

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Промышленная электроника»

В. А. Карпов, В. А. Хананов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

ПРАКТИКУМ

для студентов специальности 1-36 04 02

«Промышленная электроника»

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2015

УДК 621.317.39 (075.8)
ББК 32.96-04я73
К26

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных систем ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 29.12.2014 г.)*

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

Карпов, В. А.

К26

Специальные измерения в промышленной электронике : практикум для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» днев. и заоч. форм обучения / В. А. Карпов, В. А. Хананов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 23 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://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Изложены цель работы, основные теоретические сведения, методика проведения экспериментов, перечень материала, необходимого для оформления отчета, контрольные вопросы для защиты лабораторной работы и список рекомендованной литературы.

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

УДК 621.317.39(075.8)
ББК 32.96-04я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2016

Лабораторная работа №4

Исследование корнеизвлекающего устройства для расходомера переменного перепада давления

Цель работы: ознакомиться с назначением, изучить принцип действия, работу корнеизвлекающего устройства.

1 Теоретические сведения

Поскольку выходной сигнал дифференциально-трансформаторного датчика пропорционален квадрату скорости вещества, прошедшего через трубопровод, то для получения линейной зависимости необходимо извлечь квадратный корень. Интегральные аналоговые перемножители сигналов не обеспечивают требуемой точности. Например аналоговый перемножитель сигналов КР525ПС2 перемножает с приведенной погрешность 1%, а для дифмонометрических расходомеров требуется относительная погрешность $<0.1\%$. Такую точность обеспечивают времяимпульсные перемножители сигналов. Функциональная схема корнеизвлекающего устройства на основе микросхемы перемножителя сигналов (например КР525ПС2) приведена на рис 1.

В отрицательную обратную связь усилителя ставится квадратор, в результате напряжение на выходе усилителя равно квадратному корню из входного. БЗ- блок защиты, предназначенный для предотвращения возникновения положительной обратной связи при подаче на вход корнеизвлекающего устройства отрицательного напряжения.

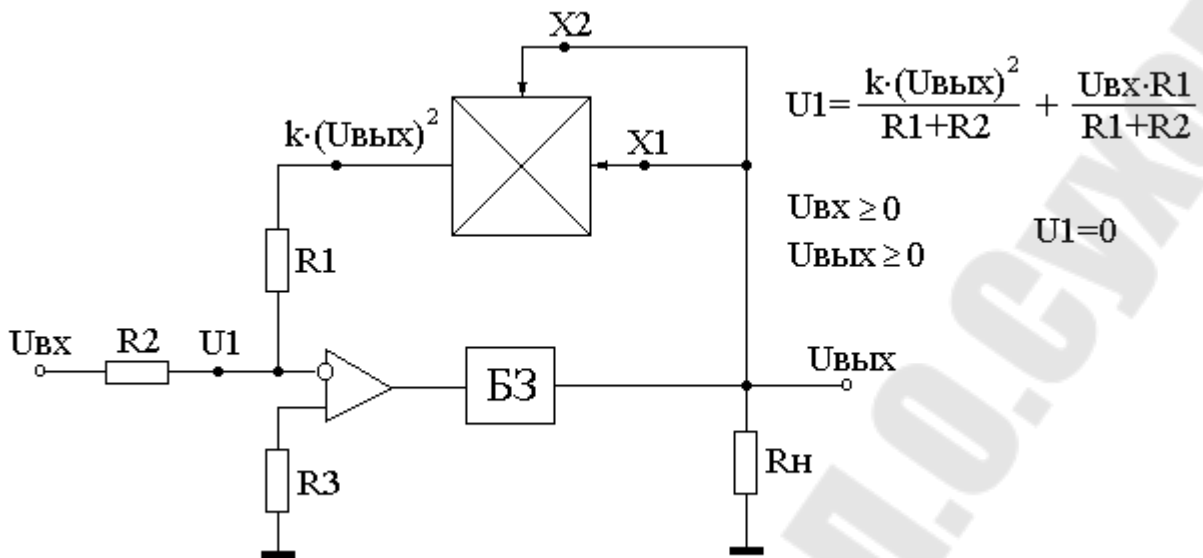


Рисунок 1 - Функциональная схема корнеизвлекающего устройства на основе перемножителя

Функциональная схема времяимпульсного перемножающего устройства приведена на Рис. 2,

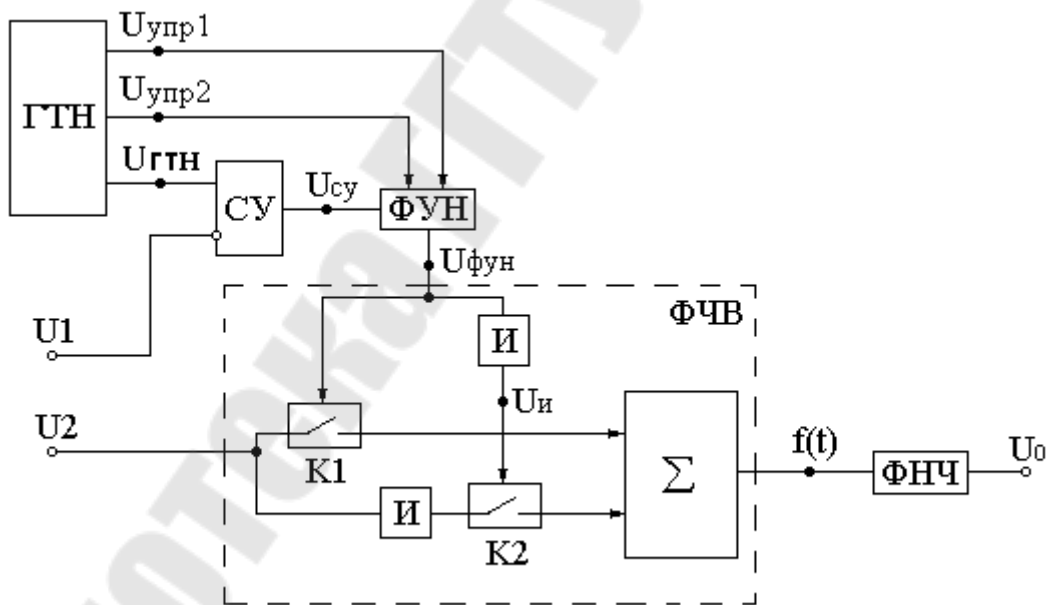


Рисунок 2 - Функциональная схема времяимпульсного перемножителя

где ГТН - генератор треугольного напряжения .

СУ - сравнивающее устройство.

ФУН - формирователь управляющего напряжения.

И - инвертор.

K1,K2 -ключи.

Σ - блок выделения постоянной составляющей

Напряжение U_1 , сравниваемое СУ с напряжением ГТН преобразуется в длительность импульса (широтно-импульсная модуляция), который модулируется по амплитуде (амплитудная модуляция) напряжением U_2 , при помощи ключей K1 и K2. Блок Σ производит сложение сигналов U_2 и $-U_2$ длительности которых зависят от U_1 , если $U_1=0$ В, то длительности сигналов U_2 и $-U_2$ равны, а среднее значение $f(t)$ равно 0 ($U_0 = 0$ В). ФНЧ осуществляет выделение среднего значения импульсного сигнала $f(t)$. Временные диаграммы, поясняющие работу перемножителя приведены на рис. 3.

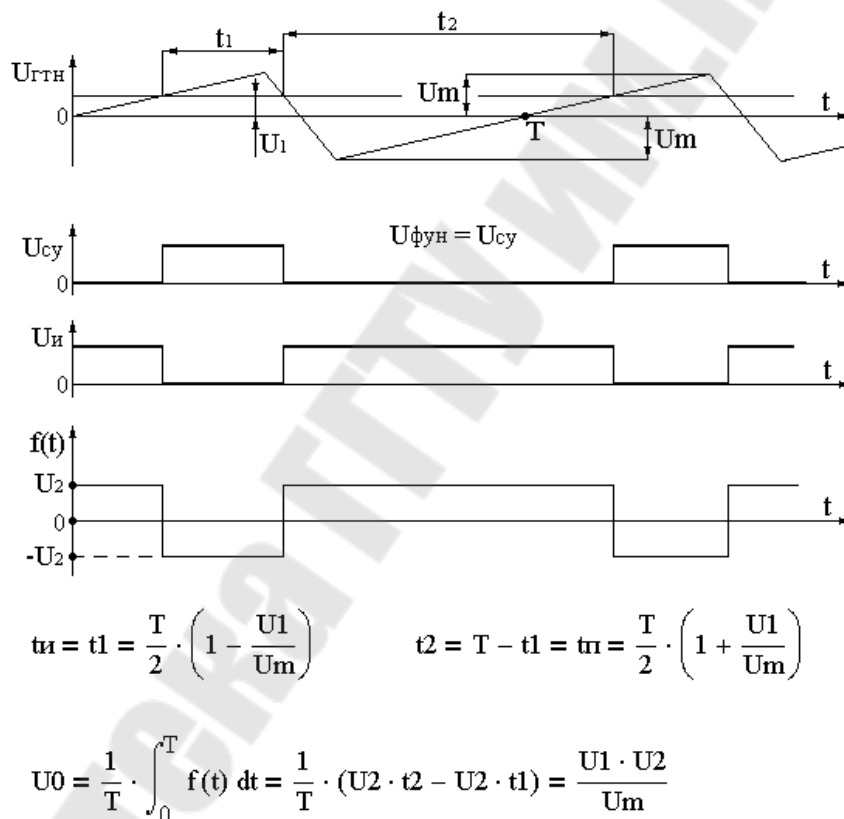


Рисунок 3 - Временные диаграммы, поясняющие работу перемножителя

1.1 Блок формирования управляющего напряжения

Блок формирует напряжение, управляющее работой ключей K1, K2 множительного устройства. Работу блока поясняют временные диаграммы на рис. 4. На вход блока ФУН подается напряжение с выхода сравнивающего устройства (СУ). Управляет работой блока

два противофазных напряжения $U_{уп1}$ и $U_{уп2}$, вырабатываемые блоком ГТН.

Блок ФУН устраняет паразитные импульсы на фронтах напряжения $U_{сy}$, появляющиеся во время работы сравнивающего устройства. Блок ФУН представляет собой модификацию RS триггера. При высоком уровне напряжения $U_{уп1}$ ($U_{уп1} = H$, $U_{уп2} = L$) активизируется S вход RS триггера, и триггер срабатывает по первому положительному фронту напряжения $U_{сy}$. На выходе блока ФУН устанавливается высокий уровень ($U_{сy} = H$) и до смены уровней управляющих напряжений $U_{уп1}$ и $U_{уп2}$ блок ФУН нечувствителен к изменениям напряжения $U_{сy}$.

При появлении высокого уровня напряжения $U_{уп2}$ ($U_{уп2} = H$) и низкого уровня напряжения $U_{уп1}$ активизируется R вход RS-триггера.

Триггер срабатывает по первому отрицательному фронту напряжения $U_{сy}$. На выходе блока ФУН устанавливается низкий уровень и смены уровней управляющих напряжений $U_{уп1}$ и $U_{уп2}$ блок ФУН чувствителен к изменениям напряжения $U_{сy}$. В дальнейшем весь цикл теряется. Блок ФУН качественно улучшает работу множительного устройства во всем диапазоне напряжений.

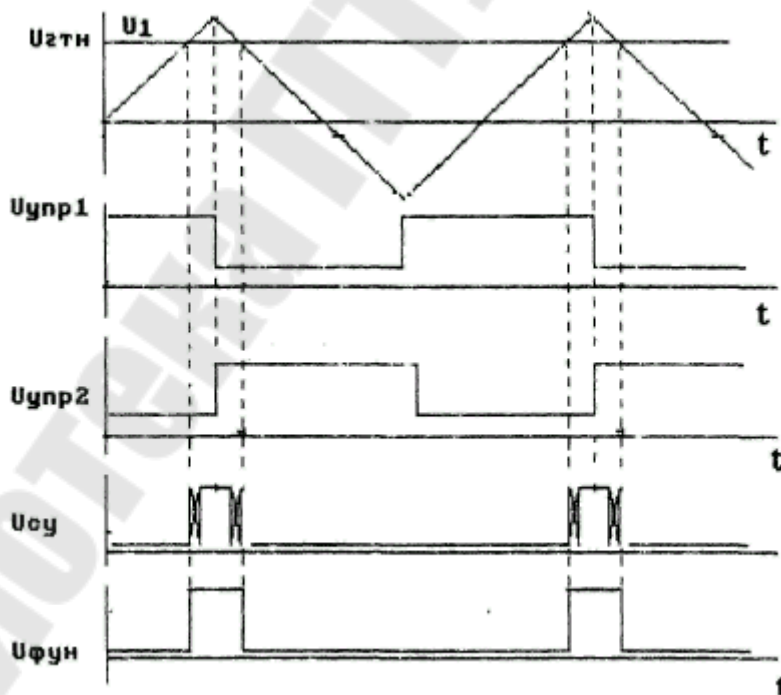


Рисунок 4 - Диаграмма, поясняющая работу ФУН

1.2 Генератор треугольного напряжения

Функциональная схема ГТН приведена на рис. 5.

ГТН, состоящий из интегратора ИНТ, двух компараторов К1 и К2, инвертора И, R-S триггера и ключа К, вырабатывает треугольное напряжение.

Частота ГТН определяется величиной емкости стоящей в интеграторе. Амплитуда треугольного напряжения определяется величиной напряжения $U_{оп2}$, которое является опорным для компараторов К1 и К2. Пусть R-S триггер находится в нулевом состоянии, тогда интегратор интегрирует напряжение $U_{оп1}$. Когда выходное напряжение интегратора достигает порога срабатывания одного из компараторов, R-S триггер перебросится в единичное состояние и интегратор начнет интегрировать напряжения другой полярности. Так формируется треугольное напряжение.

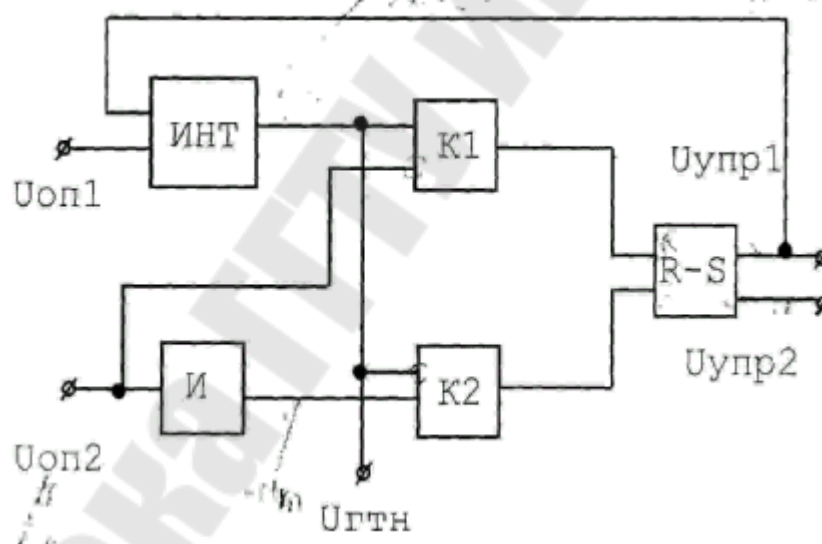


Рисунок 5 - Функциональная схема ГТН

1.3 Определение требований к ГТН

Погрешность множительного устройства в основном определяется параметрами генератора треугольного напряжения. Поэтому необходимо установить, как эти параметры влияют на линейность и стабильность преобразователя.

Введены следующие обозначения на рис. 5:

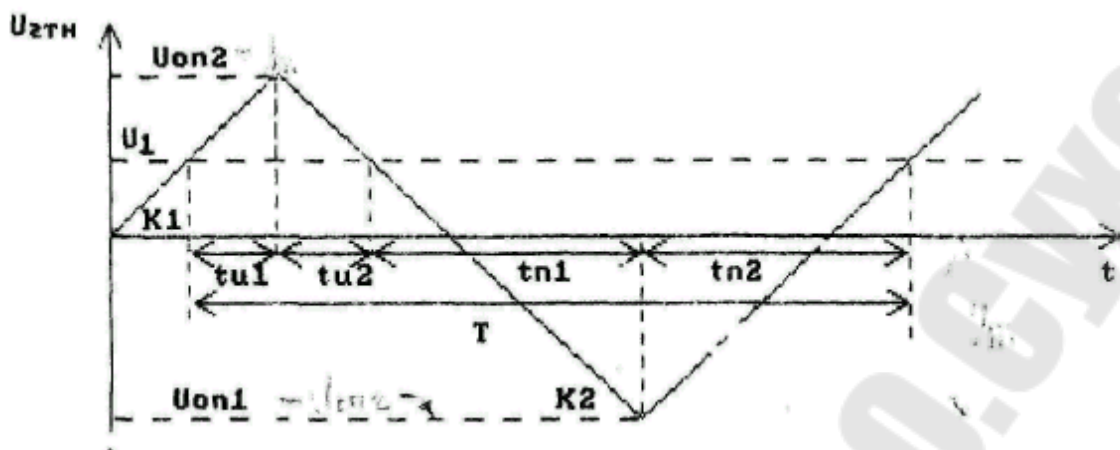


Рисунок 6 - Временные диаграммы напряжения $U_{гтн}$

Анализируя это выражение можно сделать следующие выводы:

1. Линейность преобразования не зависит от наклона нарастающей и спадающей частей треугольного напряжения.
2. Линейность преобразования зависит от стабильности и равенства положительного и отрицательного опорных напряжений.

Дополнительные погрешности в перемножителе возникают при:

1. Несинхронной работе ключей.
2. Изменении уровня постоянного напряжения на выходе устройства вследствие нестабильности утечек из цепей управления или из-за детектирования импульсных помех, возникающих при работе ключей.
3. Изменении временных характеристик ключей, а также их прямых и обратных сопротивлений вследствие изменения входного напряжения.

Все эти погрешности уменьшаются пропорционально отношению времени переключения к периоду следования импульсов, так что при низких частотах обеспечивается лучшая статическая точность. Однако частотная характеристика время-импульсного множительного устройства зависит от характеристик сглаживающего фильтра, который необходим для фильтрации постоянной составляющей выходного сигнала. Поэтому практически статическая и динамическая точность выбирается на основе некоторого компромисса.

1.4 Блок защиты

Входной сигнал, подаваемый на вход корнеизвлекающего устройства может, быть только положительный или равный нулю. При подаче на вход сигнала отрицательной полярности, обратная отрицательная связь превращается в положительную, что приводит к насыщению выходного напряжения без блока защиты. Вывести схему из насыщения может только снятие напряжения питания. Для того чтобы предотвратить «опрокидывание» схемы и предназначен блок защиты. При случайном появлении отрицательной полярности на входе корнеизвлекающего устройства БЗ разрывает обратную связь и на выходе устанавливается нуль. При последующей подаче на вход корнеизвлекающего устройства положительного сигнала работоспособность его сохраняется. Из этого следует, что отрицательный сигнал на его входе не является запрещенным.

2 Методика проведения эксперимента

2.1 Подключить лабораторный макет с корнеизвлекающим устройством к разъему дифмометрического расходомера с красной меткой. Расходомер подключить к магазину взаимной индуктивности в соответствии с рисунком. Включить осциллограф и расходомер в сеть.

2.2 Тремя переключателями магазина взаимной индуктивности установить значение 4мГн. Переключатель МО в нулевом положении.

2.3 Убедиться, что счетчик расходомера считает. В противном случае тумблер знака М переключить в другое положение.

2.4 Присоединить первый канал осциллографа к выходу генератора треугольного напряжения (точка 5) и включить внутреннюю синхронизацию по первому каналу. Зарисовать осциллограмму. С помощью второго канала осциллографа зарисовать осциллограммы в координатах треугольного напряжения на выходах

- триггера (точка 3)
- схемы сравнения (точка 7)
- формирователя напряжения, управляющего работой ключей (точка 8)
- модулятора (точка 10)
- корнеизвлекающего устройства (точка 6)
- и на входе корнеизвлекающего устройства (точка 11).

2.5 Увеличить взаимную индуктивность в 1,5-2 раза и повторить пункт 2.4

2.6 Определить погрешность корнеизвлекающего устройства. Для этого снять с помощью вольтметра зависимость $U_{\text{вых}}$ (точка 6) от $U_{\text{вх}}$ (точка 11) корнеизвлекающего устройства. $U_{\text{вх}}$ изменять магазином взаимной индуктивности от 0 до 10В с шагом 1В. Данные свести в таблицу.

Таблица 1

№	1	2	3	4		9	10
$U_{\text{вх}}$							
$U_{\text{вых}}$							
$U_{\text{вых. расч}}$							
$\Delta = U_{\text{вых}} - U_{\text{вых. расч}}$							
$\Delta_{\text{отн}}$							

$U_{\text{вых. расч}} = K_0 \cdot \sqrt{U_{\text{вх}}}$, где K_0 -коэффициент усиления корнеизвлекающего устройства.

2.7 Проверить работу схемы защиты корнеизвлекающего устройства от возникновения положительной обратной связи при подаче на вход отрицательного напряжения.

3 Содержание отчета

Наименование и номер работы. Цель работы. Диаграммы работы, схемы. Таблица с результатами расчетов и измерений, графики. Принципиальная схема корнеизвлекающего устройства, представленная на планшете.

4 Вопросы к защите лабораторной работы:

1. Принцип действия корнеизвлекающего устройства.
2. Принцип действия времяимпульсного перемножителя.
3. Описание работы блока формирования управляющего напряжения.
4. Описание работы генератора треугольного напряжения.
5. Определить требования к ГТН.
6. Зачем необходим блок защиты?

Литература

1. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985г.
2. ГОСТ 13607 – 89. Приборы и преобразователи электроизмерительные цифровые. Основные термины и определения.
3. Шарапов В.М. Датчики: Справочное пособие /Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. – М: Техносфера, 2012. –624 с.

Лабораторная работа №5

Исследование стабилизатора переменного напряжения на оптроне

Цель работы: ознакомиться с назначением, изучить принцип действия, работу и расчёт стабилизатора переменного напряжения на оптроне.

1 Теоретические сведения

Стабилизатор переменного напряжения (рис.1) предназначен для формирования переменного напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$ стабильной амплитуды и используется в устройствах питания датчиков информационных преобразователей [1, с.200-202].

Форма выходного напряжения стабилизатора задаётся сигналом $U_{\text{оп}}$ от внешнего генератора синусоидальных колебаний.

Рассмотрим назначение элементов и работу стабилизатора. При отклонении амплитуды выходного напряжения стабилизатора от заданной изменяется среднее значение $U_{\text{ср}}$ выходного сигнала измерительного выпрямителя ИВ, собранного на ДА3. Схема фильтрующего усилителя на ДА1 (ФУПТ) производит вычитание $U_{\text{ср}}$ из заданного стабильного напряжения $U_{\text{ст}}$ и усиление полученного сигнала рассогласования ΔU . Изменение выходного сигнала ФУПТ приводит к изменению напряжения на лампе Л оптоэлектронного преобразователя ОЭП. При этом изменение сопротивления фоторезистора $R_{\text{Г}}$ (т.е. коэффициента передачи усилителя ДА2) приводит к стабилизации выходного напряжения.

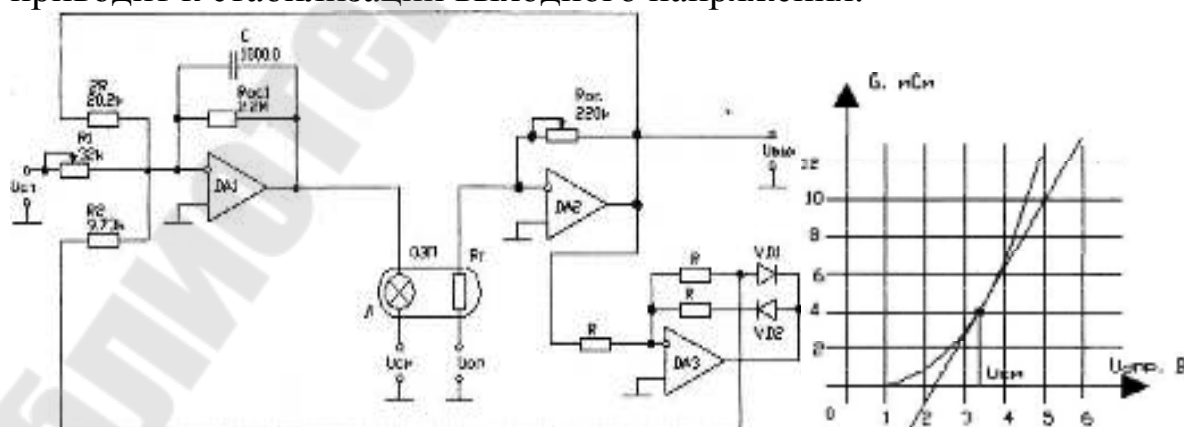


Рисунок 1 - Принципиальная схема стабилизатора переменного напряжения

Напряжение $U_{см}$ задает точку покоя на регулировочной характеристике оптрона (зависимость проводимости γ фоторезистора R_f от напряжения на лампе Л, рис.2).

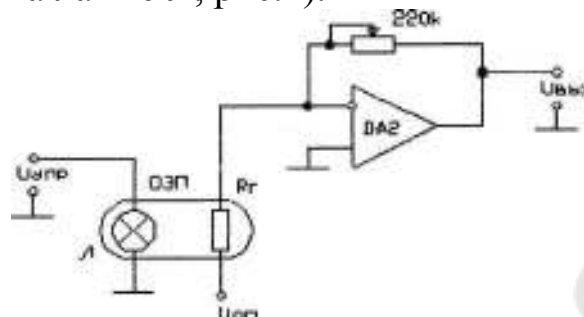


Рисунок 2 - Управляемый усилитель и вид регулировочной характеристики ОЭП

Если точка покоя выбрана на линейном участке регулировочной характеристики, то изменение $U_{упр}$ не ведет к большим изменениям коэффициента передачи ОЭП ($K_\gamma = \Delta\gamma / \Delta U_{упр}$ - определяется наклоном касательной в точке О), а значит уменьшаются вносимые усилителем возмущения.

Выходное напряжение усилителя:

$$U_{вых} = -U_{оп} \cdot R_{ос} / R_f = -U_{оп} \cdot R_{ос} \cdot \gamma \approx -U_{оп} \cdot R_{ос} \cdot K_\gamma \cdot U_{упр} = K_\pi \cdot U_{упр} \quad (1)$$

где

$$K_\pi = 25 \text{ при } U_{оп} = 1 \text{ В;}$$

$$R_{ос} = 12,5 \text{ кОм;}$$

$$K_\gamma = 2 \text{ мСм/В.}$$

Коэффициент K_γ у различных экземпляров ОЭП в партии имеет большой разброс (до 40 %), внося большие возмущения ($\delta_B = 0,4$) в схему стабилизатора [1]. Чтобы уменьшить влияние возмущения δ_B от разброса K_γ , необходимый коэффициент усиления разомкнутого стабилизатора $K_{р.необх.}$ рассчитывается по этому возмущению для получения заданной погрешности δ_3 :

$$K_{р.необх.} = \delta_B / m \cdot \delta_3 = 0,4 / 0,5 \cdot 10^3 = 800$$

где m - коэффициент, учитывающий то, какая часть заданной погрешности δ_3 приходится на возмущения.

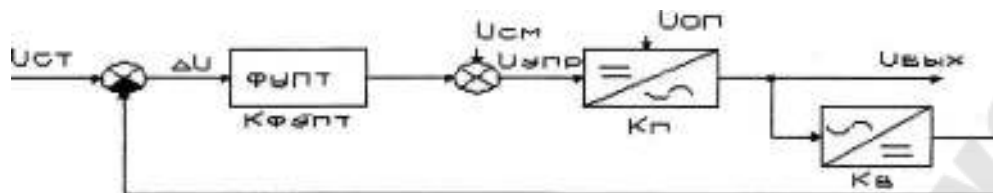


Рисунок 3 – Функциональная схема стабилизатора переменного напряжения

Здесь необходимо отметить, что запись коэффициента передачи K_2 со стороны ИВ сделана без учёта сопротивления $2R$ (см. рис.1), поскольку среднее значение сигнала по R_2 равно нулю.

В установившемся режиме $\Delta U=0$ и переход к последовательному сумматору на структурной схеме (рис.4б) от параллельного сумматора на принципиальной схеме осуществляется следующим образом:

$$U_{СТ} \cdot K_1 - U_{ВЫХ} \cdot K_2 \cdot 1/\pi = 0$$

$$U_{СТ} \cdot K_1 = U_{ВЫХ} \cdot K_2 \cdot 1/\pi$$

$$U_{СТ} \cdot K_1 / K_2 = U_{ВЫХ} \cdot 1/\pi$$

$$U_{СТ} \cdot K_1 / K_2 - U_{ВЫХ} \cdot 1/\pi = 0$$

$$\Delta U = U_{СТ} \cdot K_1 / K_2 - U_{ВЫХ} \cdot 1/\pi = U_{СТ} \cdot K_1 / K_2 - U_{ВЫХ} \cdot K_В$$

С учетом последнего выражения структурная схема стабилизатора принимает вид, представленный на рис.4б. Постоянные времени T_1 и T_2 блока $K_п$ зависят от свойств используемого ОЭП.

Устойчивая работа стабилизатора обеспечивается расчетом необходимой постоянной времени ФУПТ.

Пример расчета стабилизатора см. в [1].

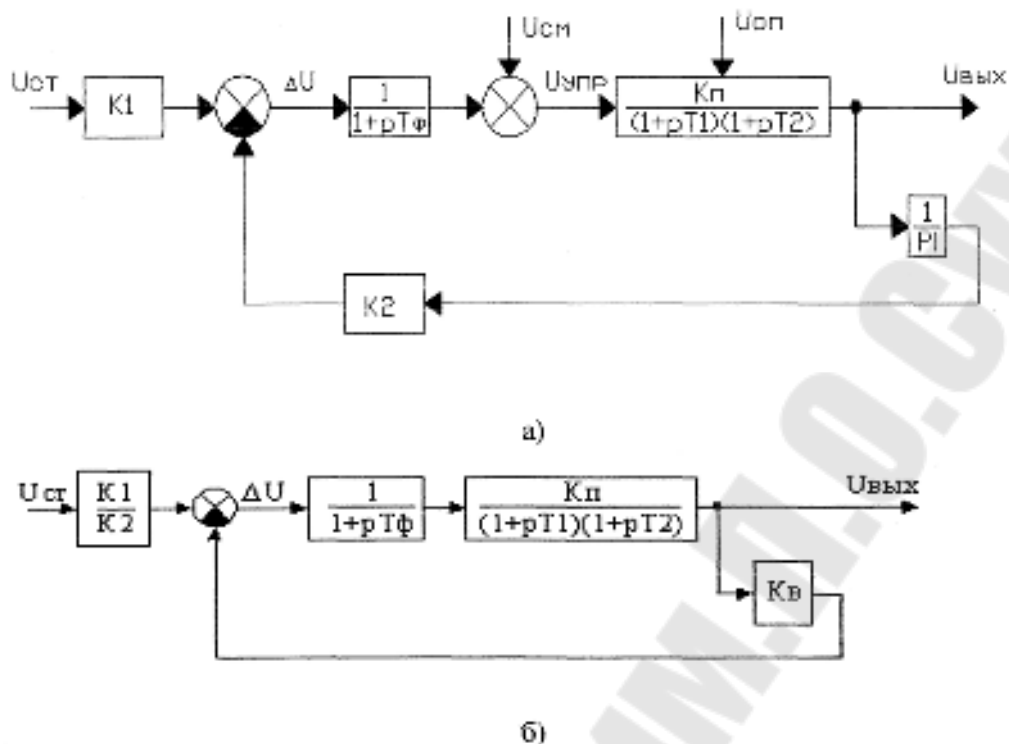


Рисунок 4 – Структурная схема стабилизатора переменного напряжения

2 Методика проведения эксперимента

Перед началом исследований работы стабилизатора переменного напряжения снимается зависимость сопротивления фоторезистора оптрона от напряжения на лампе и строится регулировочная характеристика оптрона. Из регулировочной характеристики определяется точка покоя и необходимое напряжение смещения для лампы оптрона. После этого собирается и настраивается схема управляемого усилителя (рис.2). Затем собирается схема стабилизатора и исследуется качество стабилизации при изменении входного напряжения.

3 Используемые приборы и оборудование

1 . Макет лабораторного стенда «Стабилизатор переменного напряжения на оптроне» по дисциплине «Преобразовательная техника».

2. Источник питания ± 15 В.
3. Осциллограф С1-83 (С1-93) с двумя шнурами.
4. Вольтметр В7-35 (В7-37) со шнуром.
5. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-118 (ГЗ-111).
6. Соединительные провода.

4 Порядок выполнения работы

4.1 Снятие регулировочной характеристики оптрона

4.1.1 С помощью соединительных проводов подать на планшет питающие напряжения $\pm 15\text{В}$. Для снятия регулировочной характеристики оптрона подать на лампу Л с помощью перемычек напряжение от расположенного на планшете эмиттерного повторителя. Измеряя напряжение на лампе $U_{\text{УПР}}$ и соответствующее этому напряжению сопротивление фоторезистора $R_{\text{Г}}$, заполнить табл.№1 для различных значений $U_{\text{УПР}}$.

Табл.№1 Регулировочная характеристика оптрона.

$U_{\text{УПР}}, \text{В}$										
$R_{\text{Г}}, \text{кОм}$										
$\gamma, \text{См}$										

4.1.2 Заполнить в таблице строку значений проводимости оптрона $\gamma=1/R_{\text{Г}}$ и построить график зависимости $\gamma_{\text{ОПТ}}$ от $U_{\text{УПР}}$.

4.1.3 Выбрать и указать на графике напряжение смещения $U_{\text{СМ}}$, при котором будет обеспечена работа управляемого усилителя на участке регулировочной характеристики оптрона с наибольшей линейностью.

4.2 Исследование работы стабилизатора переменного напряжения

4.2.1 Установить выходное напряжение эмиттерного повторителя равным напряжению $U_{\text{СМ}}$. Собрать схему управляемого усилителя (рис.2). Включить генератор и подать на вход усилителя гармонический сигнал частотой 50Гц и амплитудой 2В. Контролируя осциллографом сигнал $U_{\text{ВЫХ}}$, установить такое значение $R_{\text{ОС}}$, при котором амплитуда напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$ будет составлять 10В. Временно снять питание со схемы, измерить установленное значение $R_{\text{ОС}}$ и указать в отчёте.

4.2.2 Собрать схему стабилизатора (рис.1). Установить наибольшее значение $K_{\text{ФУПТ}}$ ($R_{\text{ОС1}}=2,2\text{МОм}$). Установить $R_1=32\text{кОм}$.

4.2.3 Зарисовать в отчёт осциллограммы напряжений $U_{\text{ОП}}$ и $U_{\text{ВЫХ}}$.

4.2.4 Измерить вольтметром и записать в отчёт напряжения $U_{\text{СТ}}$, $U_{\text{СМ}}$ и на выходе ФУНТ.

4.3 Экспериментальное определение коэффициента стабилизации

Снять зависимость действующего значения напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$ от $U_{\text{ВХ}}$ (максимальное отклонение $U_{\text{ВХ}}$ взять равным $\pm 10\%$ от установленного ранее номинального значения), заполнить табл. №2. Действующие значения $U_{\text{ВХ}}$ и $U_{\text{ВЫХ}}$ измерять вольтметром.

Таблица 2 – Экспериментальные данные

№п/п	1	2	3
$U_{\text{ВХ}}, \text{В}$	$U_{\text{ВХ.МИН}}$	$U_{\text{ВХ.НОМ}}$	$U_{\text{ВХ.МАКС}}$
$U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$		$U_{\text{ВЫХ.НОМ}}$	
$\delta_{\text{СТ}}, \%$	$\delta_{\text{СТ}} = \frac{\delta U_{\text{ВЫХ}}}{\delta U_{\text{ВХ}}}$		

5 Содержание отчета

Наименование и номер работы, цель работы, схема стабилизатора осциллограммы работы, измеренные номиналы элементов, регулировочная характеристика оптрона, таблицы 1,2.

6 Контрольные вопросы

1. Стабилизатор переменного напряжения на оптроне: схема, назначение элементов, работа.
2. Основная причина и величина возмущения в прямом тракте стабилизатора. Регулировочная характеристика оптрона: экспериментальное определение, выбор рабочей точки.
3. Структурная схема стабилизатора переменного напряжения.
4. Определение необходимого коэффициента усиления разомкнутой системы стабилизатора.
5. Расчет постоянной времени фильтрующего усилителя стабилизатора [1, с.200-202].

Литература

1. Геда Н.Ф. Измерения параметров приборов оптоэлектроники. М.: Радио и связь, 1981.
2. Шумков Д.В., Чернышев А.А., Шведов А.И. Особенности применения оптронов в режиме малых токов. - М.: Энергия, 1979.
3. Шарапов В.М. Датчики: Справочное пособие /Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. – М.: Техносфера, 2012. –624 с.

Лабораторная работа №6

Измерение параметров схемы замещения электромагнитного датчика расхода

Цель работы: составление электрической эквивалентной схемы замещения электромагнитного датчика расхода.

Используемое оборудование: Электромагнитный датчик расхода; прибор для измерения изоляции (до 200 МОм) типа Е6-13А; мост переменного тока Е7-8.

1 Общие теоретические сведения

Под эквивалентной схемой понимается такая электрическая схема в которой элементы с распределенными параметрами (сопротивлениями изоляции, паразитными емкостями и паразитными магнитными связями) заменяются сосредоточенными. При этом физическую модель электромагнитного датчика, представленную на рис. 1 [1], где:

$R_{ИЭ1}, R_{ИЭ2}$ – сопротивление изоляции индуктор-электрод;

$C_{ИЭ1}, C_{ИЭ2}$ – паразитная емкость индуктор-электрод;

$R_{Э1}, R_{Э2}$ – сопротивление изоляции между электродом и корпусом ЭМ датчика;

$C_{Э1}, C_{Э2}$ – паразитная емкость между электродом и корпусом ЭМ датчика;

$R_{ВН}$ – выходное сопротивление среды относительно электродов;

$r_{СР1}, r_{СР2}$ – электрическое сопротивление измеряемой среды между электродом и точкой заземления среды;

ИН – индуктор, представляющий собой магнитопровод с катушкой возбуждения питаемой напряжением $E_{ИН}$;

$E_{ЭХ1}, E_{ЭХ2}$ – электрохимический потенциал возникающий на соответствующем электроде;

$E_{ПОЛ}$ – полная составляющая, пропорциональная расходу.

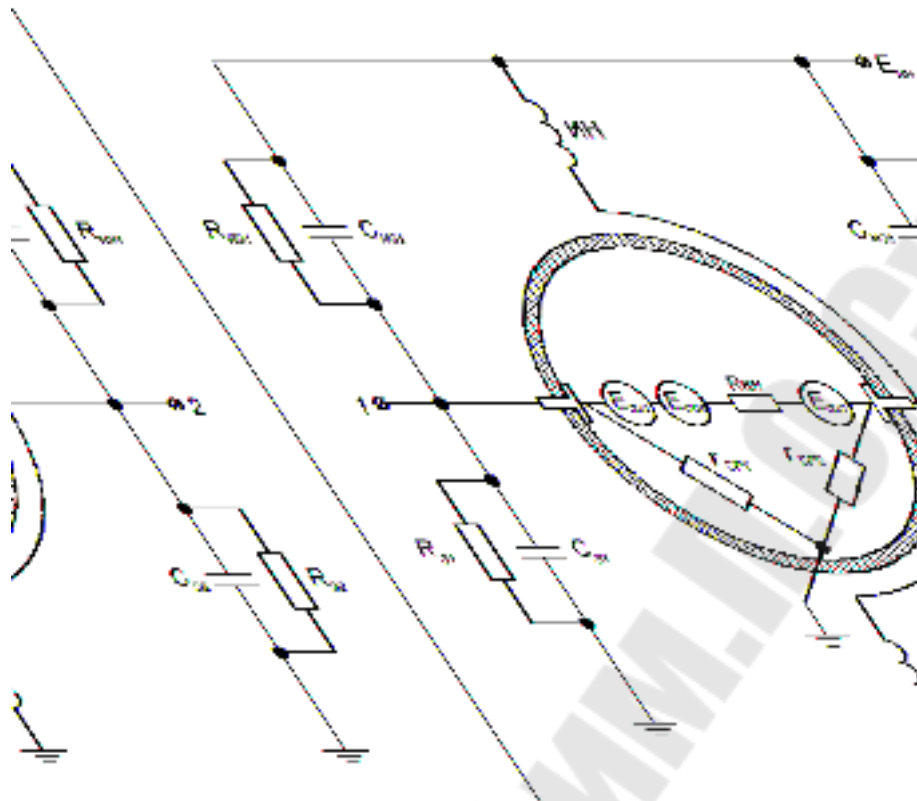


Рисунок 1 – Физическая модель электромагнитного датчика с представлением элементов эквивалентной схемы

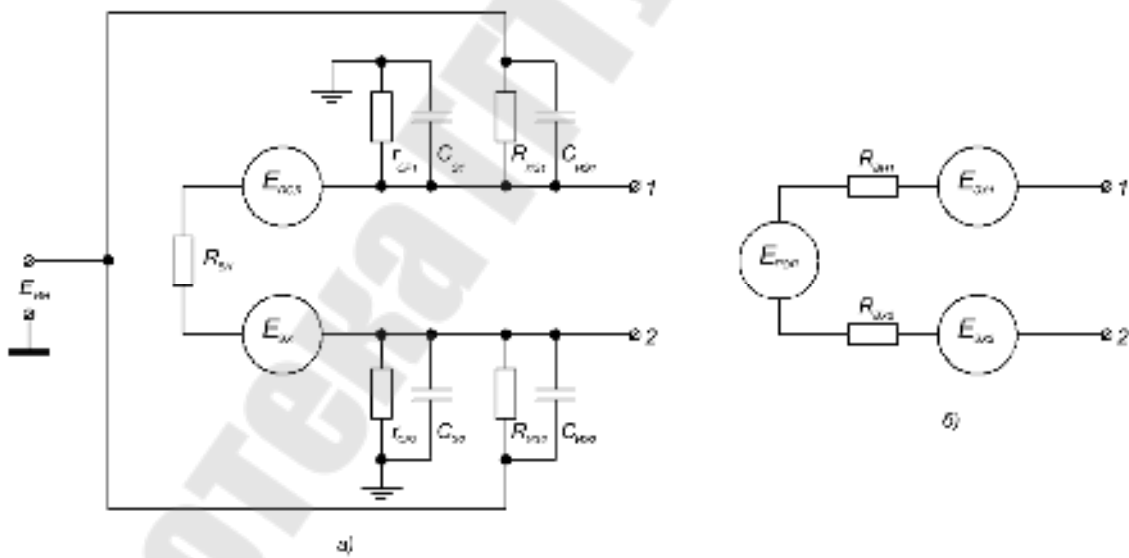


Рисунок 2 – Эквивалентная схема ЭМ датчика, где: а) упрощенная схема ЭМ датчика заполненного средой, $E_{ЭХ} = E_{ЭХ1} + E_{ЭХ2}$; $r_{СП1(2)} \approx R_{Э1(2)} // r_{СП1(2)}$

Полезное напряжение, и пропорциональное расходу находится из выражения:

$$E_{\text{ПОЛ}} = v \cdot d \cdot B \cdot k,$$

где v – средняя скорость потока; d – расстояние между электродами; B – индукция магнитного поля; k – конструктивный коэффициент, принимающий значение (0,7 – 0,9) в зависимости от конструктивного исполнения датчика. Электрохимическая ЭДС $E_{\text{ЭХ}}$ имеет характер медленного дрейфа со спектром частот (0,1—0,001 Гц) и напряжения находящимся в интервале от 0,1 до 200 мВ.

Внутренне сопротивление $R_{\text{ВН}}$ определяется характером среды, условиями ее эксплуатации и степенью чистоты поверхности электродов. Внутренне сопротивление среды принято измерять удельной электрической проводимостью. Для большинства сред, измеряемых в промышленных условиях, удельная электрическая проводимость χ находится в пределах от 10^{-3} до 10 Ом/м. В заполненной средой датчике внутреннее сопротивление находится на таком же уровне, что и сопротивление среды $R_{\text{ВН}} \approx r_{\text{СП1}} \approx r_{\text{СП2}}$.

Параметры эквивалентов схемы замещения необходимы для правильного проектирования измерительного преобразователя (ИП) к ЭМ датчику расхода. Ключевым элементом ИП является входной усилитель с симметричным входом. Схема подключения ЭМ датчика расхода к усилителю представлена на рис. 3.

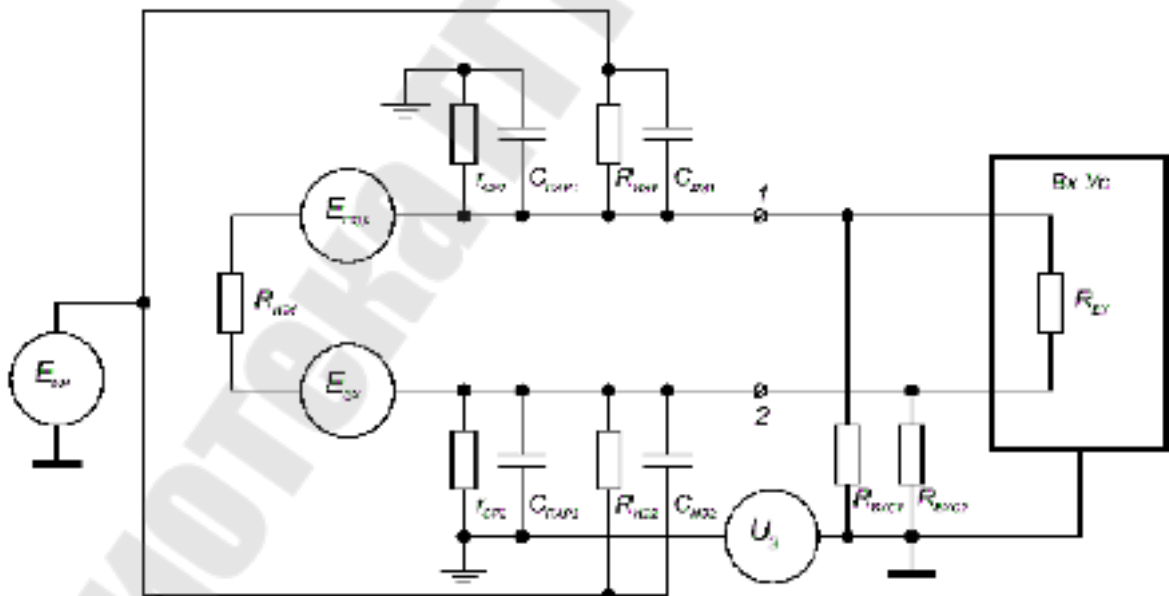


Рисунок 3 – Схема подключения Вх Ус к ЭМ датчику расхода

На рисунке даны дополнительные обозначения:

Вх Ус – входной усилитель ИП с симметричным входом;

$R_{ВХ}$ – входное сопротивление Вх Ус;

$R_{ВХС1}$, $R_{ВХС2}$ – входное синфазное сопротивление Вх Ус соответственно по первому и второму входам;

U_3 – напряжение между землями. Напряжение помехи, возникающее между точками заземления ЭМ датчика и ИП.

2 Ход выполнения работы

2.1 Используя ЭМ датчик, с помощью тераомметра Е6-13А измерить сопротивление изоляции между электродами датчика и корпусом, а также между электродами датчика и обмоткой возбуждения индуктора. Полученные значения заносим в таблицу 1

Таблица 1

	$R_{иэ1}$, МОм	$R_{иэ2}$, МОм	$R_{э1}$, МОм	$R_{э2}$, МОм
Измеренное значение				

2.2. Используя мост переменного тока Е7-8, измерить паразитные емкости между электродами, корпусом ЭМ датчика и обмоткой возбуждения индуктора. Полученные данные занесем в таблицу 2.

Таблица 2

	$C_{иэ1}$, пФ	$C_{иэ2}$, пФ	$C_{э1}$, пФ	$C_{э2}$, пФ
Измеренное значение				

2.3 Для измерения сопротивления среды $r_{СП1}$, $r_{СП2}$ ЭМ датчик необходимо заполнить водопроводной водой и с использованием моста переменного тока Е7-8 измерить сопротивление между электродами и корпусом ЭМ датчика. Полученные данные зафиксировать в отчете.

2.4 Составить и начертить эквивалентную схему ЭМ датчика сухого и заполненного водопроводной водой.

2.5 По заданному преподавателем значению напряжением между землями и с использованием полученной эквивалентной схемы, найти напряжение между электродами от действия этого напряжения. Составить расчетную схему для нахождения искомого напряжения.

2.6 По заданному преподавателем напряжению $E_{\text{ПОЛ}}$, найти выходное напряжение ЭМ датчика. Составить расчетную схему для нахождения искомого напряжения.

2.7 Используя данные измерений, определить требования к входному усилителю по $R_{\text{ВХ}}$, $R_{\text{ВХС1}}$, $R_{\text{ВХС2}}$ для погрешности измерения $\delta \leq 0,1\%$.

Результаты пунктов 1÷7 оформить в виде отчета.

3 Контрольные вопросы

1. Как связаны между собой средняя скорость потока u и объемный расход Qu ?
2. Чем обуславливается наличие напряжения $E_{\text{ЭХ}}$. Какой вид имеет это напряжение?
3. Чем обуславливается сопротивление изоляции $R_{\text{ИЭ}}$?
4. Чем обуславливается сопротивление изоляции $R_{\text{Э}}$?
5. От каких факторов зависит сопротивление $R_{\text{ВН}}$, $r_{\text{СП1}}$, $r_{\text{СП2}}$. Почему в заполненном датчике сопротивление $R_{\text{Э}} \approx r_{\text{СП}} \approx R_{\text{ВН}}$?
6. Объяснить принцип действия электромагнитного метода измерения расхода?
7. Почему электромагнитный метод расхода не применяется для измерения расхода газов и углеводородов?
8. Чем определяются сопротивление $R_{\text{ВХС}}$ во входном усилителе для ЭМ датчика расхода?
9. Составить эквивалентную схему замещения для расчета напряжения на электродах от паразитного прохождения питающего напряжения на вход ЭМ датчика?
10. Что произойдет, если в схеме усилителя будут отсутствовать резисторы $R_{\text{ВХС1}}$, $R_{\text{ВХС2}}$?
11. Составить эквивалентную схему замещения для расчета напряжения на электродах от действия напряжения между землями.

Литература

1. Каржов В.А. Электромагнитные расходомеры: Учебное пособие. Гомель: ГПИ, 1998.-70с
2. Измерение в промышленности. Кн.2. Способы измерения и аппаратура. Пер. с нем./Под ред. П.Профоса. 2.с под.-М.: Металлургия, 1990.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества справочник/П.П. Кремлевский. -4-с изд. перераб. и доп.-Л.:Машиностроение,1989.
4. Шерклиф Д.А. Теория электромагнитного измерения расхода/Д.А. Шерклиф.-М.: Мир, 1985.
5. Фрайден, Дж. Современные датчики: справочник/Дж.Фрайден.-М.: Техносфера, 2003.
6. Кремлевский П.П. Расходомеры и счётчики количества вещества. / П.П. Кремлевский. – СПб: Политехника, 2004. – 412с.

Карпов Владимир Александрович
Хананов Валентин Андреевич

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

ПРАКТИКУМ
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 12.02.16.

Рег. № 7Е.

<http://www.gstu.by>