

Дата **3.05.2023г.** Группа: ХКМ 2/1

Дисциплина: Электротехника и основы электроники

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Электронные усилители. Основы импульсной техники

Цель занятия:

-*методическая* - совершенствование методики проведения лекционного занятия;

- *учебная* – знать общие понятия о формировании импульсов, сигналах импульсных устройств

- *воспитательная* – обучать учащихся соотносить полученные знания с наблюдаемыми явлениями.

Вид занятия: Вводная лекция

Вид лекции: Усвоение новых знаний.

Форма проведения занятия:

Межпредметные связи:

Обеспечивающие: Математика, физика

Обеспечиваемые:

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1.Б.И.Петленко. Электротехника и электроника. М.: «Академия», 2014.-319 с.

2.Ю.Г.Лапытин, В.Ф. Атарщиков. Контрольные материалы по электротехнике и электронике 2016

Дополнительная литература:

1. А.С.Касаткин.,М.В.Немцов. Электротехника.М. : Издательский центр «Академия», 2015 г..

2. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике. (2-е-изд., стер.) Уч.пос.НПО. «Академия», 2015-2016.

3. <https://www.youtube.com/watch?v=NAARbx6A0N0> Генератор прямоугольных импульсов

4. https://www.youtube.com/watch?v=PG4fq10_Mw Генератор импульсов и шаговый двигатель.

5. <https://www.youtube.com/watch?v=TQk40civuGc> Формирователь импульсов

Тема: Электронные усилители. Основы импульсной техники

1. Назначение и классификация усилителей.
2. Основные технические характеристики усилителей.
3. Однокаскадные усилители с ОБ, ОЭ, ОК
4. Сигналы импульсных устройств
5. Электронные ключи и методы формирования импульсных сигналов
6. Генераторы импульсных сигналов

1. Назначение и классификация усилителей

Усилитель - устройство, в котором осуществляется увеличение мощности входного сигнала за счет энергии вспомогательного источника питания. В зависимости от вида энергии сигнала и источника усилителя разделяют на: электрические, механические, гидравлические, пневматические. Самые распространенные электрические усилители.

В электротехнике по характеру входного сигнала усилители делятся на: усилители постоянного и переменного тока, которые в свою очередь делятся на усилители:

- Низкой частоты (УНЧ) (диапазон частот от 10 Гц до 20 кГц);
- высокой частоты (СВЧ) (диапазон частот от 20 кГц до 100 МГц)

Усилители можно классифицировать:

- по типу АЭ - транзисторные усилители (АЭ - полевой или биполярный транзистор)

- магнитные усилители (АЭ - специальный трансформатор) электронные усилители (АЭ - электронная лампа)

- диэлектрические усилители (АЭ - устройства с диэлектриком)

- сверхпроводящие усилители (АЭ - устройства, в которых используется материал со сверхпроводимостью)

по назначению - усилители напряжения; усилители тока; усилители мощности;

по частотным диапазонам

- усилители инфразвуковых частот (диапазон усиливаемых частот 0- 50 Гц);

- усилители звуковых частот (диапазон усиливаемых частот 20 Гц - 20 кГц);

- усилители ультразвуковых частот (диапазон усиливаемых частот 20-100 кГц)

- видео-усилители (диапазон усиливаемых частот определяется длительностью импульса и, т.е. $F = (1 \dots 2) / \tau$)

по типу нагрузки - резистивные усилители (нагрузкой является резистор)

- трансформаторные усилители (нагрузкой является трансформатор)

- дрессельные усилители (нагрузкой является дроссель)

- резистивно-трансформаторные усилители (нагрузкой является комбинация трансформатора и резистора).

2.Основные технические характеристики усилителей

Важнейшими техническими показателями усилителя являются: коэффициенты усиления (по напряжению, току и мощности), входное и выходное сопротивления, выходная мощность, коэффициент полезного действия, номинальное входное напряжение (чувствительность), диапазон частот усиливаются, динамический диапазон амплитуд и уровень собственных помех, а также показатели, характеризующие нелинейные, частотные и фазовые искажения усиливаемого сигнала.

Коэффициент усиления - отношение установившихся значений выходной и входной сигналов усилителя. В зависимости от типа усиливается величины различают коэффициенты усиления:

по напряжению $K_u = U_2 / U_1$;

по току $K_i = I_2 / I_1$;

по мощности $K_p = P_2 / P_1$,

где U_1, U_2, I_1, I_2 - действующие (или амплитудные) напряжения и токи

Так как $P_1 = U_1 I_1$ и $P_2 = U_2 I_2$, то коэффициент усиления по мощности

$$K_p = K_u K_i.$$

Значение коэффициента усиления K в различных усилителях напряжения может иметь величину порядка десятков и сотен. Но и этого в ряде случаев недостаточно для получения на выходе усилителя сигнала требуемой мощности. Тогда прибегают к последовательному (каскадного) включению ряда усилительных каскадов. Для многокаскадных усилителей общий коэффициент усиления равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов. При последовательном соединении нескольких усилительных устройств произведение их коэффициентов усиления определяет общий коэффициент усиления системы, то есть

$$K_{\text{общ}} = K_1 K_2 \dots K_n.$$

3. Однокаскадные усилители с ОБ, ОЭ, ОК

Усилительный каскад с общей базой (ОБ) - одна из трех типовых схем построения электронных усилителей на основе биполярного транзистора. Характеризуется отсутствием усиления по току (коэффициент передачи близок к единице, но меньше единицы), высоким коэффициентом усиления по напряжению и умеренным (по сравнению со схемой с общим эмиттером) коэффициентом усиления по мощности. Входной сигнал подается на эмиттер, а выходной снимается с коллектора. При этом входное сопротивление очень мало, а выходное - велико. Фазы входного и выходного сигнала совпадают. Особенностью схемы с общей базой является минимальная среди трех типовых схем усилителей «паразитный» обратная связь с выхода на вход через конструктивные элементы транзистора. Поэтому схема с общей базой наиболее часто используется для построения высокочастотных усилителей, особенно

вблизи верхней границы рабочего диапазона частот транзистора. Достоинствами схемы являются стабильные температурные и частотные свойства, то есть параметры схемы (коэффициент усиления напряжения, тока и входное сопротивление) остаются неизменными при изменении температуры окружающей среды. Недостатками схемы является малое входное сопротивление и отсутствие усиления по току.

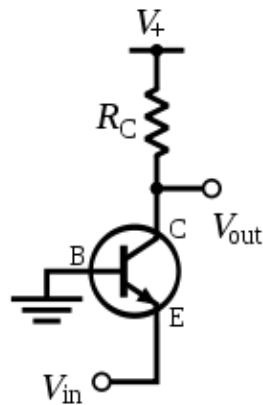


Рисунок 1-Усилительный каскад с общей базой

При схеме включения биполярного транзистора с общим эмиттером (ОЭ) входной сигнал подается на базу, а снимается с коллектора (рис.2). При этом выходной сигнал инвертируется относительно входного (для гармонического сигнала фаза выходного сигнала отличается от входного на 180°). Каскад усиливает и ток, и напряжение. Данное включение транзистора позволяет получить наибольшее усиление по мощности, поэтому наиболее распространено. Однако, при такой схеме нелинейные искажения сигнала больше, чем в схемах с общей базой или с общим коллектором. Кроме того, при данной схеме включения на характеристики усилителя значительное влияние оказывают внешние факторы, такие как напряжение питания, или температура окружающей среды. Обычно для компенсации этих факторов применяют отрицательную обратную связь, но она снижает коэффициент усиления

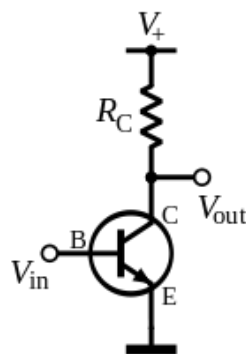


Рисунок 2 -Усилительный каскад с общим эмиттером

Эмиттерный повторитель - частный случай повторителей напряжения на основе биполярного транзистора. Характеризуется высоким усилением по току и

коэффициентом передачи по напряжению, близким к единице. При этом входное сопротивление относительно велико (однако оно меньше, чем входное сопротивление истокового повторителя), а выходное - мало. При эмиттерном повторителе используется схема включения транзистора с общим коллектором (ОК) (рис.3). То есть напряжение питания подается на коллектор, входной сигнал подается на базу, а выходной сигнал снимается с эмиттера. В результате чего образуется 100% отрицательная обратная связь по напряжению, что позволяет значительно уменьшить нелинейные искажения, возникающие при работе. Следует также отметить, что фазы входного и выходного сигнала совпадают. Такая схема включения используется для построения входных усилителей, в случае если выходное сопротивление источника велико, и как буферный усилитель, а также в качестве выходных каскадов усилителей мощности.



Рисунок 3- Усилительный каскад с общим коллектором

4.Сигналы импульсных устройств

Импульсная техника – это та же электронная техника, при условии кратковременных, прерывистых электрических колебаний (импульсных сигналов), т. е. она является составной частью радиоэлектроники и служит, в частности, базой радиолокации, радионавигации, телевидения, многоканальной связи. На основе импульсной техники созданы электронные цифровые устройства вычислительной машины.

- **Радиолокация.** Импульсная радиолокационная станция излучает электромагнитные колебания (радиоимпульсы), которые отражаются от цели и принимаются той же станцией. По времени распространения каждого радиоимпульса до цели и обратно (с учетом скорости распространения радиоволн) определяют дальность цели. Аналогично измеряются высота полета самолета, высота облачного покрова и т. д. Радиолокация широко используется в системах навигации кораблей и летальных аппаратов, в радиоастрономии, при освоении космического пространства.
- **Телевидение.** При телевизионных передачах изображение на экране приемной трубки формируется построочно. Чтобы на строках экрана телевизора изображение размещалось аналогично тому, как оно размещается по «строкам» передаваемого предмета (и на специальном

электроде передающей трубки), в телевизионном сигнале присутствуют, в частности, синхронизирующие импульсы. Только благодаря этому совпадают положения строк изображения на приемной и передающей строках тракта.

- **Многоканальная связь.** Прерывистость импульсных колебаний дает возможность осуществлять многоканальную связь, используя один канал: импульсы, передающие одно сообщение, размещаются в паузах между импульсами, передающими другое сообщение.
- **Телеуправление** – управление на расстоянии.
- **Цифровая вычислительная техника.** В современных вычислительных машинах тактовая частота импульсов составляет 2000 МГц и более, а передача информации в комплексах таких машин происходит со скоростью $2 \cdot 10^9$ импульсов в секунду.
- **Другое:**

а) Набирая номер телефона, мы посылаем импульсы телефонной станции, которая расшифровывает их и соединяет с другим абонентом.

б) Телевизионный кнопочный пульт позволяет на расстоянии управлять телевизором с помощью импульсов инфракрасного излучения.

в) Современный автомобиль тоже насыщен импульсной и цифровой техникой, импульсы используются в системах зажигания, поворотной сигнализации, охранных кодовых системах.

г) Контрольно-измерительная техника тоже использует импульсы.

Сигналом называют физический процесс, несущий информацию. Сигналы могут быть, в частности звуковыми, световыми, электрическими.

Информация сосредоточена в изменениях параметров физического процесса. Если параметры процесса не меняются, то он не является сигналом. Так неизменный звук, световой поток, синусоидальное электрическое колебание никакого сообщения не содержат. Наоборот, в изменениях громкости и типа звука, яркости и цвета светового излучения, амплитуды, частоты и фазы электрического колебания информации. Информативным так же является также появление, например, электрического колебания, т.е. его изменение.

Под электрическим импульсом понимают отклонение напряжения или тока от некоторого постоянного уровня (в частности от нулевого), наблюдаемое в течение времени, меньшего или сравнимого с длительностью переходных процессов в схеме.

Виды электрических импульсов.

Существуют два вида импульсов: видеоимпульсы (рис.1) и радиоимпульсы (рис.2). *Видеоимпульсы* — это кратковременное отклонение

физического параметра, несущего информацию, от установленного значения. Радиоимпульс — это отрезок высокочастотного колебания определенной формы. *Радиоимпульсы* широко используют для передачи информации каналами радиосвязи, в телевидении и радиолокации.



Импульсные сигналы бывают *периодическими и непериодическими*. Периодическими считаются сигналы, значения которых повторяются через определенный промежуток времени.

По *форме импульсы* делятся на (рис.3): прямоугольные, треугольные, пилоподобные, колоколообразные и др. Формы реальных импульсов отличаются от идеальных, вследствие искажений и помех, действующих в каналах импульсных устройств.

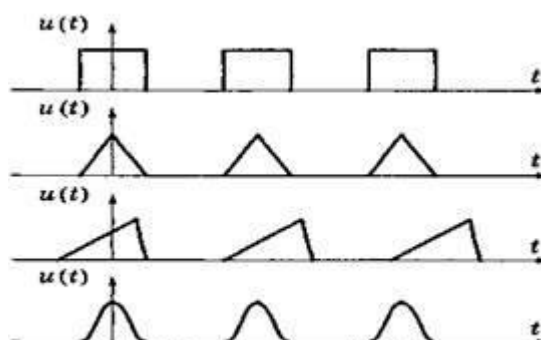


Рисунок 3- Форма импульсов

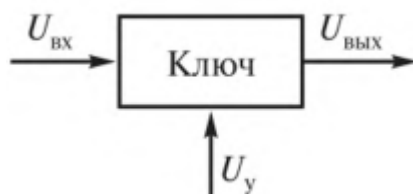
5. Электронные ключи и методы формирования импульсных сигналов

Электронный ключ — это элемент, который под действием управляющих сигналов, изменяющихся во времени по заданному закону, осуществляет различные коммутации (включение и выключение) внешних цепей.

В статическом режиме электронный ключ находится в одном из двух состояний — включенном (замкнутом) или выключенном (разомкнутом). При этом предполагается, что сопротивление замкнутого ключа равно нулю, а разомкнутого — бесконечно велико.

Качество электронного ключа определяется следующими основными параметрами: падением напряжения на ключе в разомкнутом состоянии; временем перехода (переключения) ключа из одного состояния в другое. Чем меньше все эти параметры, тем выше качество ключа.

Структурная схема электронного ключа представлена на рисунке 4.



Ключ имеет _____ вход, выход и управляющий вход. В электронных ключах часто входной сигнал выполняет функции управляющего сигнала.

В качестве входных, выходных и управляющих сигналов в электронном ключе могут быть выбраны импульсы напряжения или уровни напряжения (потенциалы). В связи с этим различают ***импульсные, потенциальные и потенциально-импульсные ключевые схемы.***

В зависимости от характера коммутируемого сигнала электронные ключи разделяются на импульсные (цифровые) и аналоговые ключи. ***Цифровые*** ключи коммутируют напряжение или ток источника сигнала и обеспечивают получение двух уровней сигнала на выходе. Один уровень соответствует открытому состоянию ключа, а другой — закрытому. ***Аналоговые*** ключи обеспечивают подключение и отключение источников аналоговых (непрерывных) сигналов, имеющих произвольную форму напряжения.

Для построения электронных ключей используются транзисторы, электронные лампы, полупроводниковые диоды, тиристоры. В зависимости от применяемых элементов электронные ключи получают и соответствующие названия. Наибольшее практическое применение имеют диодные, транзисторные и тиристорные ключи.

Формирование импульсных сигналов

Формирование импульсных сигналов осуществляется на различной элементной базе в зависимости от требований, предъявляемых к импульсному устройству. Однако существуют некоторые общие принципы построения каскадов, формирующих одиночные импульсы и периодические последовательности.

Для формирования одиночных импульсов применяют электронные ключи, ключевые каскады, триггеры, комбинаторные цифровые устройства и

ждущие генераторы, которые могут быть реализованы на электронных лампах, транзисторах и логических элементах.

Особый класс электронных ключей представляют ключи на фотоэлектронных элементах. Термином «ключ» в автоматике обозначают многоконтактный ручной переключатель, а в радиотехнике — «радиоключ», предназначенный для передачи сообщений азбукой Морзе.

В импульсной технике применяют электронные ключи на электронных лампах, транзисторах, оптронах и других полупроводниковых устройствах (рис.5).

Основное их назначение — осуществлять операции включения и выключения (ON и OFF).

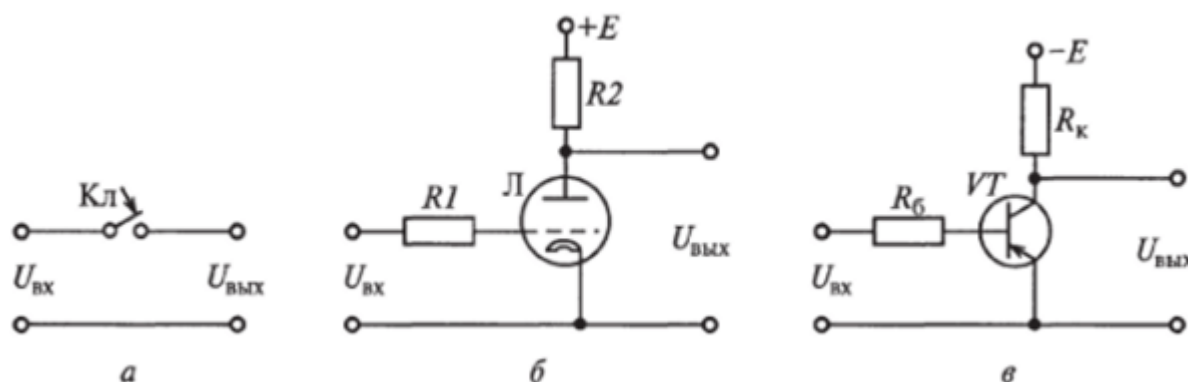


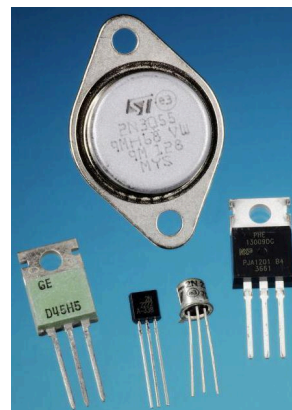
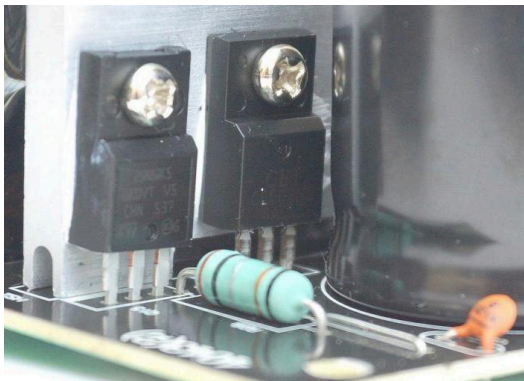
Рисунок 5 - Схемы включения и обозначения ключей: а — радиоключ (Кл); б — ключ на радиолampe (Л); в — ключ на транзисторе (VT)

Диодные ключи. Диодные ключи представляют собой простейший тип электронных ключей, предназначенных для бесконтактной коммутации электрической цепи. Принцип действия диодных ключей основан на свойстве диодов — односторонней проводимости. По способу включения диодов в электрической цепи различают последовательные и параллельные диодные ключи.

Транзисторные ключи. Транзисторные ключи являются одним из наиболее распространенных элементов импульсных устройств. На их основе создаются триггеры, мультивибраторы, коммутаторы, блокинг-генераторы и т.д.

В транзисторных ключах используются как биполярные транзисторы структуры р-п-р- и п-р-п-типа, так и униполярные транзисторы преимущественно МДП- и МОП-структуры (рис.5,6).

В схемах ключей находят применение все схемы включения транзисторов — ОЭ, ОК, ОБ, ОИ, ОС и ОЗ. Однако наибольшее распространение получили схемы с ОЭ и ОИ.



6. Генераторы импульсных сигналов

Генераторы импульсных сигналов — это устройства, предназначенные для генерации импульсов.

По форме импульсов генераторы делятся на генераторы **прямоугольных** импульсов и генераторы импульсов **не прямоугольной** формы, в частности генераторы пилообразных импульсов.

Генераторы сигналов используют для проведения различных измерений и испытаний. Они могут использоваться в качестве источников тестовых сигналов, с помощью которых испытывают компоненты, усилители, фильтры или даже готовые модули, чтобы проверить их работу и изучить их поведение и характеристики.

Самыми распространенными типами генераторов являются **аналоговый** генератор сигналов и **векторный** генератор сигналов. Основной функцией генераторов сигналов является создание сигналов с аналоговой и цифровой модуляцией. Генераторы сигналов также обладают способностью добавлять шум к тестовому сигналу, имитировать многолучевое распространение входного сигнала, помимо выбора частоты, амплитуды и режима модуляции. Это дает возможность изучить работу приемника при наличии сильно зашумленных сигналов, которые, могли достигнуть входа уже после многократного переотражения.

Типы генераторов сигналов (рис.7,8,9)

Широкий ассортимент генераторов сигналов включает в себя:

- низкочастотные генераторы сигналов;
- высокочастотные генераторы сигналов;
- синусоидальные генераторы сигналов;

- ТВ генератор сигнала;
- генераторы стандартных звуковых и шумовых сигналов;
- цифровой генератор импульсных и специальных сигналов.

Генераторы шумовых сигналов могут применяться для проверки устройств на помехоустойчивость и помехозащищенность. Цифровой генератор специальных сигналов позволяет формировать сигналы заранее заданной формы. Генератор сигналов, купить вы сможете, точно определившись с функционалом и техническими требованиями.

Вместе с генераторами синусоидальных сигналов для отладки и тестирования электронной аппаратуры также широко применяются источники импульсных сигналов — множество их выпускается в виде генераторов импульсов. Эти устройства покрывают огромный диапазон длительностей импульсных сигналов — от долей наносекунды до многих суток. Генераторы импульсов, цена которых может сильно отличаться в зависимости от характеристик, применяются в качестве источников не синусоидальных сигналов. Такой генератор импульсов может использоваться для тестирования и отладки импульсных систем, цифровых систем и устройств различного назначения.

Для исследования систем связи с цифровыми методами модуляции выпускаются специальные **векторные** анализаторы спектра (рис.7). Векторное представление сигналов используется также при анализе цепей, в частности в векторных анализаторах цепей. Наряду с этими устройствами необходимы и генераторы, дающие сигналы, представленные в векторной форме, и промодулированные различными видами модуляции, в том числе цифровыми.

Векторные генераторы сигналов отличаются своей гибкостью, быстродействием и интуитивно понятному управлению. Такой генератор сигнала будет превосходным инструментом для создания сложных, высококачественных сигналов.



Рисунок 7 - Измерительный генератор



Рисунок 8 - Генератор импульсных сигналов



ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ



Рисунок 9 – Генераторы сигналов высокочастотные

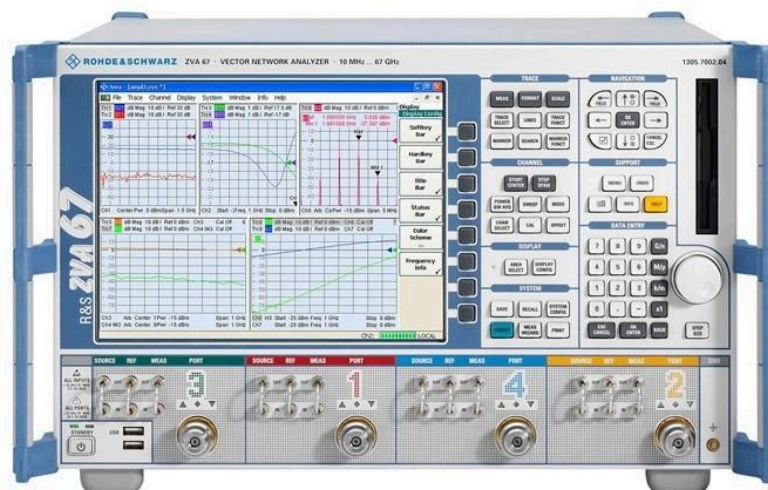


Рисунок 10 – Векторный анализатор цепей ZVA50

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды импульсных сигналов и опишите их параметры.
2. Какие типы импульсных устройств строят на транзисторах?
3. Какие генераторы применяются для проверки устройств на помехоустойчивость и помехозащищенность?

Задание для самостоятельной работы:

1. Просмотреть все видео, указанные в литературе
2. Краткий конспект лекции.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы
4. Фотографию практической работы прислать в личном сообщении ВК <https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 3.05.2023, группа ХКМ 2/1 «Электротехника и основы электроники»