

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Б1.В.ДВ.02.01 Операторный метод расчета систем автоматики

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 – Агроинженерия

**Профиль образовательной программы «Электротехнологии и электрооборудование в
сельском хозяйстве»**

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы	
2. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов	
2.1 Расчет операторным методом элементов СЭС.....	3
2.2 Расчет операторным методом элементов систем автоматики.....	4
2.3 Анализ объекта управления электроснабжением на примере птицефабрики.....	5
2.4 Анализ объекта управления автоматикой на примере птицефабрики.....	6
3. Методические рекомендации по подготовке к занятиям	
3.1 Анализ установившихся режимов в цепях с синусоидальными источниками энергии.....	6
3.2 Резонанс в простых колебательных контурах.....	7
3.3 Электрические цепи с несинусоидальными периодическими сигналами.....	8
3.4 Переходные процессы.....	9

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИБ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
2	Тема 1 Анализ установившихся режимов в цепях с синусоидальными источниками энергии				13	13
	Тема 2 Резонанс в простых колебательных контурах				13	13
	Тема 3 Электрические цепи с несинусоидальными и периодическими сигналами;				13	13
	Тема 4 Переходные процессы				13	13

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

2.1 Расчет операторным методом элементов СЭС

Для нахождения оригинала изображение следует представить в виде рациональной дроби: $\frac{G(p)}{H(p)}$, где $G(p)$ и $H(p)$ – полиномы функции от p . Для того, чтобы воспользоваться теоремой разложения необходимо выполнение следующих условий:

- степень полинома числителя меньше степени полинома знаменателя;
- уравнение $H(p)=0$ не имеет кратных корней, а также корней, равных корням уравнения $G(p)=0$.

Теорема разложения имеет следующий вид: .

Если один из корней $H(p)$ равен нулю, то теорема разложения может быть записана следующим образом: .

- представляет собой установившийся ток или напряжение.

Если $H(p)$ имеет пару сопряженных чисто мнимых корней, то

.

Это случай переходного процесса при наличии в цепи источников синусоидальных ЭДС или источников синусоидальных токов. Два первых члена определяют синусоидальный ток (напряжение) установившегося режима. Если $H(p)$ имеет пару сопряженных корней с действительной отрицательной частью, то:

2.2 Расчет операторным методом элементов систем автоматики

Некоторые важные замечания к формуле разложения

1. При наличии в цепи синусоидальной ЭДС $e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi)$ для перехода от комплекса к функции времени от правой части формулы разложения берется мнимая часть, т.е. выражение при j . Если при этом в цепи также имеют место другие источники, например, постоянной E и экспоненциальной $E_0 e^{-\alpha t}$ ЭДС, и начальные условия для токов в ветвях с индуктивными элементами и напряжений на конденсаторах ненулевые, то они должны быть все введены в формулу предварительно умноженными на j , поскольку только в этом случае они будут учтены при взятии мнимой части от формулы разложения, т.е.

$$i(p) = \frac{\frac{E_m e^{j\varphi}}{p - j\omega} + j \left(\frac{E}{p} + \frac{E_0}{p + \alpha} + Li(0) - \frac{u_C(0)}{p} \right)}{Z(p)}$$

2. Принужденной составляющей от действия источника синусоидальной ЭДС в формуле разложения соответствует слагаемое, определяемое корнем $p = j\omega$. Для сложных схем такое ее вычисление может оказаться достаточно трудоемким, в связи с чем принужденную составляющую в этих случаях целесообразно определять отдельно символическим методом, а свободную – операторным.

3. Комплексно-сопряженным корням уравнения $F_2(p) = 0$ в формуле разложения соответствуют комплексно-сопряженные слагаемые, которые в сумме дают удвоенный вещественный член, т.е. для k -й пары комплексно-сопряженных корней имеет место

$$f_k(t) = 2 \operatorname{Re} \left(\frac{F_1(p_k)}{F_2'(p_k)} e^{p_k t} \right)$$

Последовательность расчета переходных процессов операторным методом

1. Определение независимых начальных условий путем расчета докоммутационного режима работы цепи.
2. Составление операторной схемы замещения цепи (для простых цепей с нулевыми начальными условиями этот этап может быть опущен).
3. Запись уравнений по законам Кирхгофа или другим методам расчета линейных цепей в операторной форме с учетом начальных условий.
4. Решение полученных уравнений относительно изображений искомых величин.

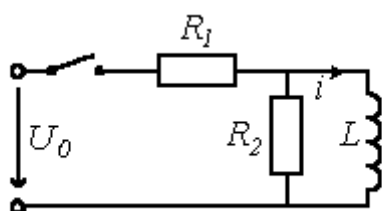


Рис. 1

5. Определение оригиналов (с помощью формулы разложения или таблиц соответствия оригиналов и изображений) по найденным изображениям.

В качестве примера использования операторного метода определим ток через катушку индуктивности в цепи на рис. 1.

С учетом нулевого начального условия операторное изображение этого тока

2.3 Анализ объекта управления электроснабжением на примере птицефабрики

Экономика страны как сложный народнохозяйственный комплекс может успешно развиваться, когда ее части и подразделения (отрасли, виды производств, территории и т.д.) подчинены потребностям общества и органично функционируют во взаимодействии друг с другом.

Согласованность разных частей экономики достигается путем ее регулирования, под которым понимается изменение темпов роста отдельных структурных подразделений с мощью перераспределения финансовых ресурсов, благодаря которому создаются необходимые финансовые предпосылки для осуществления структурных сдвигов в соответствии с изменяющимися потребностями общества.

Финансовое воздействие на экономические процессы осуществляется через покрытие возникающих затрат финансовыми ресурсами, аккумулируемыми субъектами хозяйствования и государством. Финансовые ресурсы формируются во всех подразделениях общественного производства, затем происходит их распределение и целенаправленное использование через денежные фонды целевого назначения. Они являются важнейшим денежным источником расширения производства, роста материального и культурного уровня жизни народа. Недостаток финансовых ресурсов ограничивает возможности воздействия финансов на развитие экономики, приводит к несбалансированности натурально-вещественной и стоимостной структуры общественного производства, различного рода диспропорциям.

Объем и структура финансовых ресурсов в свою очередь связаны с уровнем развития производства и его эффективностью. Чем устойчивее и масштабнее производство и выше его эффективность, тем больше при прочих равных условиях размеры мобилизуемых и используемых финансовых ресурсов. При этом величина финансовых ресурсов, инвестируемая в производство, создает предпосылки для его роста и совершенствования. От того, куда и в каких объемах направляются финансовые ресурсы, зависит повышение технического уровня производства, рост его масштабов, создание предпосылок для повышения производительности труда.

Процесс регулирования воспроизводственной структуры в условиях рынка осуществляет прежде всего самостоятельно субъект хозяйствования путем изменения пропорций отчисления денежных средств во внутрихозяйственные фонды целевого назначения. Однако при этом существенна и регулирующая роль государства, которое с помощью налоговой системы стремится влиять на уровень обеспеченности предприятий собственными финансовыми ресурсами. Государство использует также и другие финансовые рычаги: ускоренную амортизацию, бюджетное финансирование затрат на подготовку кадров, систему социального страхования и другие рычаги.

2.4 Анализ объекта управления автоматикой на примере птицефабрики

Техническое предложение по организации комплексного контроля работы птицефабрики.

1. Организация автоматизированного контроля отгрузки продукции с контролем весовым и аналитическим собственного и клиентского транспорта.
2. Организация автоматизированного контроля въезда комбикорма или его компонентов (при наличии кормоцеха) на территорию с контролем собственного и транспорта поставщика. (в том числе включая GPS)
3. Контроль расхода индивидуально в каждом птичнике комбикорма.
4. Контроль, управление, процессами инкубатория и каждого инкубатора.
5. Приготовление, весовое дозирование, аналитический контроль и автоматизированная организация доставки, контроля потребности комбикорма на кормоцехе.

6. Установка беспроводных многорядных счетчиков яйца со встроенным датчиком присутствия человека в зоне действия счетчика.
7. Контроль микроклимата, охранная сигнализация, пожарная сигнализация, контроль теплоносителя и обратки, разности давлений в птичнике и на улице.
8. Удаленное сопровождение ПО и оборудования через Wi Fi (на территории фабрики) и IP технологии, или при их отсутствии через GPRS (EDGE) из Москвы или другого населенного пункта, где есть Интернет или сотовая связь с EDGE.
9. Согласование форматов представляемых данных с бухгалтерией 1С.
10. Удаленный контроль работы исполнительного оборудования, реализации, микроклимата, комбикорма при помощи Смартфона или коммуникатора. (Комплекс мобильного ПО «Владелец бизнеса»).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

3.1 Анализ установившихся режимов в цепях с синусоидальными источниками энергии

Электрической цепью переменного тока принято называть совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электром

агнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий ЭДС, тока и напряжения. Причем эти понятия являются функциями времени. ЭДС e , ток i и напряжение и задаются мгновенными значениями, т.е. значениями в дискретный момент времени, и описываются изменяющимися во времени функциями.

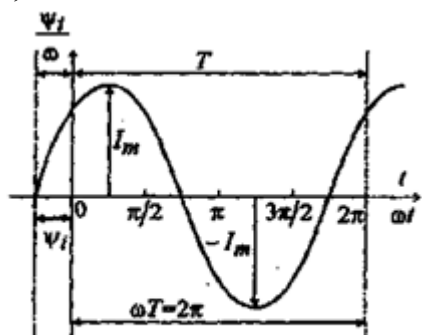


Рис. 2.1

Линейная цепь переменного тока состоит из пассивных линейных элементов с параметрами: R - сопротивление; L - индуктивность; C - емкость. В установившемся режиме под воздействием переменных ЭДС в цепях возникают переменные токи. Среди этих воздействий важнейшую роль играют гармонические колебания. При воздействии переменной во времени ЭДС в линейных электрических цепях возникают физические процессы, изменяющиеся по гармоническим законам.

Наибольшее распространение получили электрические цепи с синусоидальным изменением тока (напряжения ЭДС). Аналитическое выражение тока

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \quad (2.1)$$

График синусоидальной функции времени для этого тока приведен на рис.2.1. Синусоидальное колебание $i(t)$ характеризуется следующими основными параметрами: амплитудой I_m , угловой (круговой) частотой ω , начальной фазой ψ_i .

Наименьший промежуток времени, по истечении которого значения функции $i(t)$ повторяются, называется периодом T . Между периодом и круговой частотой существует простая связь: $T = 2\pi / \omega$. Величину, обратную периоду, называют циклической частотой:

$f = 1/T$. Из выше изложенного следует, что $\omega = 2\pi f$. Единицей измерения частоты f является герц (Гц), угловой частоты - радиан в секунду (рад/с). Для питания различных электроэнергетических установок в России принята промышленная частота $f=50$ Гц, тогда угловая частота

3.2 Резонанс в простых колебательных контурах

Рассмотрим параллельный колебательный контур, простейшим видом которого является параллельное соединение индуктивной катушки и конденсатора (рисунок 29).

Резонансом токов называют такой режим параллельного колебательного контура, при котором ток в неразветвленной части цепи совпадает по фазе с напряжением ($\varphi = 0$), а мощность, потребляемая из сети, равна активной мощности контура. Реактивная мощность при резонансе из сети не потребляется.

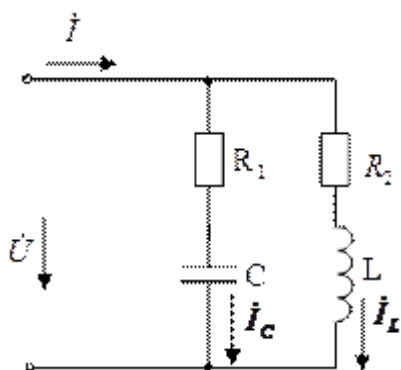


Рисунок 29 – Параллельный колебательный контур

При резонансе токов $b = b_L - b_C = 0$. При резонансе токов возможны ситуации, когда реактивные токи I_L и I_C намного превышают суммарный ток в цепи, вследствие чего резонанс при параллельном соединении называют резонансом токов. Это возможно при условии $g < b_L$ или $g < b_C$.

3.3 Электрические цепи с несинусоидальными периодическими сигналами

Периодическими несинусоидальными токами и напряжениями называют токи и напряжения, изменяющиеся во времени по периодическому несинусоидальному закону. На рис. 2.1 представлена такая кривая, период повторения которой T . Эта кривая может быть описана функцией

$$, (2.1)$$

где $n=0, 1, 2$ и т.д.

Причины появления несинусоидальных сигналов:

1. Источник тока или источник напряжения генерируют несинусоидальный ток или несинусоидальную ЭДС, а все элементы цепи (R, L, C) линейны, т.е. от величины тока не зависят.
2. Источник тока или источник напряжения генерируют синусоидальный ток или синусоидальную ЭДС, но один или несколько элементов цепи нелинейны (вентиль, электрическая дуга, катушка со стальным магнитопроводом).
3. Воздействие периодических помех на синусоидальный сигнал.

4. Использование генераторов сигналов специальной формы (пилообразной, ступенчатой, прямоугольной) в автоматике, вычислительной технике, в различных устройствах радиосвязи.

Существует два пути расчета линейной электрической цепи при воздействии сигналов такой формы:

1. Применение специальных математических приемов, отражающих состояние цепи в каждый момент времени, что приводит к сложной системе дифференциальных уравнений. Поэтому он не нашел применения в инженерных расчетах.

2. Сведение сложной задачи к совокупности более простых и применение известных методов расчета их с учетом особенностей воздействующего сигнала.

Известно, что любая периодическая несинусоидальная функция $f(t)$ с периодом 2π , удовлетворяющая условиям Дирихле, т.е. имеющая на всяком конечном интервале времени конечное число разрывов первого рода и конечное число максимумов и минимумов, может быть разложена в тригонометрический ряд, т.е. быть представлена в виде суммы гармонических составляющих – *ряд Фурье*. Все периодические сигналы, используемые в электротехнике, удовлетворяют условиям Дирихле, поэтому проводить проверку на выполнение условия Дирихле нет необходимости.

3.4 Переходные процессы

Переходный процесс возникает в электрической цепи, если скачком изменяются приложенное к ней напряжение или ее параметры при условии, что вследствие этого изменяется запас электрической или магнитной энергии. Отсюда следует, что переходный процесс невозможен в цепях, содержащих лишь активные сопротивления. В таких цепях токи и напряжения мгновенно принимают новые установившиеся значения. Теоретически переходный процесс продолжается от момента его возникновения до бесконечности, а практически, при принятой точности измерения, в течение конечного промежутка времени, величина которого зависит от параметров цепи.

При определении значений токов и напряжений переходного процесса составляют уравнения Кирхгофа для рассматриваемой цепи, связывающие мгновенные значения электрических величин. Эти уравнения – дифференциальные или интегро-дифференциальные. Эта система уравнений сводится к дифференциальному уравнению относительно искомой величины. Общее решение такого уравнения можно представить в виде суммы частного решения неоднородного дифференциального уравнения и общего решения однородного дифференциального уравнения. Принужденной составляющей переходной величины называется частное решение неоднородного дифференциального уравнения, которое описывает установившийся режим цепи, зависящий от вида внешних источников энергии (принужденный режим). Свободной составляющей переходной величины называется общее решение однородного дифференциального уравнения. Свободная составляющая определяется параметрами цепи и начальными условиями, то есть запасами электрической и магнитной энергии в момент возникновения переходного процесса.

Ниже используются следующие индексы:

св – для свободных составляющих;

пр – для принужденных составляющих.

Переходный ток в k -й ветви схемы записывается в виде

$$i_k = i_{k_{\text{пр}}} + i_{k_{\text{св}}}.$$

При расчете переходных процессов используются законы коммутации. Первый закон коммутации: в момент коммутации ток в ветви с катушкой индуктивности не меняется скачком. Второй закон коммутации: в момент коммутации напряжение на конденсаторе не меняется скачком. Математически законы коммутации записываются в виде

$$i_L(-0) = i_L(+0), u_C(-0) = u_C(+0).$$

Классический метод нахождения значений переходных величин основан на разложении их на свободные и принужденные составляющие.

Рекомендуется следующий порядок расчета переходных процессов классическим методом:

- расчет цепи до коммутации в установившемся режиме для определения независимых начальных условий, то есть токов всех индуктивностей $i_L(0)$ и напряжений на всех конденсаторах схемы $u_C(0)$ в момент $t=0$;
- расчет цепи после коммутации в установившемся режиме для определения принужденной составляющей искомого тока $i_{пр}(t)$;
- составление характеристического уравнения для системы однородных дифференциальных уравнений методом входного сопротивления;