

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

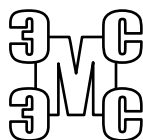
Кафедра электромеханических систем и электроснабжения

217-2021

ЭЛЕКТРОНИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Электроника»
для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электромеханика»
очной формы обучения*



Воронеж 2021

УДК 621.382
ББК

Составители:
Е.Л. Савельева,
В.П. Шелякин

Электроника: метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электроника» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электромеханика» / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Е.Л. Савельева, В.П. Шелякин. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 33 с.

Настоящие методические указания содержат теоретические сведения, задания и методики выполнения 4-х лабораторных работ. Содержат краткие теоретические пояснения, контрольные вопросы для письменного и устного ответов, а так же список литературы, рекомендованной для изучения.

Методическое пособие предназначено для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электроника» для студентов дневной формы обучения, обучающихся по программам подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электромеханика».

Методические указания подготовлены в электронном виде.

Табл.19. Ил. 7. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.382
ББК

Рецензент - С.А. Горемыкин, канд. техн. наук кафедры ЭМСЭС ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные занятия являются одним из важнейших элементов учебного процесса.

Выполнение лабораторных работ по курсу «Промышленная электроника» для специальностей 140601 «Электромеханика» и 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» имеет своей целью закрепление и углубление теоретических сведений, излагаемых в лекционных курсах и учебных пособиях.

При выполнении лабораторных работ студенты знакомятся с цепями постоянного тока с линейными и нелинейными элементами, выпрямителями однофазного и трехфазного переменного напряжения, усилителями низкой частоты на биполярных транзисторах, компенсационными стабилизаторами напряжения, базовыми логическими схемами и RS-триггерами на их основе, с цифровыми устройствами регистрации числа импульсов; изучают работу полевого транзистора в аналоговых и ключевых схемах, исследуют генераторы синусоидальных колебаний.

Объем каждого лабораторного занятия рассчитан на 2-4 академических часа работы в лаборатории и на 1,5-2 часа домашней работы.

Для выполнения каждой лабораторной работы необходима предварительная подготовка.

Предварительная подготовка включает в себя следующее:

- изучение соответствующих разделов по литературным источникам и конспекту лекций;
- тщательное ознакомление с содержанием лабораторной работы по методическим указаниям, усвоение её целевого назначения и программы;
- подготовку таблиц для занесения результатов испытаний;
- ознакомление с правилами оформления экспериментальных данных, с правилами построения графических зависимостей.

Студент допускается к выполнению лабораторной работы после представления преподавателю отчета за предыдущую работу и при удовлетворительных ответах на контрольные вопросы для домашней подготовки.

На первом лабораторном занятии студент должен изучить инструкции по технике безопасности и расписаться в журнале инструктажа по технике безопасности.

Перед началом выполнения лабораторной работы студент должен на рабочем месте подробно ознакомиться с необходимой схемой соединения и только после этого приступить к сборке схемы. Сборку электрической схемы необходимо производить без напряжения при отключенных выключателях со стороны питающей сети. Собранный схема проверяется преподавателем, после чего дается разрешение на её включение.

Лабораторная работа выполняется в том порядке, какой указан в методических указаниях на выполнение лабораторной работы. Результаты измерений заносятся в соответствующие таблицы каждым членом бригады. По полученным данным выполняются необходимые предварительные расчеты и строятся графики.

Черновые материалы представляются преподавателю, и после подписи работа считается законченной.

После выполнения полного объема лабораторной работы с разрешения преподавателя схема разбирается.

Отчет выполняется каждым студентом индивидуально!

Окончательный отчет по выполненной лабораторной работе составляется во внеурочное время. Вычерчивание графических зависимостей и схем в отчете от руки, без применения чертежных принадлежностей не допускается.

Отчет к каждой работе должен содержать следующее:

1. Титульный лист
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Принципиальные схемы.
5. Результаты исследований в виде таблиц, графиков и диаграмм.
6. Описание приборов и материалов, используемых в лабораторной работе
7. Необходимые расчеты.
8. Выводы.

Отчет должен снабжаться титульным листом, на котором указывается: наименование института, кафедры, лаборатории, номер и название работы, шифр группы, фамилия и инициалы студента.

Расчеты должны производиться в системе СИ с необходимыми пояснениями. Схемы и графики должны выполняться в соответствии с ЕСКД. Если в одних координатных осях строится несколько графиков в функции одной независимой переменной, то нужно строить дополнительные оси параллельно основной и каждую со своей масштабной шкалой.

В заключение студент в письменном виде дает ответы на вопросы, поставленные в описании к данной лабораторной работе.

Отчет подписывается исполнителем, указывается дата оформления отчета.

После выполнения лабораторной работы и представления по ней правильно оформленного отчета студент отчитывается за проделанную работу.

Студенты, у которых все отчеты приняты, получают зачет по лабораторному курсу.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед началом выполнения лабораторных работ студенты обязаны изучить инструкцию по технике безопасности и противопожарным мерам для работающих в лаборатории, ознакомиться с расположением силового оборудования и низковольтного оборудования стендов.

Во избежание несчастных случаев при работе в лаборатории необходимо строгое выполнение следующих основных правил техники безопасности:

- До начала проведения лабораторной работы ознакомиться со схемой стенда на месте.
- Сборка схем должна производиться при отключенной питающей сети.
- Нельзя прикасаться руками к незаизолированным проводам, соединительным клеммам и другим частям схемы, находящимся под напряжением.
- При работе с цепями переменного тока, содержащими последовательно соединенные индуктивности и емкости, следует помнить, что напряжение на индуктивности и емкости в некоторых случаях может быть много выше напряжения источника питания.
- Изменения следует производить исправными приборами с хорошо изолированными проводами.
- Смена предохранителей производится преподавателем или лаборантом при выключенном электропитании.
- В случае неисправности стенда или прибора их необходимо отключить и сообщить об этом преподавателю.
- Если произошел несчастный случай, то лабораторную установку следует отключить, а пострадавшему оказать первую помощь.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

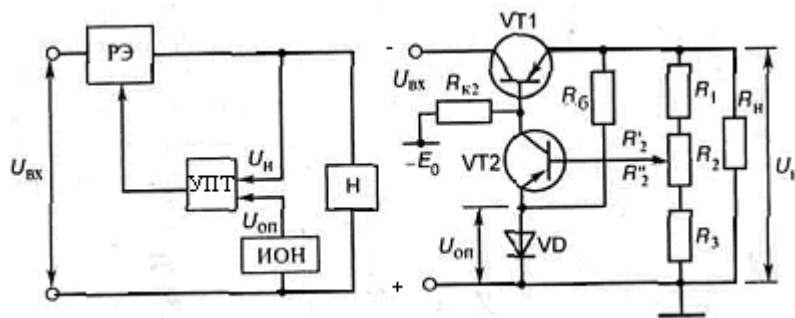
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить принцип работы и порядок расчета стабилизатора напряжения компенсационного типа.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Высокое качество стабилизации напряжения можно получить при использовании компенсационных стабилизаторов, представляющих собой

автоматические регуляторы, в которых фактическое выходное напряжение сравнивается с эталонным (опорным) напряжением. Возникающий при этом сигнал рассогласования усиливается и воздействует на регулирующий элемент стабилизатора таким образом, чтобы выходное напряжение стремилось достичь эталонного уровня. В качестве источника опорного напряжения обычно используют параметрический стабилизатор, работающий с малыми токами нагрузки.



б

Рис.1. Структурная (а) и электрическая (б) схемы КСН последовательного типа

При положительном сигнале рассогласования ($U_n - U_{оп} > 0$) внутреннее сопротивление РЭ возрастает и падение напряжения $U_{рЭ}$ на нем увеличивается. Поскольку РЭ и нагрузка включены последовательно, при увеличении $U_{рЭ}$ выходное напряжение уменьшается, стремясь к значению $U_{оп}$.

При отрицательном сигнале рассогласования ($U_n - U_{оп} < 0$), наоборот, внутреннее сопротивление РЭ и падение напряжения на нем уменьшаются, что приводит к возрастанию выходного напряжения U_n .

Структурная принципиальная схема транзисторного компенсационного стабилизатора напряжения (КСН) последовательного типа приведена на рис.1, а. Роль РЭ в этой схеме играет транзистор VT1. С ростом величины $|U_{вх}|$ выходное напряжение возрастает по абсолютному значению, создавая сигнал рассогласования $U_{бэ}$ на входе усилителя постоянного тока (УПТ), выполненного на транзисторе VT2. Ток коллектора транзистора VT2 возрастает, а потенциал его коллектора становится более положительным относительно «земли». Напряжение «база-эмиттер» транзистора VT1 уменьшается, что приводит к возрастанию внутреннего сопротивления этого транзистора и падению напряжения на нем. Выходное напряжение при этом уменьшается, стремясь к прежнему значению.

Плавная регулировка достигается с помощью делителя напряжения R_1, R_2, R_3 , включенного в выходную цепь (рис. 1, б).

Для повышения коэффициента стабилизации КСН необходимо увеличить коэффициент усиления УПТ. С этой целью можно применять двухкаскадные УПТ на транзисторах или с использованием операционного усилителя (ОУ). Схема КСН с ОУ приведена на рис.2.

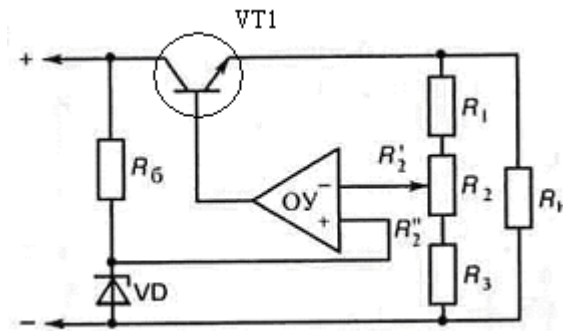


Рис.2. Схема простого КСН на ОУ

Выходное напряжение зависит от стабильности источника опорного напряжения $U_{оп}$ и не может быть стабильнее последнего. Следовательно, если обеспечить постоянство тока через стабилитрон, то нестабильность параметрического стабилизатора будет такой же, как и компенсационного.

Кроме опорного напряжения на нестабильность выходного напряжения влияют параметры резисторов делителя напряжения. В связи с этим делитель напряжения должен выполняться на резисторах с одинаковым температурным коэффициентом сопротивления.

Влияние изменения коэффициента усиления ОУ можно практически исключить, если сделать его достаточно большим (больше 1000).

К *достоинствам* компенсационных стабилизаторов постоянного напряжения относятся: высокий коэффициент стабилизации ($K > 1000$); низкое внутреннее сопротивление ($R_i \approx 10^{-3} \div 10^{-4}$ Ом); практическая безынерционность; отсутствие собственных помех.

Недостатками являются: невысокие значения КПД (не более $0,5 \div 0,6$); в этих стабилизаторах мощность, потребляемая от источника, больше мощности, отдаваемой в нагрузку. Наибольший расход мощности имеет место в регулировочном элементе, так как напряжение на нем равно разности ($U_{вх} - U_{вых}$) и через него проходит весь ток нагрузки. В связи с этим для отвода тепла от РЭ его устанавливают на теплоотвод.

3.ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 3 представлена принципиальная схема макета для исследования стабилизатора напряжения.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно изучите принципиальную схему усилителя и монтажную, реализованную на макете. Зарисуйте схему в тетрадь.
2. Вставьте необходимые перемычки.

3. Подключите постоянное напряжение ко входу стабилизатора напряжения от клемм регулируемого источника напряжения.

4. Определите диапазон напряжений, в котором работает стабилизатор напряжения. Для этого ступенями по 2 (в) от 0 до 20 (в) увеличивайте входное напряжение и на каждом этапе контролируйте режим работы, установившейся в стабилизаторе. С помощью цифрового мультиметра измерьте напряжения в следующих точках: на выходе регулируемого источника питания или на входе стабилизатора, на выходе операционного усилителя и на выходе стабилизатора напряжения. Отметьте напряжение на входе стабилизатора, начиная с которого напряжение на выходе не изменяется. Полученные данные занесите в таблицу 1.

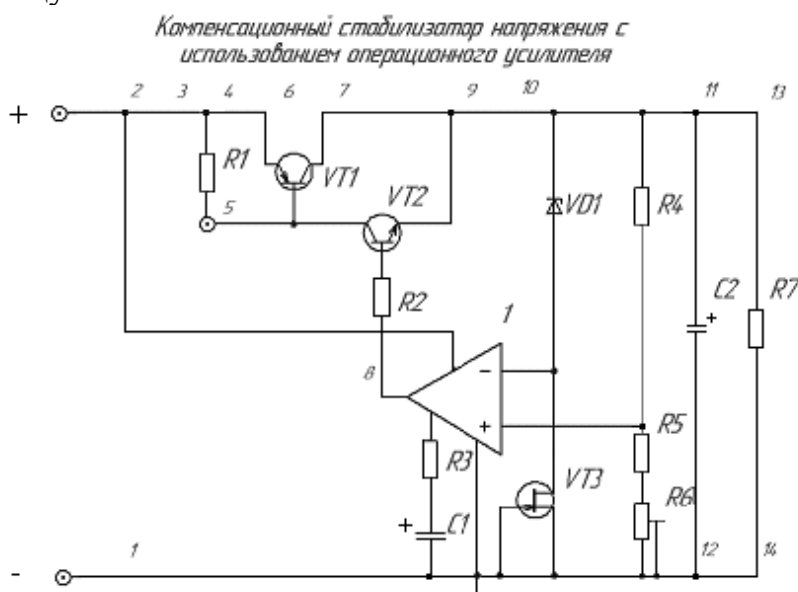


Рис. 3. Схема макета

5. Рассчитайте коэффициент стабилизации. Для этого измените входное напряжение на $U=+5$ в (от 20 до 25 вольт) и одновременно измерьте изменение выходного напряжения $U_{\text{вых}}$.

$$K_{\text{ст}} = U_{\text{вх}} / U_{\text{вых}}$$

6. Для построения выходной характеристики КСН, измерьте изменение выходного напряжения с дополнительной нагрузкой. Повторите измерения для трех значений нагрузки.

Таблица 1

$U_{\text{вх}}$									
$U_{\text{оу}}$									
$U_{\text{вх}}$									
$U_{\text{вых}}$									

7. По результатам измерений постройте график зависимости напряжения на выходе стабилизатора напряжения от напряжений на входе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть представлены:

1. Принципиальная схема стабилизатора;
2. Спецификация на элементную базу (см. Примечание №2);
3. Таблица результатов измерений;
4. График по пункту 4 и его анализ.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принцип работы компенсационного стабилизатора напряжения.
2. Объясните график зависимости $U_{вых}$ от $U_{вх}$.
3. Каким образом можно регулировать выходное напряжение.
4. Что называется коэффициентом стабилизации. Какие параметры элементов схемы влияют на коэффициент стабилизации.
5. Что называется выходной характеристикой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы промышленной электроники: под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1986. XXX с.
2. Алексенко А.Г. . Микросхемотехника: учебник / Алексенко А.Г., Шагурин И.И. М.: Радио и связь, 1982. 414 с.
3. Королев Г.В. Электронные устройства автоматики: учеб. пособие для вузов / Королев Г.В. М.: Высшая школа, 1991. 255 с.
4. Л. Фолкенберри Применение операционных усилителей и линейных ИС. / Л. Фолкенберри. М. Мир, 1985. 565 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ СИНУСОИДАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить работу генератора синусоидальных импульсов на операционном усилителе.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электронным генератором гармонических колебаний называется устройство, преобразующее энергию источника постоянного тока в энергию электромагнитных колебаний синусоидальной формы требуемой частоты и мощности. В них часто используются колебательные контуры LC -контуры (обычно параллельные).

Представим себе *параллельный* LC -контур. Если зарядить емкость такого контура до определенного напряжения, в нем будет запасена соответствующая энергия. Теперь замкнем этот заряженный конденсатор на индуктивность. В результате будет происходить колебательный обмен энергией между конденсатором и катушкой индуктивности. Период этих колебаний можно определить как:

$$T = 1/f_0 = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (1)$$

Поскольку в реальном контуре всегда имеют место потери, эти колебания будут затухать. Для предотвращения затухания нужно периодически подавать в контур дополнительную энергию. Обычно пополнение энергии осуществляется от источника питания с помощью усилительного каскада.

Генераторы синусоидальных колебаний обычно содержат усилительный каскад, охваченный частотно-избирательной положительной обратной связью (ПОС), которая обеспечивает устойчивый режим самовозбуждения на заданной частоте.

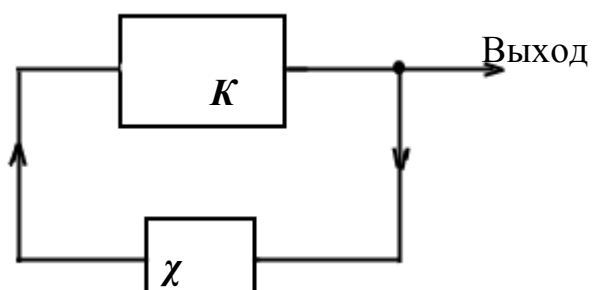


Рис.1. Структурная схема генератора синусоидальных колебаний

На рис.1 приведена структурная схема генератора синусоидальных колебаний, где коэффициент усиления усилителя (K) и коэффициент передачи ПОС (χ) обозначены в виде комплексных величин, чем учитывается зависимость их от частоты. В дальнейшем будем иметь это в виду, но запись для этих параметров будем производить в обычном виде.

Для работы электронного устройства в режиме автогенерации необходимо выполнение двух условий. Эти условия можно записать в следующем виде:

$$K \cdot \chi \geq 1, \quad (2)$$

$$\Phi = \varphi^0 + \varphi_{oc}^0 = 2n\pi, \quad (3)$$

где Φ – суммарный фазовый сдвиг усилителя, охваченного ПОС;

φ^0 , φ_{oc}^0 — фазовые сдвиги, вносимые усилителем и цепью обратной связи соответственно;

n — целое число.

Для получения на выходе генератора синусоидального напряжения необходимо, чтобы соотношения (2 и 3) выполнялись лишь на одной частоте – f_0 .

Соотношение (2) принято называть *балансом амплитуд*. Амплитуда сигнала на выходе устройства оказывается в K раз больше, чем на входе. Но она ослабляется в χ раз цепью обратной связи. Для возникновения генерации необходимо, чтобы сигнал, поступающий на вход по цепи обратной связи, был больше начального сигнала на входе устройства, т.е.

$K > \frac{1}{\chi}$. Это условие позволяет первоначальным изменениям токов и напряжений (появившимся при подключении устройства к источнику питания) осуществить необходимое нарастание. Условие $K \cdot \chi = 1$ определяет установившийся режим генерации, в котором сигналы на выходе и входе генератора равны своим установившимся значениям, т.е. коэффициент усиления компенсируется коэффициентом обратной связи.

Соотношение (3) принято называть *балансом фаз*. Возникший на входе сигнал (при подключении источника питания) после прохождения усилителя и цепи обратной связи должен возвратиться на вход устройства без изменения своей фазы, т.е. суммарный фазовый сдвиг должен быть равен $0, 2\pi, 4\pi$ и т.д. В результате происходит увеличение этого сигнала за счет сложения тока (или напряжения) с возвратившимся по цепи ПОС сигналом. Соотношение (3) обязывает обеспечить в генераторе устойчивую ПОС.

Генераторы синусоидальных колебаний принято различать по типу используемых частотно-избирательных элементов. Так, можно выделить *LC-*, *RC-* и кварцевые (акустоэлектронные) генераторы.

Генераторы LC -типа (LC -генераторы)

В LC -генераторах в качестве частотно-избирательных (частотно-задающих) элементов используются катушки индуктивности и конденсаторы. Обычно на основе катушек индуктивности и конденсаторов формируются параллельные или последовательные колебательные контуры, настраиваемые на заданную рабочую частоту f_0 . В LC -генераторах f_0 обычно превышает значение 40 кГц.

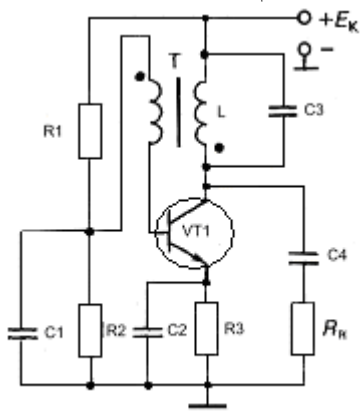


Рис.2. Принципиальная схема LC -генератора

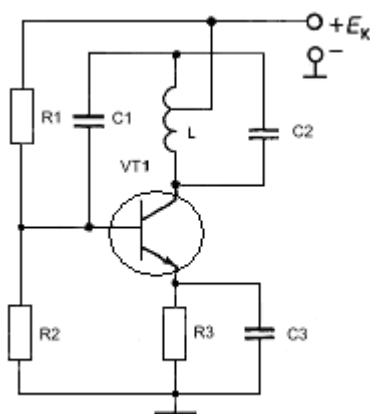


Рис. 3. Принципиальная схема генератора с индуктивной трехточечной связью

На рис.2 приведена принципиальная схема одного из вариантов LC -генератора. Основа такого устройства — резонансный усилитель, в котором с помощью трансформатора Т создана ПОС. Условия генерации (3) здесь обеспечиваются для резонансной частоты контура f_0 . При подключении источника питания E_k в цепях усилительного каскада образуются приращения токов и напряжений. В результате в LC -контуре возникают синусоидальные колебания с частотой f_0 , которые поддерживаются с помощью ПОС в устройстве.

Если частота колебаний отклонится от значения f_0 , то сопротивление контура перестанет быть активным и приобретет реактивный (индуктивный или емкостный) характер, что вносит дополнительный фазовый сдвиг, и условие (3) перестает выполняться. Кроме того, отклонение частоты от резонансной приводит к снижению коэффициента усиления по напряжению (K_u), что может нарушить выполнение условия (2). Таким образом, генерация автоколебаний в устройстве осуществляется на частоте f_0 (или очень близкой к ней).

Усилительный каскад собранный по схеме с ОЭ в рассматриваемом генераторе инвертирует сигнал, т.е. изменяет фазу на 180 электрических градусов, поэтому для выполнения баланса фаз трансформатор Т должен осуществить поворот фазы сигнала еще на 180°. Если обмотки трансформатора имеют одно направление намотки, необходимо вторичную обмотку включить встречно по отношению к первичной. Точки около выводов обмоток Т

указывают на синфазность напряжения на них. Обычно первичная обмотка T , являющаяся индуктивностью контура, состоит из большего числа витков, чем вторичная.

Выполнить LC -генератор можно и без использования трансформаторной связи. В этих случаях цепь обратной связи подключается непосредственно к колебательному контуру, состоящему из нескольких секций индуктивности (или емкости). В генераторах такого типа LC -контур соединяется с усилительным каскадом в трех местах (тремя точками), поэтому их называют *трехточечными*. На рис.3 приведена принципиальная схема генератора с индуктивной трехточечной связью. Здесь LC -контур образован секционированной индуктивностью L и емкостью $C2$ параллельно включенного конденсатора. Сигнал ПОС образуется на верхней секции L . Напряжение на выводах L относительно E_k находится в противофазе. Амплитуда напряжения обратной связи устанавливается положением средней точки в катушке индуктивности.

Генераторы гармонических колебаний RC-типа (RC-генераторы)

В RC -генераторах в качестве частотно-избирательных цепей используются цепи обратной связи, состоящие из конденсаторов и резисторов. В генераторах могут использоваться усилительные каскады, инвертирующие и не инвертирующие сигнал. В первом случае RC -цепь обратной связи должна обеспечивать дополнительный фазовый сдвиг на 180° , а во втором — ее фазовый сдвиг должен быть равен нулю. Значительное количество возможных RC -генераторов определяется большими схемотехническими возможностями RC -цепей.

Наиболее простым RC -генератором является так называемая схема с реактивными элементами одного знака. Она показана на рисунке 4.

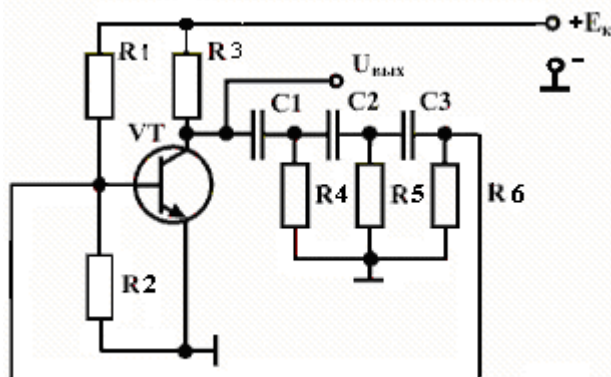


Рис.4. RC-автогенератор гармонических колебаний с фазовращающей цепочкой

Из схемы видно, что это усилитель, между выходом и входом которого включена цепь, которая переворачивает фазу сигнала на 180° . Эта цепь

называется *фазовращающей*. Фазовращающая цепочка состоит из элементов C1R4, C2R5, C3R6. С помощью одной цепочки из резистора и конденсатора можно получить сдвиг фаз не более чем на 90°. Реально же сдвиг получается близким к 60°. Поэтому для получения сдвига фазы на 180° приходится ставить три цепочки. С выхода последней RC-цепи сигнал подается на базу транзистора.

Работа начинается в момент включения источника питания. Возникающий при этом импульс коллекторного тока содержит широкий и непрерывный спектр частот, в котором обязательно будет и необходимая частота генерации. При этом колебания частоты, на которую настроена фазовращающая цепь, станут незатухающими. Для колебаний остальных частот условия самовозбуждения выполняться не будут и они, соответственно, быстро затухают. Частота колебаний определяется по формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}} \approx \frac{0.065}{RC} \quad (3)$$

При этом должно соблюдаться условие:

$$\begin{aligned} R1=R2=R3=R \\ C1=C2=C3=C \end{aligned} \quad (4)$$

Такие генераторы способны работать только на фиксированной частоте, которая может быть гораздо ниже, чем частота на которой работают LC-генераторы. Это связано с тем, что на низких частотах LC-генераторы становятся слишком громоздкими из-за размеров индуктивности и конденсатора колебательного контура.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В лабораторной работе изучаются генератор с фазирующей RC-цепочкой и генератор с двойным T-образным фильтром.

Генератор с фазирующей RC-цепочкой.

Внимательно изучите принципиальную схему генератора гармонических колебаний с фазовращающей цепочкой (рис.4) и сопоставьте ее со схемой стенда (рис.5).

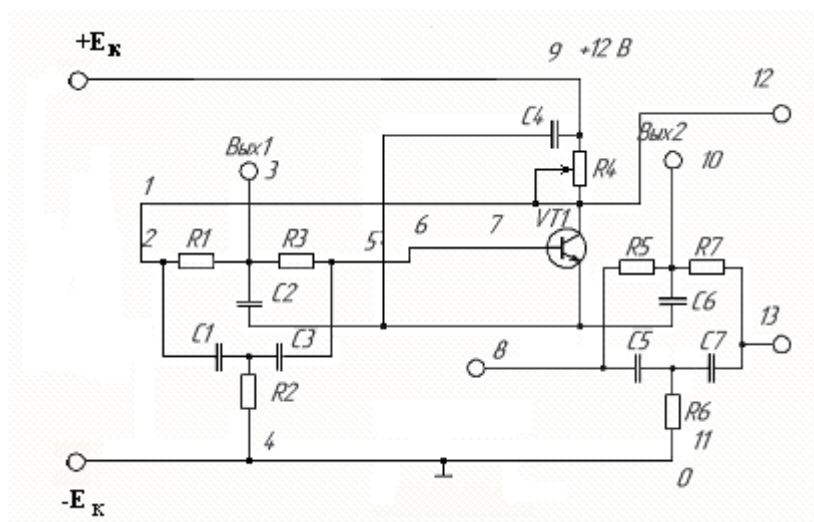


Рис.5. Схема лабораторного стенда: RC-генератор синусоидальных колебаний с двойным Т-образным фильтром

По заданным значениям параметров RC цепочки где $R=R_1=R_2=R_3$ и $C=C_1=C_2=C_3$ рассчитайте сдвиг по фазе как функцию частоты. Убедитесь, что цепочка обеспечивает сдвиг по фазе на 180° .

Изучите принципиальную схему генератора гармонических колебаний с двойным Т-образным мостом.

Включите напряжение питания и наблюдайте на осциллографе генерацию колебаний. При отсутствии колебаний проверьте режим по постоянному току.

С помощью переменного резистора R_4 установите режим по постоянному току транзистора T_1 . Напряжение на коллекторе должно быть приблизительно $0,5 E_k$.

Определите частоту колебаний с помощью осциллографа. Для этого с помощью ручек «Частота развертки» и «Амплитуда синхронизации» добейтесь устойчивой картинкой с минимальным числом синусоид на экране.

Допустим длительность развертки равна 12 мсек. На всей длине развертки укладывается 3 полных синусоиды. Тогда можно записать:

$$T_{\text{разв}} = 3 T_c; \quad T_c = T_{\text{разв}} / 3; \quad T_c = 12/3 = 4 \text{ мсек};$$

где $T_{\text{разв}}$ – период развертки;

T_c – период одной синусоиды

и частота колебаний $f = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = 250 \text{ Гц}$.

Сравните рассчитанное и измеренное значение частоты генераций. Определите амплитуду колебаний с помощью осциллографа.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель лабораторной работы.

2. Принципиальная схема генератора.
3. Условия генерации стационарных колебаний.
4. Результаты расчета частоты генерации.
5. Осциллограммы колебаний.
6. Расчет частоты колебаний.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. При выполнении каких условий наблюдается генерации стационарных колебаний в системах с обратными связями.
2. Методы реализации баланса амплитуд и фаз.
3. Методы регулирования частоты колебаний
4. Преимущества и недостатки генераторов с фазосдвигающей цепочкой и с двойным T-мостом.
5. Диапазон частот, в котором целесообразно применять RC генераторы гармонических колебаний.
6. Принцип работы LC-генератора с параллельным колебательным контуром.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы промышленной электроники: под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1986. 144 с.
2. Королев Г.В. Электронные устройства автоматики: учеб. пособие для вузов / Королев Г.В. М.: Высшая школа, 1991. 255 с.
3. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника. /Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. М.: Энергоатомиздат, 1988. 320 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И RS-ТРИГГЕРА НА ИХ ОСНОВЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить закономерности функционирования базовых логических схем «И», «ИЛИ», «НЕ». Изучить схемотехнику и закономерности функционирования триггерных схем на их основе.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Сигналы цифровых устройств

Структура цифрового сигнала. Цифровой сигнал представляется двоичными числами. Поэтому он состоит из элементов только двух различных значений. Одним из них представляется 1, а другим — 0. По установившейся терминологии эти элементы сигнала называют соответственно единицей и нулем. Цифровой сигнал может быть *потенциальным* или *импульсным*.

Элементами потенциального цифрового сигнала являются потенциалы двух уровней

На рис.1, *а* изображен потенциальный цифровой сигнал, представляющий написанное сверху число; высоким потенциалом отображается 1, а низким — 0.

Элементы импульсного цифрового сигнала — это импульсы неизменной амплитуды и отсутствие их фиксируется этими элементами в тактовые моменты ($t_0, t_1...t_8$ на рис.1, *б*), которыми разделяются тактовые интервалы. На рис.1, *б* положительный импульс представляет 1, а отсутствие импульса в тактовый момент представляет 0 написанного сверху двоичного числа.

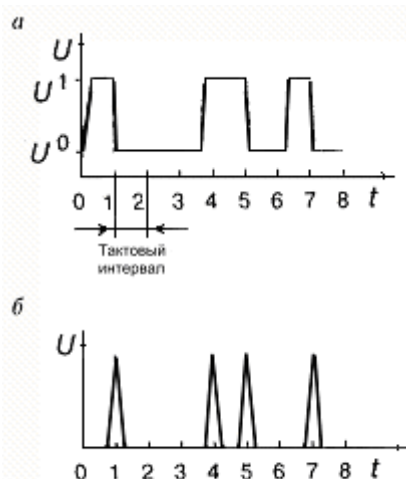


Рис.1. Потенциальный цифровой сигнал (*а*), импульсный цифровой сигнал (*б*) для двоичного числа 10011010

Обоими цифровыми сигналами (рис.1) двоичное число 10011010 выражено в последовательной форме (последовательным кодом): разряды числа представляются последовательно, друг за другом. Потенциалы (импульсы), соответствующие разрядам числа, передаются по одной линии и обрабатываются устройством последовательно

При представлении двоичного числа в параллельной форме (параллельным кодом) его разряды представляются одновременно; количество линий передачи, а также однотипных элементов устройства, обрабатывающих цифровой сигнал, должно быть равно количеству разрядов числа, т.е. существенно увеличивается. Однако такой цифровой сигнал значительно быстрее обрабатывается устройством.

Устройства, в которых действуют цифровые сигналы, называют *цифровыми*. Цифровые сигналы используются в устройствах самого различного назначения. В электронных цифровых вычислительных машинах (ЭЦВМ) и в цифровой автоматике входная информация представляется цифровыми сигналами, над которыми эти устройства осуществляют необходимые действия.

1.2. Алгебра логики

Математической базой цифровой техники является *алгебра логики*. Как аппарат формальной логики она была разработана в середине XIX в. английским математиком Дж. Булем и поэтому часто называется *булевой алгеброй*

Булева алгебра оперирует с переменными, принимающими только два значения - 0 и 1, т. е. с двоичными переменными. Функция двоичных переменных, принимающая те же два значения, называется *логической функцией* (переключательной функцией, функцией алгебры логики).

Логическая функция может быть выражена словесно, в алгебраической форме и таблицей; последняя называется таблицей истинности.

Базисные, логические функции. Дизъюнкция (логическое сложение) переменных x_1, x_2, \dots, x_n записывается в виде

$$y = x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (1)$$

Значение $y=0$ имеет место только при $x_1=x_2=\dots=x_n=0$.

Если хотя бы одно слагаемое равно единице ($x_1=1$ – событие наступило), то $y=1$. Сумма наступивших событий ($x_1+x_2+\dots$, где $x_1=1, x_2=1, \dots$) означает наступление события, т.е. при любом числе слагаемых, равных единице, сумма их равна единице: $y=1$, если $x_1=1$ или $x_2=1$ или ... или все переменные x равны единице. Этим объясняется еще одно название рассматриваемой операции – *операция ИЛИ*.

Элемент, выполняющий дизъюнкцию, называется *дизъюнктом* или *элементом ИЛИ*.

Конъюнкция (логическое умножение) переменных записывается в виде

$$y = \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 \cdot \dots \cdot \bar{a}_n \quad (2)$$

Из приведенного выражения следует: если хотя бы одна из переменных равна нулю, то функция равна нулю. Только в том случае, когда $x_1=1$ и $x_2=1$ и ... и $x_n=1$, $y=1$. Поэтому данная операция так же называется *операцией И*.

Элемент, выполняющий конъюнкцию, называется *конъюнктом*, или *элементом И*.

Инверсия (логическое отрицание) записывается в виде: $\bar{a} = \bar{a}$, читается «у НЕ x » и называется также *операцией НЕ*.

Элемент, выполняющий инверсию, называется *инвертором* или *элементом НЕ*.

1.3 Логические элементы

Любые цифровые микросхемы строятся на основе простейших логических элементов «НЕ», «ИЛИ», «И». В настоящее время используется несколько технологий построения логических элементов:

- транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ, TTL)
- логика на основе комплементарных МОП транзисторов (КМОП, CMOS)
- логика на основе сочетания комплементарных МОП и биполярных транзисторов BiCMOS)

Простейшим логическим элементом является инвертор, который работает в соответствии со следующей таблицей:

In	Out
0	1
1	0

Рис 2. Таблица истинности логического инвертора

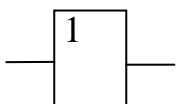


Рис 3. Изображение логического инвертора на принципиальных схемах.

Чаще всего существуют не отдельные схемы логического «И», а более сложные схемы, выполняющие одновременно логическую функцию «И» и логическую функцию «НЕ». Таблица истинности и изображение схемы, выполняющей логическую функцию «И-НЕ» изображены на рис 4 и 5 соответственно:

X	Y	Out
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рис 4. Таблица истинности схемы, выполняющей логическую функцию «И-НЕ»

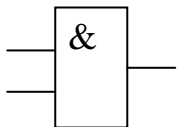


Рис 5. Изображение схемы, выполняющей логическую функцию «И-НЕ»

Точно также как не существует отдельных схем логического «И», выполненных по технологии ТТЛ, не существует отдельных схем логического «ИЛИ». Таблица истинности и изображение схемы, выполняющей логическую функцию «ИЛИ-НЕ» изображены на рис 6 и 7 соответственно:

X	Y	Out
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рис 6. Таблица истинности схемы, выполняющей логическую функцию «ИЛИ-НЕ».

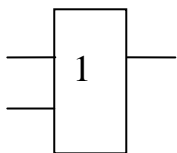


Рис 7. Изображение схемы, выполняющей логическую функцию «ИЛИ-НЕ»

Элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ

Следующий шаг на пути усложнения компонентов цифровой электроники — это элементы, выполняющие простейшие логические функции. Объединяет все эти элементы то, что у них есть несколько равноправных входов (от 2 до 12) и один выход, сигнал на котором определяется комбинацией входных сигналов.

Самые распространенные логические функции — это И (в отечественной системе обозначений — ЛИ), И-НЕ (обозначается ЛА), ИЛИ (обозначается ЛЛ) и ИЛИ-НЕ (обозначается ЛН). Присутствие слова НЕ в названии элемента обозначает только одно — встроенную инверсию сигнала. В международной системе обозначений используются следующие сокращения: AND — функция И, NAND — функция И-НЕ, OR — функция ИЛИ, NOR — функция ИЛИ-НЕ.

Название самих функций И и ИЛИ говорит о том, при каком условии на входах появляется сигнал на выходе. При этом важно помнить, что речь в данном случае идет о положительной логике, о положительных, единичных сигналах на входах и на выходе.

Элемент И формирует на выходе единицу тогда и только тогда, если на всех его входах (и на первом, и на втором, и на третьем и т.д.) присутствуют единицы. Если речь идет об элементе И-НЕ, то на выходе формируется нуль, когда на всех входах — единицы (табл.1). Цифра перед названием функции

говорит о количестве входов элемента. Например, 8И-НЕ — это восьмивходовой элемент И с инверсией на выходе.

Таблица 1. Таблица истинности двухвходовых элементов И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ

Вход 1	Вход 2	Выход И	Выход И-НЕ	Выход ИЛИ	Выход ИЛИ-НЕ
0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0

Элемент ИЛИ формирует на выходе нуль тогда и только тогда, если на всех входах нуль. Элемент ИЛИ-НЕ дает на выходе нуль при наличии хотя бы на одном из входов единицы (табл.1). Пример обозначения: 2ИЛИ-НЕ — двухвходовой элемент ИЛИ с инверсией на выходе.

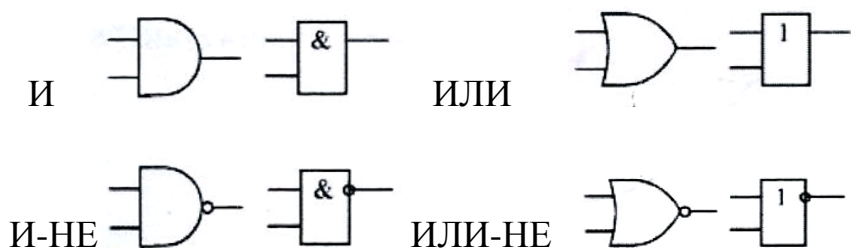


Рис. 8. Обозначения элементов И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ: зарубежные (слева) и отечественные (справа)

Отечественные и зарубежные обозначения на схемах двухвходовых элементов И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ показаны на рис 8. Нетрудно заметить (см. табл.1), что в случае отрицательной логики, при нулевых входных и выходных сигналах, элемент И выполняет функцию ИЛИ, то есть на выходе будет нуль в случае, когда хотя бы на одном из входов нуль. А элемент ИЛИ при отрицательной логике выполняет функцию И, то есть на выходе будет нуль только тогда, когда на всех входах присутствуют нули. И так как в реальных электронных устройствах сигналы могут быть любой полярности (как положительные, так и отрицательные), то надо всегда очень аккуратно выбирать требуемый в каждом конкретном случае элемент. Особенно об этом важно помнить тогда, когда последовательно соединяются несколько разноименных логических элементов с инверсией и без нее для получения сложной функции.

Поэтому элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ разработчику далеко не всегда удобно применять именно как выполняющие указанные в их названии логические функции. Иногда их удобнее использовать как элементы

разрешения/запрещения или смешивания/совпадения. Но сначала мы рассмотрим случаи реализации именно логических функций на этих элементах.

На рис.9 приведены примеры формирования элементами выходных сигналов на основании требуемых временных диаграмм входных и выходных сигналов. В случае

а) выходной сигнал должен быть равен единице при двух единичных входных сигналах, следовательно, достаточно элемента 2И. В случае

б) выходной сигнал должен быть равен нулю, когда хотя бы один из входных сигналов равен единице, следовательно, требуется элемент 2ИЛИ-НЕ. Наконец, в случае

в) выходной сигнал должен быть равен нулю при одновременном приходе единичного сигнала Вх. 1, нулевого сигнала Вх. 2 и единичного сигнала Вх. 3. Следовательно, требуется элемент 3И-НЕ, причем сигнал Вх. 2 надо предварительно проинвертировать.

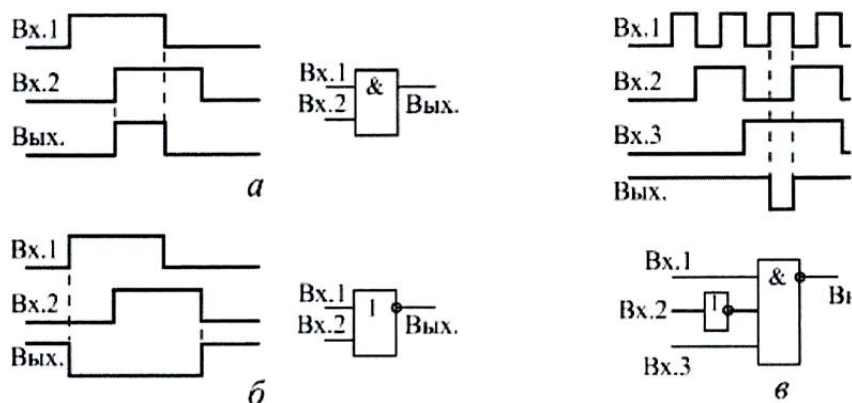


Рис. 9. Примеры применения элементов И и ИЛИ

Любой из логических элементов рассматриваемой группы можно рассматривать как управляемый клапан входного сигнала (с инверсией или без нее).

Например, в случае элемента 2И-НЕ один из входов можно считать информационным, а другой — управляющим. В этом случае при единице на управляющем входе выходной сигнал будет равен инвертированному входному сигналу, а при нуле на управляющем входе выходной сигнал будет постоянно равен единице, то есть прохождение входного сигнала будет запрещено. Элементы 2И-НЕ с выходом ОК часто используют именно в качестве управляемых буферов для работы на мультиплексированную или двунаправленную линию.

Точно так же в качестве элемента разрешения/запрещения могут применяться элементы И, ИЛИ, ИЛИ-НЕ (рис.10). Разница между элементами состоит только в полярности управляющего сигнала, в инверсии (или ее

отсутствии) входного сигнала, а также в уровне выходного сигнала (ноль или единица) при запрещении прохождения входного сигнала.

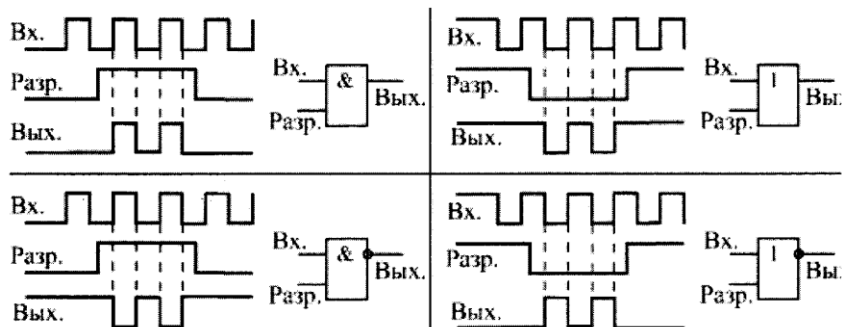


Рис. 10. Разрешение/запрещение прохождения сигналов на элементах И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ

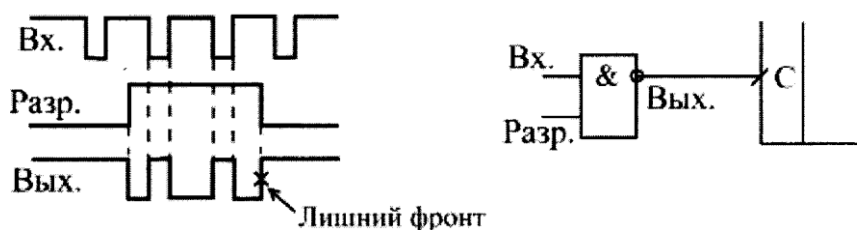


Рис. 11. Появление лишнего фронта при запрещении входного сигнала

При использовании элементов разрешения/запрещения могут возникнуть дополнительные проблемы в случае, когда сигнал с выхода элемента идет на вход, реагирующий на фронт сигнала. В момент перехода из состояния разрешения в состояние запрещения и из состояния запрещения в состояние разрешения в выходном сигнале может появиться дополнительный фронт, никак не связанный с входным сигналом (рис. 11). Чтобы этого не произошло, надо придерживаться следующего простого правила: если вход реагирует на положительный фронт, то в состоянии запрещения на выходе элемента должен быть ноль, и наоборот.

1.5. Построение произвольной таблицы истинности.

Любая логическая схема без памяти (комбинационного тапа) полностью описывается таблицей истинности. При построении сложных логических схем с произвольной таблицей истинности используется сочетание простейших схем "И" "ИЛИ" "НЕ".

При построении схемы, реализующей произвольную таблицу истинности, каждый выход анализируется (и строится схема) отдельно. Для реализации таблицы истинности при помощи логических элементов "И" достаточно рассмотреть только те строки таблицы истинности, которые содержат логические "1" в выходном сигнале. Строки, содержащие в выходном сигнале

логический 0 в построении схемы не участвуют. Каждая строка, содержащая в выходном сигнале логическую "1", реализуется схемой логического "И" с количеством входов, совпадающим с количеством входных сигналов в таблице истинности. Входные сигналы, описанные в таблице истинности логической "1" подаются на вход этой схемы непосредственно, а входные сигналы, описанные в таблице истинности логическим "0" подаются на вход через инверторы. Объединение сигналов с выходов схем, реализующих отдельные строки таблицы истинности, производится при помощи схемы логического ИЛИ. Количество входов в этой схеме определяется количеством строк в таблице истинности, в которых в выходном сигнале присутствует логическая "1".

Триггеры.

Устройство, имеющее два устойчивых состояния, называют *триггером*. В одном из них на выходе триггера присутствует высокий потенциал, в другом — низкий. Переход триггера из одного состояния в другое происходит лавинообразно, но только с приходом переключающего (запускающего) сигнала.

По принципу действия триггер напоминает взведенную пружину, спускаемую внешней силой. Отсюда еще одно название триггера — спусковое устройство.

В интервале между переключающими сигналами состояние триггера не меняется, т.е. триггер «запоминает» поступление сигнала, отражая это величиной потенциала на выходе. Сказанное дает возможность использовать триггер как элемент памяти. Если совокупность триггеров установить в одинаковое (исходное) состояние, а затем на каждый триггер подать сигнал, соответствующий элементу цифрового кода, то на выходах триггеров установятся и могут неограниченно долго присутствовать потенциалы, представляющие этот код в параллельной форме.

При переключении триггера потенциалы на его выходе меняются лавинообразно, т.е. на выходе формируется прямоугольный импульс с крутыми фронтами. Это позволяет использовать триггер для формирования прямоугольных импульсов из напряжения другой формы (например, из синусоидального).

При поступлении каждой пары переключающих импульсов потенциал на выходе триггера меняется от высокого к низкому и обратно. т.е. на выходе формируется один импульс. Таким образом, триггер можно использовать как делитель частоты переключающих импульсов на два.

Триггеры могут быть выполнены на цифровых интегральных микросхемах, операционных усилителях и дискретных компонентах (среди них активными элементами являются главным образом транзисторы).

Простейшая схема, позволяющая запоминать двоичную информацию, строится на основе простейших логических элементов, «ИЛИ» или «И». Такая

схема, построенная на элементах «И» приведена на рисунке 14. Вход S (Set) позволяет устанавливать выход триггера Q в единичное состояние при подаче на его вход логического нуля. Вход R (Reset) позволяет сбрасывать выход триггера Q в нулевое состояние при подаче на его вход логического нуля.

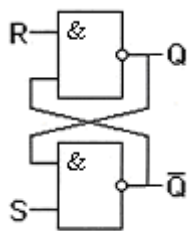


Рис. 12. Схема простейшего триггера на схемах «И». Входы R и S инверсные (активный уровень '0')

Точно так же можно построить RS триггер и на логических элементах «ИЛИ». Схема RS триггера, построенного на логических элементах «ИЛИ» приведена на рис. 15. Единственное отличие будет заключаться в том, что сброс и установка триггера будет производиться единичными логическими уровнями.

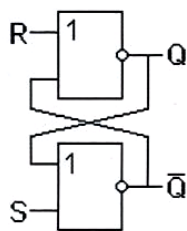


Рис. 13. Схема простейшего триггера на схемах «ИЛИ». Входы R и S прямые (активный уровень '1')

Так как триггер при построении его на различных элементах работает одинаково, то его изображение на принципиальных схемах тоже одинаково. Изображение простейшего триггера на принципиальных схемах приведено на рисунке 14.

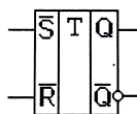


Рис. 14. Обозначение простейшего триггера на принципиальных схемах

Схема триггера позволяет запоминать состояние логической схемы, но так как в начальный момент времени может возникать переходный процесс (в цифровых схемах этот процесс называется опасные гонки), то запоминать состояния логической схемы нужно только в определенные моменты времени, когда все переходные процессы закончены. То есть цифровые схемы требуют синхросигнала. Все переходные процессы должны закончиться за время периода синхросигнала. Для таких цифровых схем требуются синхронные

триггеры. Схема синхронного триггера приведена на рисунке 15, а обозначение на принципиальных схемах на рисунке 16.

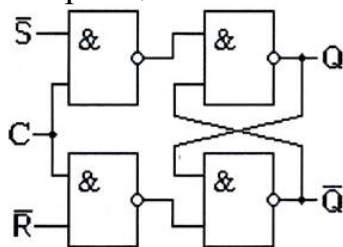


Рис. 15. Схема синхронного триггера на схемах "И"

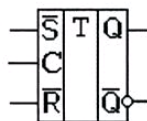


Рис.16. Обозначение синхронного триггера на принципиальных схемах

В приведенной схеме для записи логического 0 и логической 1 требуются разные входы, что не всегда удобно. Поэтому для запоминания дискретной информации применяются D триггеры. Схема такого триггера приведена на рисунке 17, а обозначение на принципиальных схемах на рисунке 18.

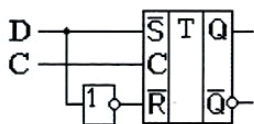


Рис.17. Схема D триггера (защелки)

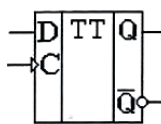


Рис.18. Обозначение D триггера (защелки) на принципиальных схемах

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание стенда.

1. Внимательно изучить стенд с расположенными на нем комбинационными и последовательностной схемами (RS –триггер). Схема стенда представлена на рисунке 19.

На стенде размещены интегральные логические схемы 155 серии, а именно:

схема DD1-простая логика 2И;

схема DD2- инвертор (НЕ).

схема DD3 (К155ЛА3), в корпусе которой находятся четыре двухвходовые логические схемы 2И-НЕ.

Одна из этих схем выведена отдельно –DD3.1.

На базе двух других построен RS-триггер (триггер с отдельными входами, схемы DD3.2, DD.3.3).

На все схемы подано напряжение питания 5В (на чертеже не показано).

Логические элементы И, НЕ, И-НЕ. RS-триггер и генератор одиночных импульсов на логических элементах +5В

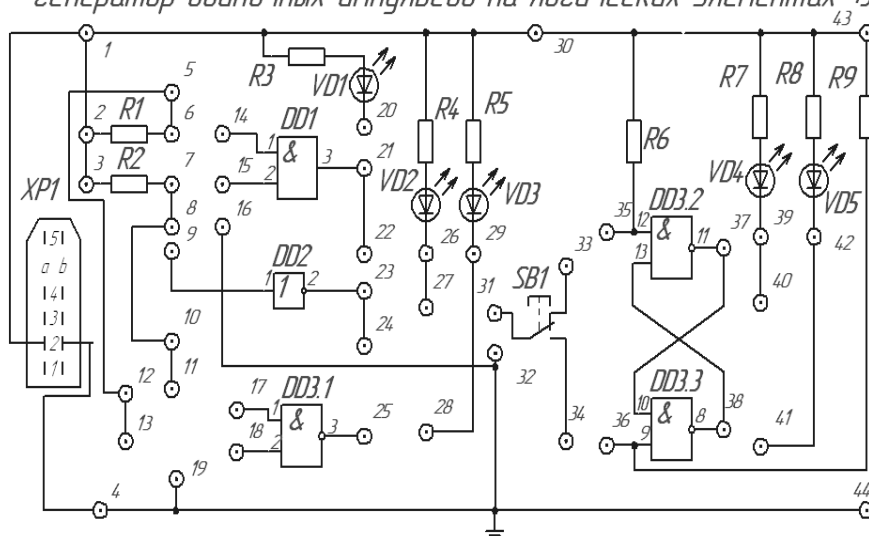


Рис. 19. Схема лабораторного стенда

Индикация состояний выходов этих схем осуществляется светодиодами VD1, VD2, VD3, VD4, VD5, которые подключаются к выходам этих схем.

20—21; 27—23; 28—25; 40—37; 41—38.

Входные сигналы высокого уровня поступают на входы логических схем через сопротивления R1 и R2 с гнезд 5-6, 7-8-10-11, 12-13.

Входные сигналы низкого уровня реализуются подключением входов к общей шине (клеммы 4, 16, 19, 32, 44).

2.2 Исследование логических схем «2И», «НЕ», «2И-НЕ»

Определить таблицу истинности для всех схем. Для этого подавать на входы логических схем комбинации сигналов высокого уровня (логический 1) и низкого уровня (логический 0) напряжения и фиксировать состояние выхода.

При нуле на выходе схемы светодиод загорается, а при единице - гаснет.

Занести результаты в таблицу 1 для схем «2И» и «2И-НЕ»

Таблица 1

X1	X2	F	F
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

и в таблицу 2 для схемы НЕ

Таблица 2

X	F
0	
1	

2.3 Исследование RS-триггера.

Определить таблицу истинности для RS-триггера. Соединить гнезда 33-35 и 34-36.

Моделировать подачу на триггер кодовых комбинаций 00,01,10,11 с помощью переключателя SB1 и одновременно фиксировать состояние выходов (прямого и инверсного). Данные занести в таблицу 3. В исходном состоянии на входы S и R поданы высокие уровни напряжения (логический 1). При условии соединения гнезд 31 и 32, переключая SB1 можно подавать на входы 35 и 36 низкие уровни напряжения (логический 0). Состояния выходов занесите в таблицу.

Таблица 3

S	R	F	F
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как работает логическая схема «И»?
2. Как работает логическая схема «ИЛИ»?
3. Как работает логическая схема «НЕ»?
4. Как работает логическая схема «И-НЕ»?
5. Как работает логическая схема «ИЛИ-НЕ»?
6. Нарисовать таблицы истинности для логических схем «И», «ИЛИ», «НЕ», «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ».
7. Существует ли различие в таблицах функционирования RS триггеров, синтезированных в базисе «И-НЕ» и «ИЛИ» «НЕ». Покажите эту разницу с помощью таблиц истинности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миловзоров О.В. Электроника./ О.В. Миловзоров, О.Г. Панов М.: Высшая школа, 2005. 288 с.
2. Основы промышленной электроники: учебник / под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высшая школа, 1986. XXX с.
3. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника. / Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин. М.: Энергоатомиздат, 1988. 320 с.
4. Новожилов О.П. Основы цифровой техники. / О.П. Новожилов. М. ИНФРА-М, 2005, 430 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ РЕГИСТРАЦИИ ЧИСЛА ИМПУЛЬСОВ.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение функционирования комплексного цифрового устройства на основе комбинационных и последовательностных схем, обеспечивающего подсчет числа импульсов и индикацию результата в десятичном коде.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цифровым счетчиком импульсов называют устройство, реализующее счет числа входных импульсов и фиксирующее это число в каком-либо коде.

Обычно счетчики строят на основе триггеров, поэтому счет импульсов ведется в двоичной системе счисления. Для получения счетчика, работающего в десятичном коде, применяют обратные связи. На рисунке 1 приведена функциональная схема десятичного (декадного) счетчика импульсов на четырех триггерах и его условное обозначение.

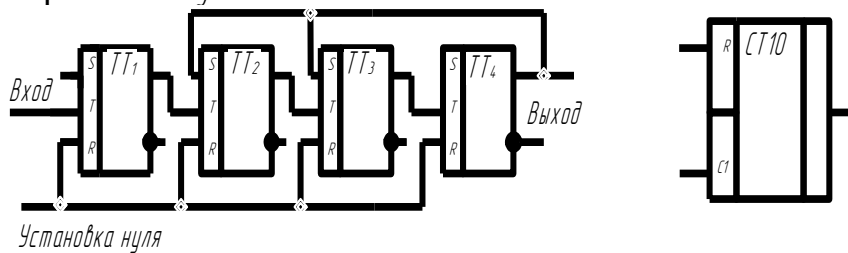


Рис. 1. Десятичный счетчик импульсов

С выхода триггера T_4 сигналы обратной связи поступают на входы триггеров T_2 , T_3 . Благодаря этому после поступления на вход счетчика восьмого импульса на выходе триггера T_4 появляется сигнал «1», который переводит триггеры T_3 , T_2 из состояния «0» в состояние «1». Таблица 1 – таблица переходов десятичного счетчика.

Таблица 1

Номер входного импульса	Состояние триггеров			
	T_4	T_3	T_2	T_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0

7	0	1	1	1
8	1	0(1)	0(1)	0
9	1	1	1	1
10	0	0	0	0

Девятый импульс переводит триггер T_1 в состояние «1», и все триггеры оказываются в состоянии «1». Десятый импульс переводит все триггеры в состояние «0», и счет начинается снова. Используя обратные связи, можно построить счетчик, работающий в системе счисления с любым основанием.

Счетчики, выполняющие операции сложения и вычитания, называют риверсивными. Обычно они имеют два входа: сложения и вычитания.

Описанные счетчики относятся к последовательным (асинхронным), у которых импульсы поступают только на вход триггера первого разряда, а каждый последующий триггер управляется выходным сигналом предыдущего. Для повышения быстродействия применяют параллельные (синхронные) счетчики, в которых входной сигнал воздействует параллельно на входы синхронизации всех разрядов счетчика, построенного на JK-триггерах. Использование JK-входов добиваются необходимой последовательности переключения триггеров.

Счетчики выполняют в виде интегральных микросхем, например К176ИЕ1 (шестиразрядный двоичный счетчик), К176ИЕ2 (пятиразрядный счетчик), К155ИЕ4 (счетчик-делитель на 12).

Цифровые счетчики импульсов применяют для счета числа импульсов либо для деления числа импульсов. Счет числа импульсов, поступающих на вход с высокой частотой, необходим в вычислительной технике, автоматике, информационно-измерительной технике (цифровые измерительные приборы), ядерной физике (счетчики элементарных частиц).

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Описание стенда На рис.2 приведена принципиальная схема лабораторного стенда

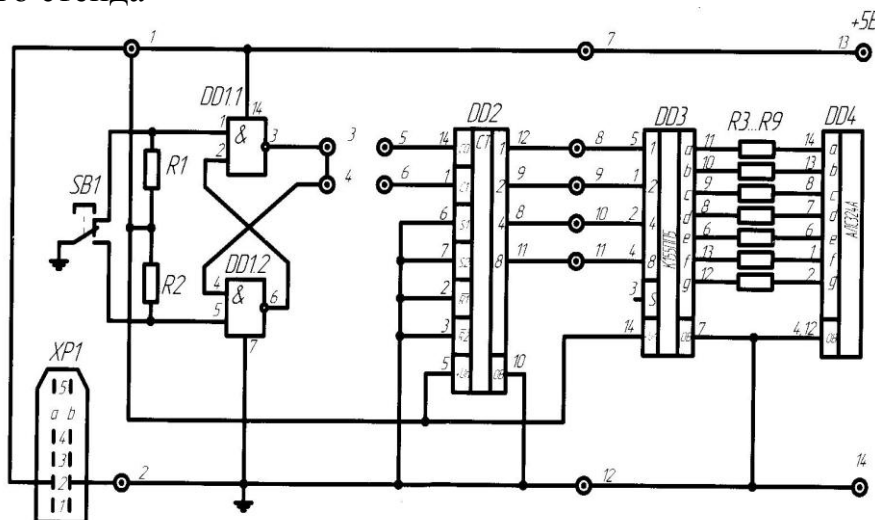


Рис.2. Схема лабораторного стенда

На стенде собраны:

- импульсный генератор на базе RS триггера (схема DD1.1)
- четырехразрядный счетчик импульсов (схема DD2)—модуль счета M= 16;
- дешифратор кода, управляющий работой семисегментного индикатора схема (DD3);
- семисегментный индикатор (схема DD4).

Кнопка SB1 позволяет подавать уровень 0 попеременно на входы R и S триггера и изменять состояние выходов триггера. Необходимо иметь в виду, что триггер собран на логике И-НЕ и активными являются нулевые уровни сигнала (отрицательная логика). Образующиеся на выходе триггера импульсы поступают на вход счетчика и последовательно изменяют состояние сначала младших разрядов, а затем старших. Количество поступивших импульсов выражается двоичным кодом, фиксируемым счетчиком.

Для преобразования результата в десятичный код используется дешифратор и индикатор. Все светодиоды, входящие в матрицу, объединены по анодным цепям, на которые подан высокий потенциал (+5в). При этом загорается тот светодиод, катод которого, соединенный с одним из выходов дешифратора, будет иметь нулевой потенциал.

Таблица истинности для RS триггера в различных базисах.

Таблица 2

Базис ИЛИ-НЕ			Базис И-НЕ		
S	R	Q	S	R	Q
0	0	Q хранение	0	0	запрещена
0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	запрещена	1	1	Q хранение

Преобразование двоично-десятичного кода в десятичный.

Таблица 3

Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0		1	0	0		1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0

0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

3.2 Порядок выполнения работы:

– соедините выход триггер со входом счетчика.
– в соответствии со схемой блока генерации, нажатие кнопки переводит выход триггера в единичное состояние, отжатие возвращает в нулевое. Таким образом, для генерации одного импульса нужно 1 раз нажать и затем отпустить кнопку.

– последовательно нажимая кнопку обеспечьте поступление импульсов на вход счетчика. Число поданных импульсов контролируйте по индикатору. При поступлении 9 импульса выходы всех четырех разрядов находятся в состоянии 1. При поступлении 10 импульса триггер возвращается в исходное состояние. Состояние входа счетчика контролируйте мультиметром в точках 3,4,5,6. Состояние выходов счетчика контролируйте мультиметром в точках 8,9,10,11.

Результаты занесите в таблицу 4.

Таблица 4.

Число имп.	Выход 1 разряда	Выход 2 разряда	Выход 3 разряда	Выход 4 разряда	Показания индикатора
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	2
3	1	1	0	0	3

3.3 Содержание отчета.

В отчете должны быть представлены:

1. Функциональная схема цифрового устройства.
2. Таблица истинности для RS триггера
3. Таблица истинности для счетчика
4. Таблицы истинности для дешифратора.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы двоичного счетчика. Параметры счетчика
2. Принцип построения десятичного счетчика

3. Способы изменения модуля счета.
4. Принцип работы дешифратора и индикатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника / Е.П. Угрюмов. М.: Высшая школа, 2001, 524с.
2. Новожилов О.П. Основы цифровой техники. / О.П. Новожилов. М. ИНФРА-М, 2005, 430 с.
3. Калабеков Э.Д. Цифровые схемы и микропроцессорные устройства / Э.Д. Калабеков. М.: Высшая школа, 2004. 360 с.
4. Токхейм Р. Основы цифровой электроники / Р. Токхейм. М.: Мир, 1988. 348 с.
5. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника. / Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин. М.: Энергоатомиздат, 1988. 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.	2
Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.	3
Лабораторная работа № 5. Компенсационные стабилизаторы напряжения.	4
Лабораторная работа № 6. Исследование генераторов синусоидальных колебаний	9
Лабораторная работа № 7. Исследование базовых логических схем и RS-триггера на их основе.	16
Лабораторная работа № 8. Исследование цифровых устройств регистрации числа импульсов	28

ЭЛЕКТРОНИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Электроника»
для студентов специальности 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электромеханика»
очной формы обучения

Составители:

Савельева Елена Леонидовна
Шелякин Валерий Петрович

Подписано в печать _____.
Объем данных _____.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14