

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Промышленная электроника»

В. А. Карпов, О. М. Ростокина

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2012

УДК 681.38.061(075.8)
ББК 32.844я73
К26

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 26.12.2011 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *В. С. Захаренко*

Карпов, В. А.
К26 Преобразовательная техника : лаборатор. практикум по одному. дисциплине для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» днев. и заоч. форм обучения / В. А. Карпов, О. М. Ростоккина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 22 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://alis.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

Продолжает цикл лабораторных работ по дисциплине «Преобразовательная техника». Приведены основные теоретические сведения и задания, необходимые для выполнения лабораторных работ.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» дневной и заочной форм обучения.

УДК 681.38.061(075.8)
ББК 32.844я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Лабораторная работа № 9	5
3. Лабораторная работа № 10	13

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

Предисловие

Настоящий лабораторный практикум предназначен для практического освоения дисциплины «Преобразовательная техника» и содержит две лабораторные работы с основными теоретическими сведениями по теме лабораторной работы, ходом ее выполнения и вопросами, позволяющими контролировать степень усвоения материала.

Практическое пособие соответствует рабочей программе «Преобразовательная техника», лекционному курсу и позволит лучше освоить данную дисциплину.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ЛОГАРИФМИЧЕСКИЕ И АНТИЛОГАРИФМИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ.

Цель работы – исследовать реализацию нелинейных математических операций при помощи логарифмических и антилогарифмических усилителей.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Схема логарифмического усилителя изображена на рис. 1.

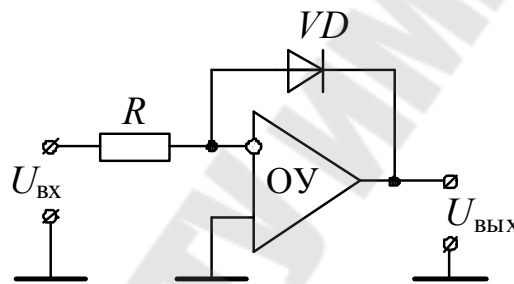


Рис. 1. Логарифмический усилитель

$$I_{\text{д}} = I_0 \cdot e^{\frac{U_{\text{д}}}{m \cdot \varphi_{\text{T}}}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{R},$$

$$1 < m < 2,$$

$$\ln\left(\frac{I_{\text{д}}}{I_0}\right) = \frac{U_{\text{д}}}{m \cdot \varphi_{\text{T}}}, \quad U_{\text{д}} = m \cdot \varphi_{\text{T}} \cdot \ln\left(\frac{I_{\text{д}}}{I_0}\right) = m \cdot \varphi_{\text{T}} \cdot \ln\left(\frac{U_{\text{ВХ}}}{I_0 \cdot R}\right),$$

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ВЫХ}},$$

где $I_{\text{д}}$ – ток диода;

m – конструктивная постоянная, определяющая тип диода;

φ_{T} – температурный потенциал;

I_0 – обратный ток диода.

Недостатки данной схемы:

- 1) зависимость $I_{\text{д}}$ от тока I_0 и температуры;
- 2) выходное напряжение зависит от температуры.

Логарифмическая зависимость транзисторного диода намного ближе к идеальной, поэтому в качестве логарифмического элемента чаще используется транзистор.

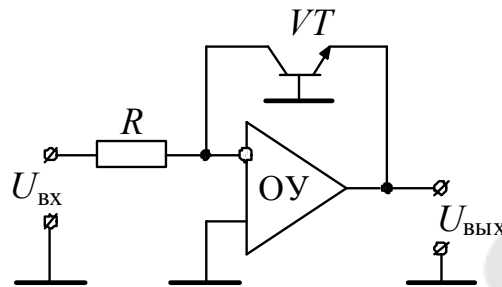


Рис.2. Логарифмический усилитель на транзисторе

$$\ln\left(\frac{I_{\text{д}}}{I_0}\right) = \frac{U_{VT}}{\varphi_T},$$

$$U_{VT} = \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{I_{\text{д}}}{I_0}\right) = m \cdot \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{U_{\text{ВХ}}}{I_0 \cdot R}\right).$$

Недостатки:

- 1) ток обратного смещенного перехода зависит от температуры;
- 2) выходной сигнал зависит от температуры;
- 3) транзистор, включённый в цепь ООС в усилительном режиме, повышает коэффициент усиления усилителя, при этом схема становится склонной к генерации.

Для борьбы с изменением тока I_0 используется дифференциальное включение согласованных транзисторов.

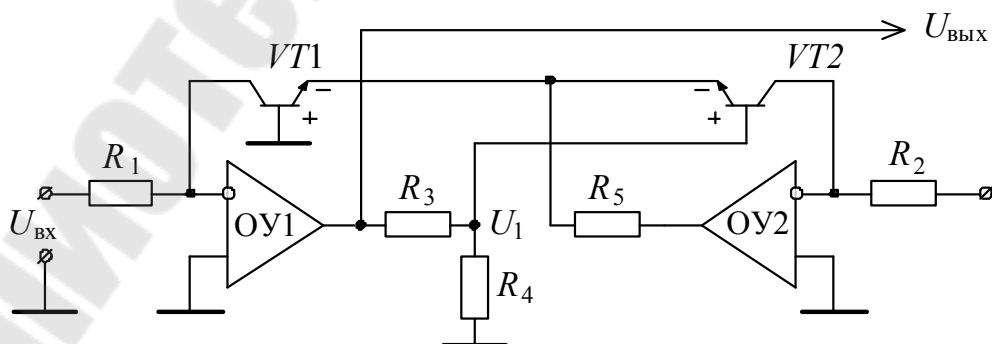


Рис. 3. Логарифмический усилитель с дифференциальным включением согласованных транзисторов

Если $VT1$ и $VT2$ – согласованная пара, то $I_{o1} = I_{o2} = I_o$.

$$U_{\text{бэ1}} = U_1 + U_{\text{бэ2}}.$$

$$I_1 = I_o \cdot e^{\frac{U_{\text{бэ1}}}{\varphi_T}}, \quad I_2 = I_o \cdot e^{\frac{U_{\text{бэ2}}}{\varphi_T}}.$$

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{\frac{U_{\text{бэ1}} - U_{\text{бэ2}}}{\varphi_T}} = e^{\frac{U_1}{\varphi_T}}, \quad U_1 = \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{I_1}{I_2}\right).$$

$$U_{\text{вых}} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{U_{\text{вх}} \cdot R_2}{U_{\text{оп}} \cdot R_1}\right),$$

$$U_{\text{вых}} = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \cdot \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{U_{\text{вх}} \cdot R_2}{U_{\text{оп}} \cdot R_1}\right).$$

Резистор R_5 служит для ограничения тока переходных режимов через транзистор.

Недостаток схемы: подверженность влиянию температуры окружающего воздуха.

Иногда в качестве резистора R_4 используется термоэлемент, температурный коэффициент которого должен обеспечивать неизменность коэффициента перед логарифмом:

$$1 + \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{\varphi_T}, \quad \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{\varphi_T} - 1, \quad R_4 = \frac{R_3}{\frac{1}{\varphi_T} - 1}.$$

Схема может обеспечивать точность 2% в диапазоне изменения входных токов в пределах 4-5 порядков.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Всего в лабораторной работе исследуется шесть схем: схема логарифмического усилителя на диоде (рис. 4), схема логарифмического усилителя на транзисторе (рис. 5), схема логарифмического усилителя с дифференциальным включением согласованных транзисторов (рис. 6), схема экспоненциального усилителя на диоде (рис. 7), схема экспоненциального усилителя на транзисторе (рис. 8), схема экспоненциального усилителя с дифференциальным включением согласованных транзисторов (рис. 9). В ходе проведения эксперимента необходимо снять передаточные характеристики преобразователей.

В схемах использованы следующие обозначения:

- источник питания (ИП);
- регулируемый источник стабилизированного напряжения (РИСН);
- схема задания диапазонов напряжения (СЗДН);
- схема задания диапазонов тока (СЗДТ);
- лабораторный амперметр для измерения входного тока (А);
- лабораторный вольтметр для измерения напряжения входного сигнала (V);
- VD , VT – нелинейные элементы, аппроксимирующие логарифмическую характеристику.

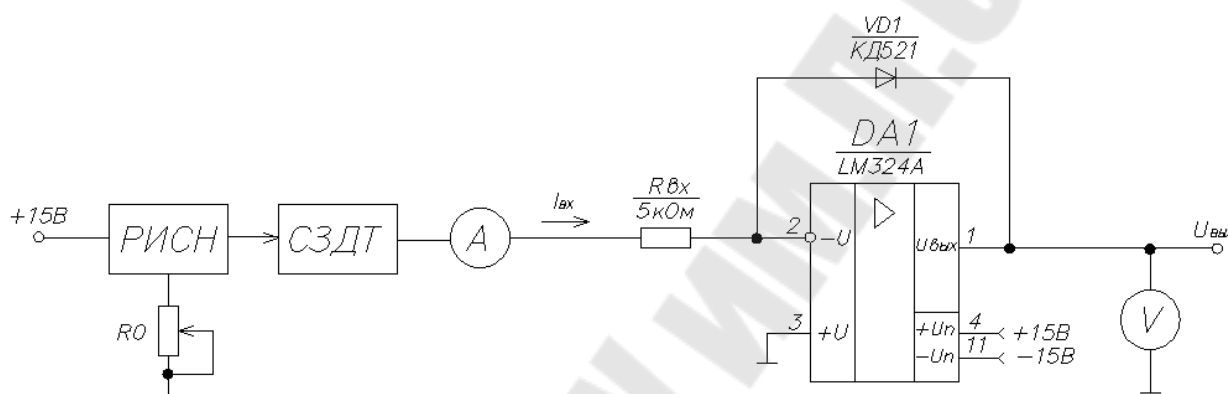


Рис. 4. Схема снятия характеристик исследуемого логарифмического преобразователя на диоде

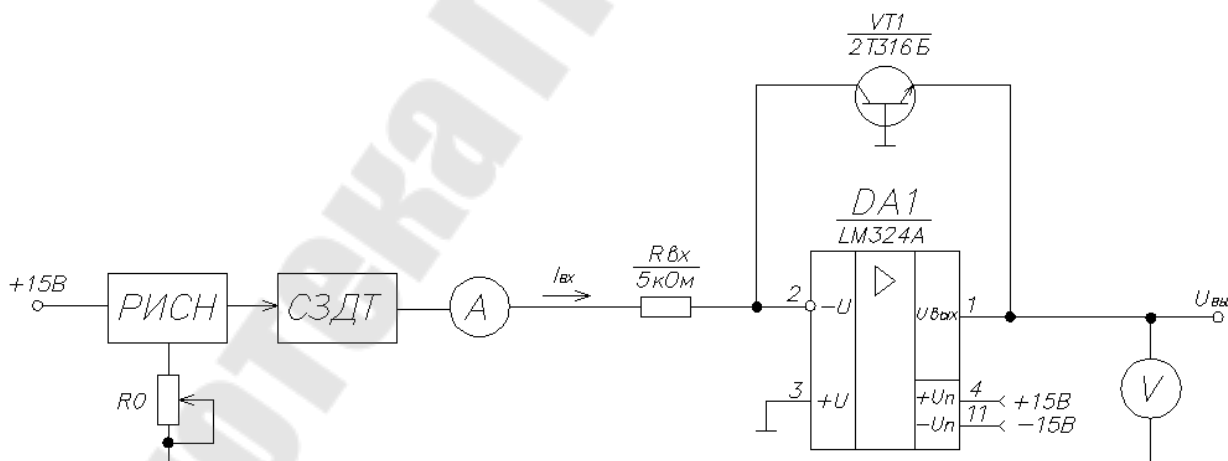


Рис. 5. Схема снятия характеристик исследуемого логарифмического преобразователя на транзисторе

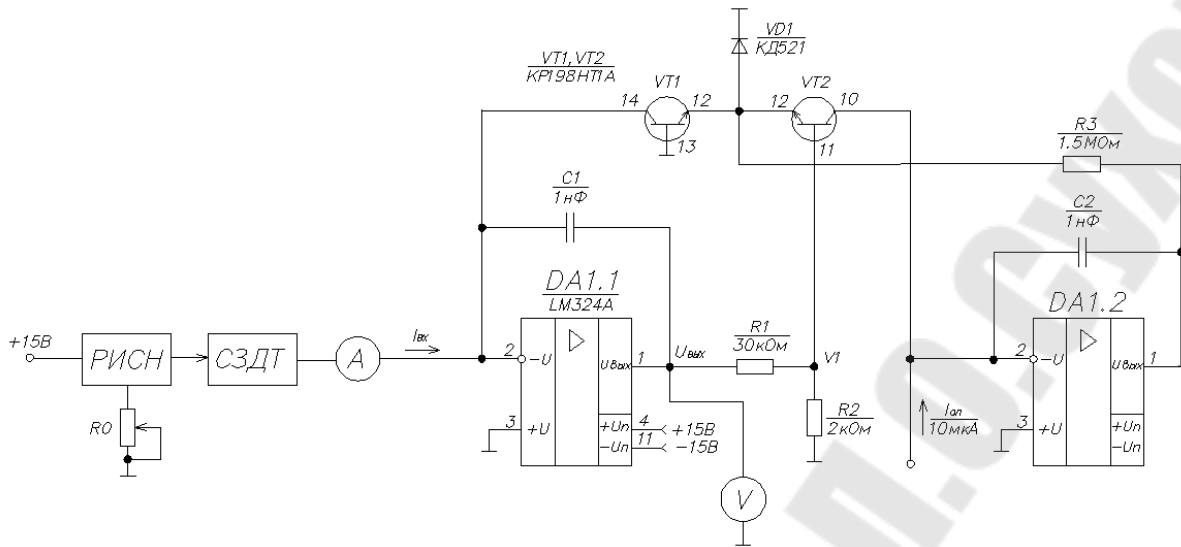


Рис. 6. Схема электрическая принципиальная дифференциального логарифмического преобразователя

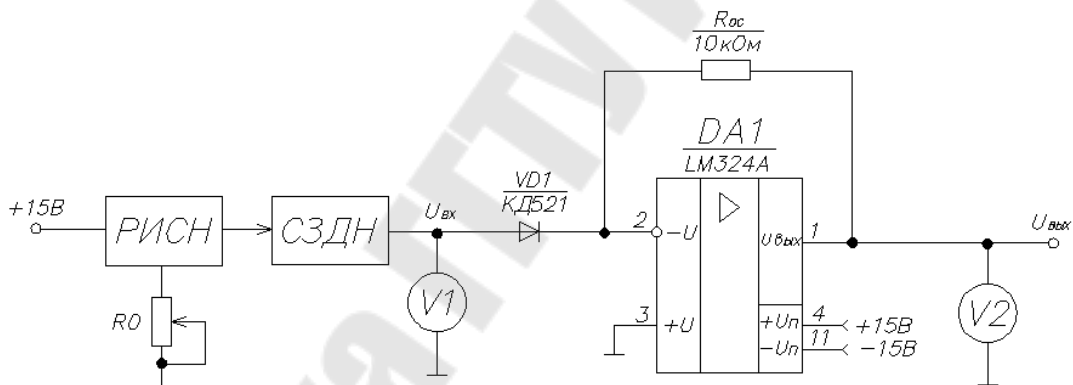


Рис.7. Схема снятия характеристик экспоненциального усилителя на диоде

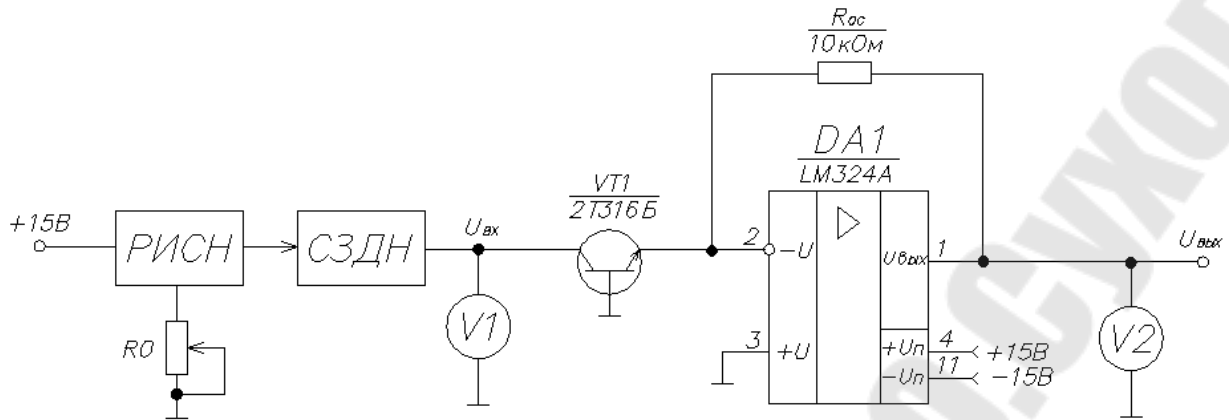


Рис. 8. Схема снятия характеристик экспоненциального усилителя на транзисторе

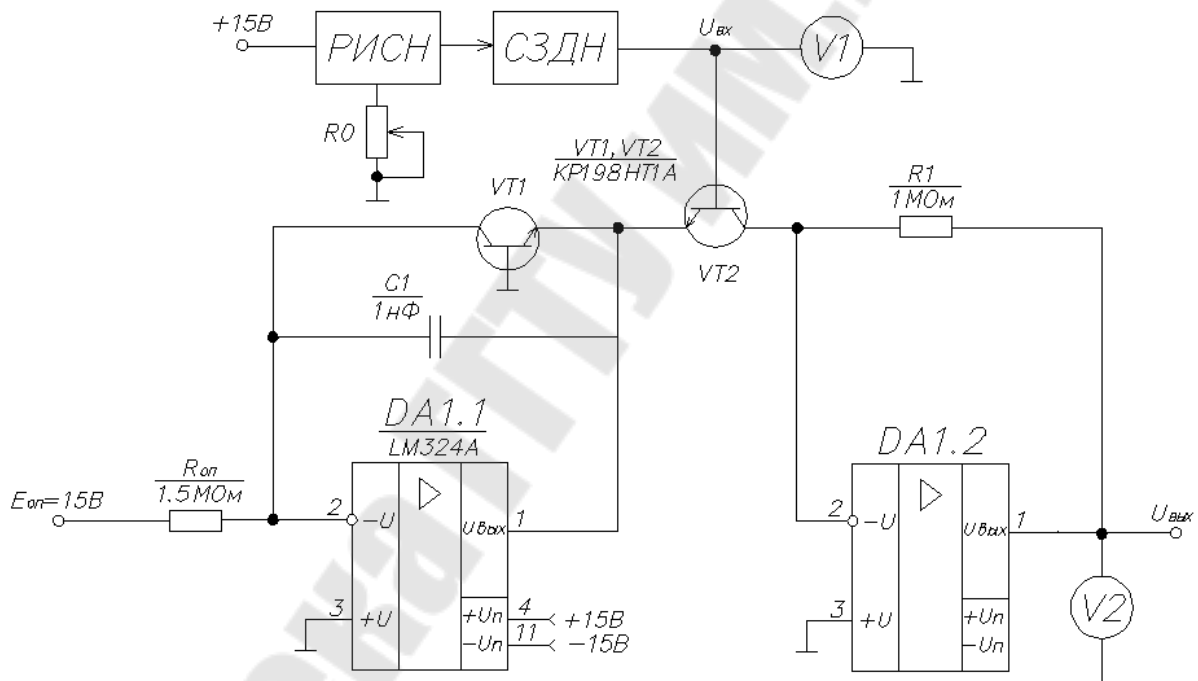


Рис. 9. Схема электрическая принципиальная дифференциального экспоненциального преобразователя

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Лабораторный источник напряжений $\pm 15\text{В}$.
2. Макет лабораторного стенда № 10 по ПТ.
3. Вольтметр В7-37 со шнуром – 2 шт.
4. Соединительные провода (6 шт.).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ

По схемам на рис. 4-6 провести расчёт передаточных характеристик и заполнить таблицу 1. Для схем 6-9 выполнить аналогичный расчёт и заполнить таблицу 2.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛОГАРИФИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ

2.1. Зарисовать в отчёт схемы эксперимента (рис. 4-6).

2.2. Подать на вход схемы рис. 4 напряжение $\pm 15\text{В}$.

2.3. Задавая входной ток в диапазоне 50-800 мкА, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного тока. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 1.

2.4. Подать на вход схемы рис. 5 напряжение $\pm 15\text{В}$.

2.5. Задавая входной ток в диапазоне 50-1000 мкА, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного тока. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 1.

2.6. Подать на вход схемы рис. 6 напряжение $\pm 15\text{В}$.

2.7. Задавая входной ток в диапазоне 50-1000 мкА, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного тока. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты исследований логарифмических усилителей

Логарифмический преобразователь на диоде														
Входной ток, мкА	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Выходное напряжение (расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														
Логарифмический преобразователь на транзисторе														
Входной ток, мкА	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Выходное напряжение														

(расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														
Логарифмический преобразователь с дифференциальным включением транзисторов														
Входной ток, мкА	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Выходное напряжение (расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

3.1. Зарисовать в отчёт схемы эксперимента (рис. 7-9).

3.2. Подать на вход схемы рис. 7 напряжение $\pm 15\text{В}$.

3.3. Задавая входное напряжение в диапазоне 3-750 мВ, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного напряжения. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

3.4. Подать на вход схемы рис. 8 напряжение $\pm 15\text{В}$.

3.5. Задавая входное напряжение в диапазоне 3-630 мВ, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного напряжения. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

3.6. Подать на вход схемы рис. 9 напряжение $\pm 15\text{В}$.

3.7. Задавая входное напряжение в диапазоне 50-580 мВ, снять зависимость выходного напряжения логарифмического усилителя от входного напряжения. Выходное напряжение контролировать вольтметром. Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты исследований логарифмических усилителей

Экспоненциальный преобразователь на диоде														
Входное напряжение, мВ	3													750
Выходное														

напряжение (расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														
Экспоненциальный преобразователь на транзисторе														
Входное напряжение, мВ	3													630
Выходное напряжение (расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														
Экспоненциальный преобразователь с дифференциальным включением транзисторов														
Входное напряжение, мВ	50													580
Выходное напряжение (расчёт), В														
Выходное напряжение (эксперимент), В														

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

4.1. Построить и сравнить полученные теоретические и экспериментальные зависимости.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Наименование и номер работы. Цель работы. Схемы исследуемых преобразователей. Заполненные по результатам выполнения работы таблицы 1 и 2. Графики полученных зависимостей. Выводы по результатам выполнения работы и сравнения полученных характеристик.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Логарифмический преобразователь на диоде: схема, коэффициент передачи.
2. Логарифмический преобразователь на транзисторе: схема, коэффициент передачи.
3. Логарифмический преобразователь с дифференциальным включением транзисторов: схема, коэффициент передачи.
4. Экспоненциальный преобразователь на диоде: схема, коэффициент передачи.
5. Экспоненциальный преобразователь на транзисторе: схема, коэффициент передачи.
6. Экспоненциальный преобразователь с дифференциальным включением транзисторов: схема, коэффициент передачи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 УСИЛИТЕЛЬ МАЛЫХ СИГНАЛОВ С ТРАКТОМ МОДУЛЯТОР-ДЕМОДУЛЯТОР

Цель работы: ознакомиться с назначением, изучить принцип действия, особенности работы и расчёта элементов тракта модулятор-демодулятор.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Усиление малых сигналов (микровольтового уровня) сложно осуществить с высокой точностью усилителем постоянного тока, так как УПТ усиливает не только полезный сигнал, но и соизмеримый с ним сигнал ошибки, обусловленный, например, температурным дрейфом напряжения смещения УПТ – $dU_{см}/dt$. Такую ошибку нельзя исключить ручной подстройкой.

Радикальным методом уменьшения $U_{см}$ до десятков микровольт, а дрейфа – до 0.1 мкВ/°С при усилении малых сигналов стало применение структуры модулятор-демодулятор (МДМ) [1, с.38-39]. Уменьшение влияния напряжения ошибки, его температурного и временного дрейфа при таком способе усиления достигается тем, что в тракте МДМ используется усилитель не постоянного, а переменного тока. Такой усилитель не пропускает постоянную и передаёт на свой выход только переменную составляющую усиленного сигнала. В результате в выходном сигнале усилителя отсутствует сигнал ошибки, обусловленный смещением и температурным дрейфом смещения каскадов усилителя.

Рассмотрим подробнее назначение и работу блоков тракта МДМ. Структурная схема тракта МДМ показана на рис.1.

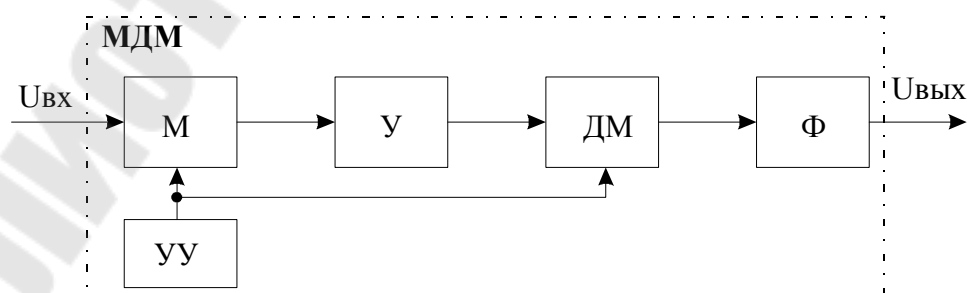


Рис.1. Усилитель с трактом модулятор-демодулятор

Устройство управления УУ вырабатывает импульсный сигнал частотой $f_m = 1/T$ (T – период модулирующих колебаний), которым осуществляется синхронное управление работой ключей модулятора М и демодулятора ДМ. Частота модуляции f_m должна намного превышать максимальную частоту входного напряжения модулятора $U_{вх}$ (обычно $f_m \geq 10 \cdot f_{вх.макс.}$).

Модулятор преобразует постоянный входной сигнал в переменный. Дрейф нуля устраняется введением после модулятора усилителя переменного тока У. Демодулятор преобразует переменный усиленный сигнал в постоянный. Фильтр Ф необходим для выделения среднего значения из выходного сигнала демодулятора, а также для сглаживания высокочастотной составляющей, обусловленной проникновением через паразитные ёмкости ключей модулятора и демодулятора высших гармоник от импульсных управляющих напряжений в информационный канал схемы.

Рассмотрим особенности работы конденсаторного модулятора. В схеме модулятора (рис.2а) используется реальное дифференцирующее звено и два ключа.

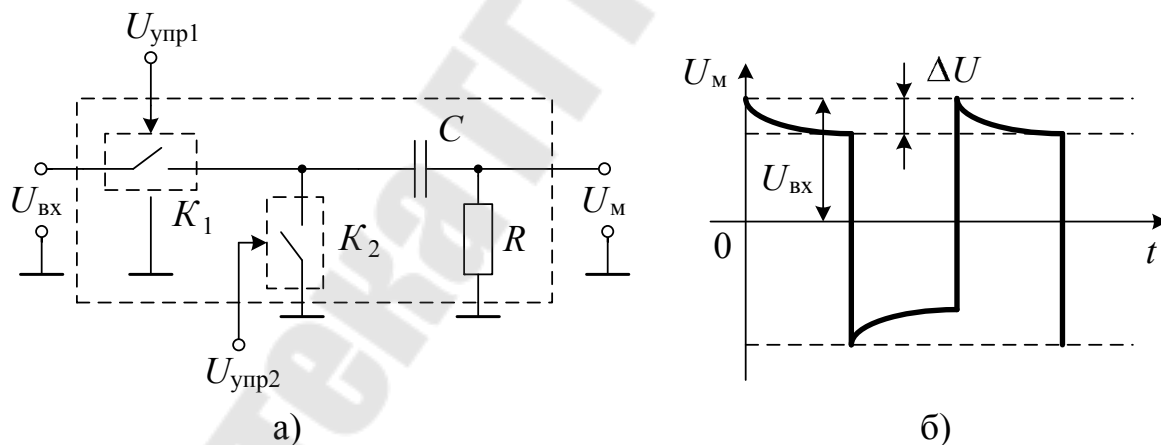


Рис.2. К пояснению работы конденсаторного модулятора

Ключи K_1 и K_2 управляются противофазными импульсными напряжениями $U_{упр1}$ и $U_{упр2}$ (когда ключ K_1 замкнут, ключ K_2 – разомкнут, и наоборот). Время замкнутого и разомкнутого состояния ключей одинаково и составляет $T/2$. На рис.3 показаны схемы замещения конденсаторного модулятора для двух возможных случаев состояния ключей K_1 и K_2 .

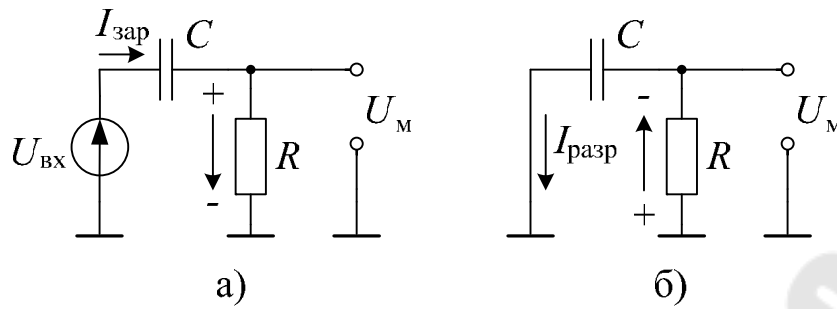


Рис.3. Схемы замещения конденсаторного модулятора:
а – ключ K_1 замкнут, ключ K_2 разомкнут;
б – ключ K_1 разомкнут, ключ K_2 замкнут.

В первый момент времени после замыкания ключа K_1 , и размыкания K_2 (рис.3а), выходное напряжение модулятора (при условии, что в момент $t = 0$ конденсатор разряжен):

$$U_M(t) = U_{\text{ВХ}} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \text{ где } \tau = RC. \quad (1)$$

Согласно (1) после замыкания K_1 в первый момент времени ($t=0$) напряжение на выходе модулятора будет равно $U_{\text{ВХ}}$. Период T модулирующих колебаний выбирается так, чтобы переключение ключей в противоположное состояние (рис.3б) происходило до того момента, когда напряжение на выходе модулятора снизится до нуля. Поэтому к моменту $t = T/2$ (момент очередного переключения ключей) напряжение на выходе модулятора в соответствии с (1) составит

$$U_M(T/2) = U_{\text{ВХ}} \cdot e^{-\frac{T}{2\tau}}, \quad (2)$$

а напряжение на конденсаторе

$$U_C(T/2) = U_{\text{ВХ}} - U_M(T/2) = U_{\text{ВХ}} \left(1 - e^{-\frac{T}{2\tau}} \right) \quad (3)$$

После переключения ключей (K_1 – разомкнут, K_2 – замкнут, (рис.3б) напряжение $U_M(t)$ будет определяться разрядным током конденсатора, заряженного, согласно (3), до напряжения $U_C(T/2)$ и:

$$U_M(t) = R \cdot i_C = R \cdot C \frac{dU_C}{dt} \quad (4)$$

Теперь напряжение на конденсаторе (схема рис.3б) будет определяться выражением:

$$U_c(t) = U_c(T/2) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (5)$$

где $U_c(T/2)$ – напряжение на конденсаторе к моменту $T/2$.

С учетом (5) формула изменения напряжения на выходе модулятора во второй половине периода T модулирующих колебаний:

$$U_m(t) = -R \cdot C \frac{1}{\tau} U_c(T/2) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -U_c(T/2) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (6)$$

После многократного переключения ключей наступает установившийся режим, при котором напряжение на выходе модулятора будет иметь вид, представленный на рис.2б. Т.е. коэффициент передачи модулятора K_m при $\tau_m \rightarrow \infty$ равен $\frac{1}{2}$ (отношение амплитуды выходного сигнала модулятора к входному). Погрешность ΔU выходного напряжения модулятора обусловлена потерей конденсатором части заряда под влиянием токов утечки и входного тока усилителя, на который нагружен модулятор.

Ключи релейного демодулятора работают синхронно с ключами модулятора. На выход пассивного демодулятора проходят усиленные импульсы только одной полярности (на рис.4 показаны штриховкой).

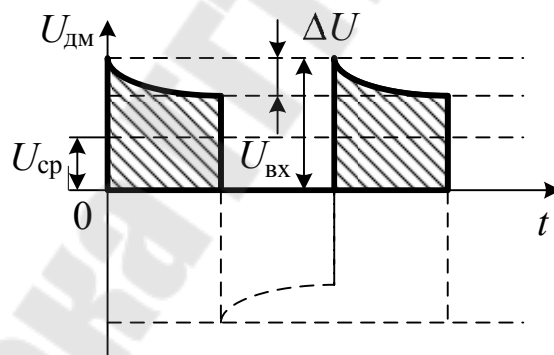


Рис 4. Диаграмма, иллюстрирующая формирование выходного напряжения тракта МДМ

Фильтр служит для получения напряжения $U_{ср}$, пропорционального осредненным за период T вольт-секундным площадям выходного сигнала демодулятора. Поэтому коэффициент передачи $K_{дм} \cdot K_{ф}$ последовательно включенных блоков демодулятора и фильтра при $\tau_m \rightarrow \infty$ можно считать равным $\frac{1}{2}$ (отношение среднего значения выходного сигнала фильтра к

амплитуде входного импульсного сигнала демодулятора). Таким образом, в рассмотренной схеме коэффициент передачи тракта модулятор-демодулятор составляет не более:

$$K_{\text{мдм}} = K_{\text{м}} K_{\text{ус}} K_{\text{дм}} K_{\text{ф}} = K_{\text{ус}} / 4.$$

Способ усиления малых сигналов по схеме МДМ реализован по интегральной технологии в микросхемах К140УД13 (УД17) [1, с.39]. Микросхемы содержат модулятор, демодулятор, усилитель переменного тока, основной усилитель и фильтры. Перед усилением входной сигнал разделяется на высокочастотную и низкочастотную составляющие. Низкочастотная составляющая модулируется, а затем модулированный сигнал усиливается усилителем переменного тока. С выхода усилителя переменного тока сигнал поступает на демодулятор, который восстанавливает усиленную низкочастотную составляющую входного сигнала. После демодулятора сигнал проходит через фильтр низкой частоты и подается на сумматор, где складывается с усиленной основным усилителем высокочастотной составляющей входного сигнала. Недостатком таких усилителей является пониженное быстродействие вследствие влияния динамических свойств тракта МДМ – в динамике реакция тракта МДМ на единичный скачок по огибающей соответствует пропорционально-дифференцирующему или инерционному звену.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Схема, формирующая управляющие напряжения необходимой частоты для работы М и ДМ, находится в верхней части лабораторного планшета. В неё входит RC-генератор прямоугольных импульсов (*DA1*), делитель по модулю 2 (*DD1.1*) и ключи на биполярных транзисторах (*VT1*, *VT2*). На микросхемах *DD2* и *DD1.2* собрана часть схемы, используемая при исследовании тракта МДМ в динамическом режиме.

При исследовании диаграмм работы схемы рекомендуется установить чувствительность осциллографа по первому и второму каналам 0,5В/дел. Установить синхронизацию по первому каналу. Входным переключателем осциллографа отключить 1-й канал и, регулируя ручку перемещения луча по вертикали, установить луч на линии разметки «время/дел». Перевести входной переключатель в положение, соответствующее открытому входу усилителя

вертикального отклонения луча. Аналогично произвести настройку 2-го канала.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Лабораторный источник напряжений $\pm 15\text{В}$.
2. Макет лабораторного стенда «Усилитель с тактом МДМ».
3. Осциллограф С1-83 (С1-93) с двумя шнурами.
4. Вольтметр В7-37 со шнуром.
5. Соединительные провода (3 шт.).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. ПОДГОТОВКА К ИССЛЕДОВАНИЮ

Зарисовать в отчёт схему тракта МДМ (без схем управления ключами, делителя (R_{17} , R_{18} , R_{19}) и источника входного сигнала на стабисторе).

Выписать в отчет указанные на планшете значения номиналов элементов модулятора, усилителя, разделительных RC -цепей, фильтра. С помощью соединительных проводов подать на планшет питающие напряжения $\pm 15\text{В}$. и установить регулировкой R_{21} максимальное значение постоянной времени модулятора $\tau_m = C_6(R_{20} + R_{21})$ (при необходимости измерения R_{21} переключатель $SA1$ надо временно перевести в положение «вкл» для подключения верхнего по схеме вывода R_{21} к свободному гнезду). Рассчитать и указать в отчете постоянную времени модулятора τ_m , коэффициент усиления усилителя (ОУ $DA2.1$, $DA2.2$), постоянные времени усилителя $\tau_{ус}$ и демодулятора $\tau_{дм}$.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАКТА МДМ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

2.1. Используя осциллограф убедиться в наличии импульсных управляющих напряжений на затворах полевых транзисторов модулятора и демодулятора.

2.2. Установить максимальную частоту модулирующих колебаний f_m . Перевести $SA3$ в положение ОТКЛ. Установить максимальный уровень сигнала на входе МДМ.

2.3. Зарисовать синхронно с сигналом с сигналом СИНХР1 (XP2) напряжения в контрольных точках XP5, XP6, XP7 и на выходе демодулятора VT7, VT8 (последнюю осциллограмму зарисовать дважды – для двух положений выключателя SA2). Осциллограммы должны быть выполнены в одном масштабе времени и с учётом постоянной составляющей.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТА МДМ

3.1. Снять зависимость напряжения с выхода АФНЧ (XP8) $U_{\text{ВЫХ.ИЗМ.}}$ от величины малого сигнала $U_{\text{ВХ.ИЗМ.}}$ и заполнить первые две строки таблицы 1:

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования тракта МДМ

№п/п											
$U_{\text{ВХ.ИЗМ.}}$, мВ											
$U_{\text{ВЫХ.ИЗМ.}}$, мВ											
$K_{\text{ДЕЛ.}} U_{\text{ВХ.ИЗМ.}}$, мВ											
$U_{\text{ВЫХ.}}$, В											
$\Delta U_{\text{ВЫХ.}}$, В											
$\delta, \%$											

3.2. Вычислив коэффициент передачи МДМ при максимальном входном сигнале, выполнить необходимые расчёты и заполнить остальные строки таблицы.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТРАКТА МДМ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ.

4.2. В динамическом режиме (синхронизация от сигнала СИНХР2, SA3 в положении ВКЛ.) зарисовать осциллограммы напряжений на выходе демодулятора при двух положениях переключателя SA2 и максимальных значениях: входного сигнала, частоты модулирующих колебаний, постоянной модулятора.

4.3. По виду огибающей выходного напряжения демодулятора в динамическом режиме (п. 4.1) определить характер цепи и рассчитать соответствующие этим цепям постоянные времени.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Наименование и номер работы. Цель работы. Таблица 1 с результатами расчетов и измерений. Принципиальная схема тракта МДМ. Диаграммы исследований работы схемы в статическом и динамическом режимах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Усилитель с трактом МДМ: блок-схема, назначение и принцип действия.
2. Конденсаторный модулятор: схема, работа.
3. Связь постоянной времени конденсаторного модулятора со средним значением выходного сигнала модулятора U_{cp} за половину периода модулирующего сигнала.
4. Зависимость постоянной модулятора от частоты модулирующих колебаний и погрешности δ , определяющей отклонение U_{cp} от $U_{вх}/2$.
5. Необходимый коэффициент усиления усилителя $K_{ус}$ в тракте МДМ при известных величинах постоянной модулятора, частоте модулирующих колебаний, входного и выходного сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломбет, Е. А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов // Е. А. Коломбет. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с.

**Карпов Владимир Александрович
Ростокина Ольга Михайловна**

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Лабораторный практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 05.06.12.

Рег. № 8Е.
<http://www.gstu.by>