbench: Практикум для студентов специальности 210100 / В. П. Галас. – Владим. гос. ун-т. – Владимир : Ред.-издат. комплекс Владим. гос. ун-та, 2003. – 52 с. – ISBN 5-89368-422-2.

21. *Галас, В. П.* Проектирования печатных плат с использованием САПР P-CAD: практикум для студентов специальности 210100 / В. П. Галас, А. Б. Градусов. – Владим. гос. ун-т. – Владимир : Ред.-издат. комплекс Владим. гос. ун-та, 2003. – 55 с. – ISBN 5-89368-421-4.

Оформление текстовых и графических материалов

22. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: справочник / Э. Т. Романычева [и др.] ; под ред. Э. Т. Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1989. – 448 с. – ISBN 5-256-00289-9.

23. *Ганенко, А. П.* Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД): учеб. пособие для сред. проф. образования. / А. П. Ганенко, М. И. Лапсарь. – 2-е изд., перераб. – М. : ПрофОбрИздат, 2003. – 336 с. – ISBN 5-7695-1569-4.

24. *Александров, К. К.* Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с. – ISBN 5-283-00618-2.

25. *Усатенко, С. Т.* Выполнение электрических схем по ЕСКД / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк, М. В. Терехова. – 2-е изд., перераб. и доп.– М. : Изд-во стандартов, 1992. – 316 с. – ISBN 5-7050-0908-0.

26. *Чекмарев, А. А.* Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк. : Академия, 2001. – 493 с. – ISBN 5-06-003659-6.

27. *Лагерь, А. И.* Инженерная графика / А. И. Лагерь, Э. А. Колесникова. – М. : Высш. шк., 2002. – 270 с. – ISBN 5-06-004068-2.

Система стандартов

28. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – Введ. 1985-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 12 с.

29. ГОСТ 2.702-75. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. – Введ. 1977-07-01. – М. : Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 20 с.

30. ГОСТ 2.708-81. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники. – Взамен ГОСТ 2.708-72 ; введ. 1982-01-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1986. – 16 с.

31. ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – Взамен ГОСТ 2.721-68, ГОСТ 2.783-69; введ. 1975-07-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1983. – 23 с.

32. ГОСТ 2.709-89. ЕСКД. Система обозначений в электрических схемах. – Введ. 1990-01-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.

33. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – Введ. 1981-07-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2000. – 10 с.

34. ГОСТ 2.109-73. ЕСКД. Основные требования к чертежам. – Взамен ГОСТ 2.107-68, ГОСТ 2.109-68 ; введ. 1974-07-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2004. – 7 с.

35. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – Взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71 ; введ. 1996-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 26 с.

36. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Взамен ГОСТ 7.1-84, ГОСТ 7.16-79, ГОСТ 7.34-81, ГОСТ 7.40-82 ; введ. 2004-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 48 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	5
1.1. Метод переменных состояния.....	5
1.2. Использование метода переменных состояния для формирования ММС.....	10
1.3. Основные численные методы решения дифференциальных уравнений.....	14
1.4. Компьютерные технологии решения дифференциальных уравнений.....	17
2. ЗАДАНИЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ	18
3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	19
3.1. Титульный лист	20
3.2. Рубрикация и основная надпись	20
3.3. Стиль изложения	21
3.4. Сокращения	23
3.5. Правила нумерации	24
3.6. Написание формул	25
3.7. Оформление табличного материала	26
3.8. Список литературы и ссылки на него.....	27
4. ТРЕБОВАНИЯ К ИЛЛЮСТРАТИВНО-ГРАФИЧЕСКОМУ МАТЕРИАЛУ	28
4.1. Изготовление рисунков и текста к ним	28
4.2. Оформление временных диаграмм.....	28
4.3. Изготовление листов схем, чертежей и плакатов	29
4.4. Выполнение основной надписи на графических документах.....	30
4.5. Выполнение отдельных видов схем	31
ПРИЛОЖЕНИЯ	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДЛЯ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 220201 ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ»

Составители
ГАЛАС Валерий Петрович
ГАЛКИН Анатолий Александрович

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент А.А. Галкин

Подписано в печать 23.03.07
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. Тираж 100 экз.
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.