ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМ. А.Ф. МОЖАЙСКОГО

**М Е Т О Д И Ч Е С К И Е Р Е К О М Е Н Д А Ц И И**

**для выполнения курсовой работы**

**по дисциплине «Теоретические основы электротехники»**

**СОДЕРЖАНИЕ**

 

### 1 Целевая установка ……………………………………………………………….

2 Выбор исходных данных и определяемые параметры ………………………..

3 Методики выполнения расчетов ………………………………………………..

3.1 Методика расчета переходных процессов классическим методом ………..

3.2 Методика расчета переходных процессов операторным методом ………...

4 Список рекомендованных источников ………………………………….……..

### 5 Основные требования к содержанию и оформлению пояснительной

 записки ………………………………………………………………………..

5.1 Составные элементы пояснительной записки и их содержание……...........

5.2 Правила оформления пояснительной записки……………………………….

Приложение А. Пример расчета переходных процессов классическим

методом …………………………………………………………………………….

Приложение Б. Пример расчета переходных процессов операторным

методом ………………………………………………………………………….…

Приложение Г. Пример оформления титульного листа пояснительной

 записки ………………………………………………………………………...

Приложение Д. Пример оформления задания на курсовую работу …………..

Приложение Е. Пример оформления содержания пояснительной записки…..

**1 ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА**

Курсовая работа по дисциплине ТОЭ имеет целью привитие навыков курсантам самостоятельного расчета переходных процессов в линейной электрической цепи классическим и операторным методами, с синтезом параметров отдельных элементов цепи для обеспечения заданного вида переходного процесса.

**2 ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

 Задается линейная электрическая цепь, состоящая из смешанного соединения элементов *R, R*1*, L*  и *C*, которая включается на постоянное напряжение *U*. Начальные условия в цепи нулевые.

 Каждому курсанту выдается индивидуальный вариант задания на курсовую работу, который определяет схему цепи и параметры элементов *R, R*1*,* и *L*.

 Для всех вариантов заданий на курсовую работу, напряжение на входе цепи *U* = 100 В, емкость *С* = 20 мкФ.

 Индивидуальный вариант задания представляет собой сочетание четырех цифр, например, 3680, 1379 и т.п., в котором:

* первая цифра задает схему цепи;
* вторая цифра задает значение индуктивности *L*;
* третья цифра задает вид переходного процесса, который необходимо обеспечить выбором значения сопротивления *R*;
* четвертая цифра задает значение сопротивления *R*1.

Пример. Вариант задания 1570 соответствует следующим исходным данным:

* схема цепи 1;
* индуктивность *L* = 0,2 Гн;
* сопротивление *R* подобрать так, чтобы переходный процесс был колебательным;
* сопротивление *R*1 = 100 Ом.

По номеру варианта из таблицы вариантов выбираются исходные данные для выполнения курсовой работы.

При выполнении курсовой работы необходимо определить:

* значение критического сопротивления *R*КР, при котором переходный процесс в цепи из колебательного превращается в апериодический, и подобрать значение сопротивления *R*, необходимое для обеспечения заданного процесса;
* выражения для всех токов цепи и напряжения на емкости *С* классическим методом;
* выражение для любого из токов цепи операторным методом;
* построить графики переходных токов и напряжения на емкости *С*, полученных аналитическим расчетом.

## **Т А Б Л И Ц А В А Р И А Н Т О В**

|  |
| --- |
| Схема цепи |
| **1** | **2** | **3** |
|  |  |  |
| Индуктивность *L*, Гн |
| **4** | **5** | **6** |
| 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Сопротивление *R* подобрать ток, чтобы переходной процесс был |
| **7** | **8** |
| колебательный | апериодический |
| Сопротивление *R*1, Ом |
| **9** | **0** |
| 50 | 100 |

**3 МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ**

**3.1 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ КЛАССИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

 Расчет переходных процессов классическим методом в электрических цепях, в которых осуществляется коммутация, необходимо выполнять в следующей последовательности:

- для цепи, получаемой после коммутации, необходимо составить систему независимых уравнений в мгновенных значениях токов и напряжений на основании законов Кирхгофа. В результате получается система интегро-дифференциальных уравнений;

- систему уравнений решить относительно одной выбранной переходной величины с целью получения дифференциального уравнения. В качестве переходной величины рекомендуется выбирать либо напряжение на емкости, либо ток в индуктивности, так как для них проще определить начальные условия и , исходя из законов коммутации. В результате решения получается линейное неоднородное дифференциальное уравнение (ЛНДУ) второго порядка;

- для полученного ЛНДУ необходимо записать характеристическое уравнение. В целях проверки правильности полученного характеристического уравнения рекомендуется получить ЛНДУ относительно другой переходной величины (если первое ЛНДУ относительно напряжения *uC*, то второе – относительно тока *iL* и наоборот). В обоих случаях характеристическое уравнение должно быть одним и тем же;

- для определения критического сопротивления *R*КР необходимо дискриминант выражения для определения корней характеристического уравнения приравнять к нулю. Критическое сопротивление может быть только положительным числом;

- для выбора значения сопротивления *R*, обеспечивающего заданный вид переходного процесса, необходимо исследовать зависимость дискриминанта *D* от *R*. При этом возможны варианты, представленные на рис. 1 и 2.


#  Рис. 1 Рис. 2

- области, где *D* > 0 соответствуют ***апериодическому*** переходному процессу, а где *D* < 0 – ***колебательному***. Для удобства дальнейших расчетов значения сопротивления *R* рекомендуется выбирать целочисленным. Например, зависимость соответствует рис. 1, критическое сопротивление . Тогда, для обеспечения колебательного переходного процесса целесообразно выбрать значение *R* = 10 Ом, а для обеспечения апериодического переходного процесса – *R* = 100 Ом.

- для определения возможных ошибок необходимо подставить выбранное значение сопротивления *R* в дискриминант и убедиться, что знак дискриминанта соответствует заданному виду переходного процесса (для апериодического процесса *D* > 0, а для колебательного *D* < 0).

- ЛНДУ интегрируется с использованием приемов классической математики. Решение ЛНДУ и дает закон изменения переходного напряжения или тока во времени.

Как известно, общее решение ЛНДУ состоит из суммы общего решения однородного дифференциального уравнения (свободная составляющая) и частного решения ЛНДУ (принужденная составляющая). Например, переходное напряжение на емкости

а переходный ток в индуктивности

 Выражение свободной составляющей, например, тока в индуктивности для ЛНДУ второго порядка будет иметь вид

где – постоянные интегрирования;

 – корни характеристического уравнения.

 Выражением (1) целесообразно пользоваться в случае, когда корни характеристического уравнения вещественные.

 В случае пары комплексно-сопряженных корней ( - коэффициент затухания колебаний, - частота собственных затухающих колебаний) решение целесообразно записать в виде

где , - постоянные интегрирования.

- принужденную составляющую переходного напряжения или тока находят путем расчета цепи, полученной после коммутации, без учета переходного процесса. Поэтому для ее определения используют все известные методы расчета электрических цепей в установившихся режимах. Если после коммутации исследуемая цепь не содержит источников энергии, то принужденное значение всех величин равны нулю. При определении начальных и принужденных значений токов и напряжений следует учитывать, что сопротивление идеальной катушки индуктивности постоянному току равно нулю, а идеального конденсатора – бесконечности. В момент включения, наоборот, сопротивление катушки индуктивности равно бесконечности, а конденсатора – нулю.

- для определения постоянных интегрирования необходимо знать значение искомой величины и ее первой производной в начальный момент времени *t* = 0. Для этого составляют и решают систему из двух алгебраических уравнений. Например, для переходного напряжения *uC* на емкости система уравнений имеет вид

 Значение находят по законам коммутации, а по исходной системе уравнений и независимым начальным условиям;

- для определения других переходных величин необходимо воспользоваться законами Ома и Кирхгофа или интегрально-дифференциальными соотношениями для напряжений и токов в индуктивностях и емкостях

- для определения возможных ошибок в расчетах необходимо провести проверку. В полученные выражения для всех переходных величин подставить два значения времени и . Для должны быть получены начальные значения всех переходных величин, а для - их принужденные значения;

* расчет переходных процессов классическим методом завершают построением графиков временных зависимостей .

Пример расчета переходных процессов классическим методом приведен в приложении А.

* 1. **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**ОПЕРАТОРНЫМ МЕТОДОМ**

Расчет переходных процессов операторным методом необходимо выполнять в следующей последовательности:

- по известной для данной цепи функции-оригиналу определить функцию-изображения с использованием таблицы [2] или формул прямого преобразования Лапласа [1];

- по законам Ома или Кирхгофа составить уравнение или систему уравнений для операторных токов и напряжений. Операторное сопротивление участка цепи получают из комплексного сопротивления этого участка заменой множителя на оператор ;

- решить уравнение или систему уравнений и определить операторное изображение искомой функции;

- преобразовать изображение найденной функции в функцию-оригинал по таблице [2], теореме разложения или по формулам обратного преобразования Лапласа [1].

Пример расчета переходных процессов операторным методом приведен в приложении Б.

**4 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Лачугин В.П., Сологуб Г.В., Янковский В.А. Линейные электрические цепи синусоидального тока: учебное пособие. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011. – 79 с.
2. В.П.Лачугин, А.А.Рощупкин Электрические цепи переменного тока. Учебное пособие - ВКА, 2013 .
3. А.М.Безняков, В.П.Лачугин, А.А.Рощупкин Теоретические основы электротехники. Переходные процессы в электрических цепях: Учебное пособие - ВКА, 2016.

**5 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

**5.1 СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

Составными элементами пояснительной записки являются:

* титульный лист;
* задание на курсовую работу;
* содержание;
* введение;
* основная часть;
* заключение;
* список использованных источников;
* приложения.
	+ 1. Титульный лист является первым листом пояснительной записки. Пример оформления титульного листа приведен в приложении Г.
		2. Задание на курсовую работу должно содержать тему курсовой работы, целевую установку, исходные данные, перечень вопросов, подлежащих разработке, а также основную рекомендуемую литературу. Пример оформления задания на курсовую работу приведен в приложении Д.
		3. Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, заключения, список используемых источников и наименования приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы пояснительной записки. Пример оформления содержания на курсовую работу приведен в приложении Е.
		4. Введение должно содержать актуальность темы, цель работы, оценку современного состояния решаемой задачи, исходные данные для решения задачи, а также аннотацию разделов пояснительной записки.
		5. В основной части пояснительной записки приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной работы.
		6. Заключение должно содержать основные результаты, полученные в процессе выполнения работы с краткими выводами по каждому из них.
		7. Список используемых источников должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении работы. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1.
		8. В приложения рекомендуется включать материалы справочного характера (графики, таблицы, инструкции и т.п.).

**5.2 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

5.2.1 Пояснительная записка может быть выполнена рукописным, либо печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4, через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков не менее 1.8 мм (кегль не менее 12). Каждый лист должен иметь рамку со следующими размерами полей: правое, верхнее и нижнее – 5 мм, а левое – 20 мм. На листе «Содержание» должна быть сделана основная надпись по форме 2, а на всех последующих листах пояснительной записки – по форме 2а ГОСТ 2.104-68.

5.2.2 Вписывать в пояснительную записку, изготовленную машинописным способом, отдельные слова, формулы, условные знаки (рукописным способом), а также, выполнять иллюстрации следует черными чернилами. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк - не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом (15 - 17 мм). Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения пояснительной записки, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным способом или черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом. Повреждения листов пояснительной записки, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графика) не допускается.

5.2.3 Текст пояснительной записки при необходимости разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точки не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов. Если пояснительная записка имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

3 **Методы испытаний**

3.1 Аппараты, материалы и реактивы

3.2 Подготовка к испытанию

 Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2, 4.2.1.3 и т.д. Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей, детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых, ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 1) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 2) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Расстояние между заголовком и текстом при выполнении пояснительной записки машинописным способом должно быть равно 3, 4 интервалам, при выполнении рукописным способом - 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 2 интервала, при выполнении рукописным способом - 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы). Содержание включают в общее количество листов данной пояснительной записки. Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы. В конце пояснительной записки необходимо привести список используемых источников, которые были использованы при ее написании. Выполнение списка и ссылки на него в тексте - по ГОСТ 7.32. Список использованных источников включают в содержание документа. Нумерация страниц пояснительной записки и приложений, входящих в ее состав, должна быть сквозная.

5.2.4 Текст пояснительной записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований.

При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «разрешается только», «не допускается», «запрещается», «не следует». При изложении других положений следует применять слова - «могут быть», «как правило», «при необходимости», «может быть», «в случае» и т.д. При этом допускается использовать повествовательную форму изложения текста, например «применяют», «указывают» и т.п.

В пояснительной записке должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии - общепринятые в научно-технической литературе.

Если в пояснительной записке принята специфическая терминология, то в конце его (перед списком литературы) должен быть перечень принятых терминов с соответствующими разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте пояснительной записке не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;

- применять произвольные словообразования;

- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также в данном документе;

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы и рисунки.

В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак минус (-) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

- применять без числовых значений математические знаки, например > (больше), < (меньше), = (равно), ≥(больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);

- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Если в пояснительной записке принята особая система сокращения слов или наименований, то в ней должен быть приведен перечень принятых сокращений, который помещают в конце пояснительной записке перед перечнем терминов.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым в действующем законодательстве и государственных стандартах.

При необходимости применения условных обозначений, изображений или знаков, не установленных действующими стандартами, их следует пояснять в тексте или в перечне обозначений.

В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417.

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Применение в пояснительной записке разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте пояснительной записке числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти - словами.

Примеры

1 Провести испытания пяти труб, каждая длиной 5 м.

2 Отобрать 15 труб для испытаний на давление.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах пояснительной записке должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например 1,50; 1,75; 2,00 В.

Если в тексте пояснительной записки приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

Примеры

1 От 1 до 5 Ом.

2 От 10 до 100 А.

3 От плюс 10 до минус 40 °С.

4. От плюс 10 до плюс 40 °С.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Приводя наибольшие или наименьшие значения величин следует применять словосочетание «должно быть не более (не менее)».

Приводя допустимые значения отклонений от указанных норм, требований следует применять словосочетание «не должно быть более (менее)».

Например, массовая доля углекислого натрия в технической кальцинированной соде должна быть не менее 99,4 %.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей.

5.2.5 В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример – Электрический ток вычисляют по формуле

где *U* - напряжение, В;

 *R* – сопротивление, Ом.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой. Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «×». Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают - (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, … в формуле (1).

Формулы, помещаемые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (B.1). Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.1).

Порядок изложения в пояснительной записке математических уравнений такой же, как и формул.

 5.2.6 Примечания приводят в пояснительной записке, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания не должны содержать требований. Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

Примеры

Примечание -

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Примечания

1 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

5.2.7 Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту пояснительной записки (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце ее. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рис. 1».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например – Рис. А.3.

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рис. 1.1.

При ссылках на иллюстрации следует писать «… в соответствии с рис. 2» при сквозной нумерации и «… в соответствии с рис. 1.2» при нумерации в пределах раздела.

На приводимых в пояснительной записке электрических схемах около каждого элемента указывают его позиционное обозначение, установленное соответствующими стандартами, и при, необходимости, номинальное значение величины.

5.2.8 Материал, дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть, например, графический материал, таблицы большого формата, расчеты, описания аппаратуры и приборов, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ и т.д. Приложение оформляют как продолжение пояснительной записки на последующих ее листах.

Приложения могут быть обязательными и информационными. Информационные приложения могут быть рекомендуемого или справочного характера.

В тексте пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки. Степень обязательности приложений при ссылках не указывается. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте пояснительной записки.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного - «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой. Приложения обозначают заглавными, буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и О. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

Приложения должны иметь общую с остальной частью пояснительной записки сквозную нумерацию страниц.

Все приложения должны быть перечислены в содержании пояснительной записки (при наличии) с указанием их номеров и заголовков.

5.2.9 Если необходимо пояснить отдельные данные, приведенные в пояснительной записке, то эти данные следует обозначать надстрочными знаками сноски. Сноски в тексте располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, и отделяют от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны. Знак сноски ставят непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение, и перед текстом пояснения.

Знак сноски выполняют арабскими цифрами со скобкой и помещают на уровне верхнего обреза шрифта. Пример - «… печатающее устройство2) …»

Нумерация сносок отдельная для каждой страницы. Допускается вместо цифр выполнять сноски звездочками: \*. Применять более четырех звездочек не рекомендуется.

5.2.10 Примеры могут быть приведены в тех случаях, когда они поясняют требования пояснительной записки или способствуют более краткому их изложению. Примеры размещают, нумеруют и оформляют так же, как и примечания.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(справочное)

Пример расчета переходных процессов классическим методом

## Рис. А.1

## До замыкания контакта *S* в цепи, представленной на рис. А.1, имел место установившийся режим при постоянном напряжении . В момент контакт *S* замыкается. Найти выражения напряжения на конденсаторе для двух случаев: 1) *R* = 250 Ом, *L* = 667 мГн, *С* = 2 мкФ; 2) *R* = 100 Ом, *L* = 0,1 Гн, *С* = 5 мкФ.

Р е ш е н и е. В соответствии с методикой расчёта переходных процессов классическим методом осуществляем расчеты в следующей последовательности.

1. Для цепи, получаемой после коммутации, составим систему уравнений по законам Кирхгофа:
2. Выразим все переменные системы уравнений через или производную от этого напряжения:

Подставляем полученные значения токов в (2):

Окончательно получаем ЛНДУ второго порядка

Поделив на коэффициент при старшей производной, получим

3. Решение этого уравнения ищем в виде

причем

где - постоянные интегрирования,

 - корни характеристического уравнения.

В этой цепи заряд конденсатора произойдет до напряжения , приложенного к входу цепи, т.е. .

Характеристическое уравнение имеет вид

Полученное характеристическое уравнение второго порядка и, следовательно, оно имеет два корня:

1. Подставим в уравнение для корней численные значения параметров элементов первого случая:

т.е.

Полученные корни действительные и различные, следовательно, свободную составляющую напряжения на конденсаторе будем искать в виде

тогда

Для определения двух постоянных интегрирования и необходимо использовать второе уравнение. Таким уравнением является

Найдем начальные значения и . Напряжение на конденсаторе в момент коммутации (*t* = 0) остается таким же, каким оно было до коммутации, т.е.

На основании первого закона Кирхгофа

Значение тока не может измениться скачком, поэтому

Так как напряжение на резисторе R здесь всегда равно напряжению на конденсаторе, то

Следовательно,

Перепишем выражения и для момента времени и затем, подставляя в них и , получим

### Отсюда

### Таким образом, искомое напряжение

Для упражнения вычислим также все токи:

1. Подставим в уравнение для корней и числовые значения параметров элементов второго случая:

Корни характеристического уравнения образуют комплексно-сопряженную пару чисел , где с-1 и с-1. Следовательно, свободную составляющую напряжения на конденсаторе следует искать в виде

где  и  - постоянные интегрирования.

По аналогии с первым случаем запишем:

Переписав эти уравнения для момента времени *t* = 0 и подставив в них и , получим:

Решая эти уравнения, найдем:

Искомое напряжение

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(справочное)

 Пример расчета переходных процессов операторным методом



## Рис. Б.1

 Найти выражение переходного тока операторным методом для цепи, изображенной на рис. Б.1, если *U* = 125 В, *R1* = 50 Ом, *R2* = 200 Ом, *R4* = 250 Ом, *L* = 0,01 Гн, *С* = 5 мкФ.

 Р е ш е н и е. К моменту коммутации в цепи установились начальные условия

После коммутации уравнения Кирхгофа в операторной форме имеют вид:

Учитывая, что , совместно решим уравнения относительно тока :

Подставив числовые значения, получим:

По изображению тока найдем его оригинал при помощи теоремы разложения с использованием формулы:

Определим значения функций и при :

Найдем корни уравнения :

Вычислим производную при значениях и :

Определим значения функции при и :

После подстановки функций в формулу теоремы разложения, получим значение искомого тока :

При необходимости определить выражения для мгновенных значений остальных токов и напряжения на конденсаторе целесообразно воспользоваться соотношениями:

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

(обязательное)

Пример оформления титульного листа

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

(обязательное)

Пример оформления задания на курсовую работу

## ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

имени А.Ф.МОЖАЙСКОГО

 УТВЕРЖДАЮ

 Начальник кафедры № 22 Факультет № \_\_\_\_\_\_\_\_\_

полковник Д.КАРГУ Учебная группа №\_\_\_\_\_\_\_

 «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г.

**ЗАДАНИЕ**

**на курсовую работу**

### Курсанту \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (воинское звание, фамилия, имя и отчество)

**ТЕМА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

ЦЕЛЕВАЯ УСТАНОВКА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

**СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

**ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Руководитель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (ученая степень, воинское звание, фамилия и инициалы)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

### Задания принял к исполнению «\_\_» \_\_\_\_\_\_20 г. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

(обязательное)

Пример оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

стр

 Введение…………………………………………………………………3

1 МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ……………..5

1.1 Классический метод расчета переходных процессов…………….5

1.2 Операторный метод расчета переходных процессов……………..10

Заключение………………………………………………………………30

Список использованных источников…………………………………..32

Приложение А. Графики переходных токов…………………………..34

Приложение Б. График переходного напряжения…………………….35