

## 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 погрешностью 1%, а для диффометрических 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.

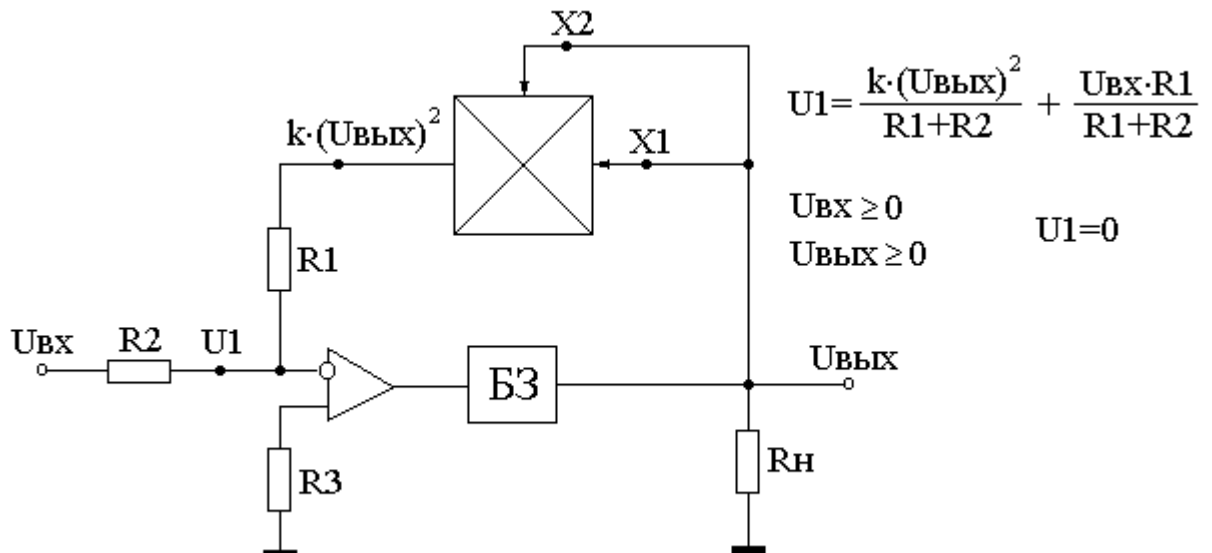


Рисунок 1 - Функциональная схема корнеизвлекающего устройства на основе перемножителя

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.

Функциональная схема времяимпульсного перемножающего устройства приведена на Рис. 2,

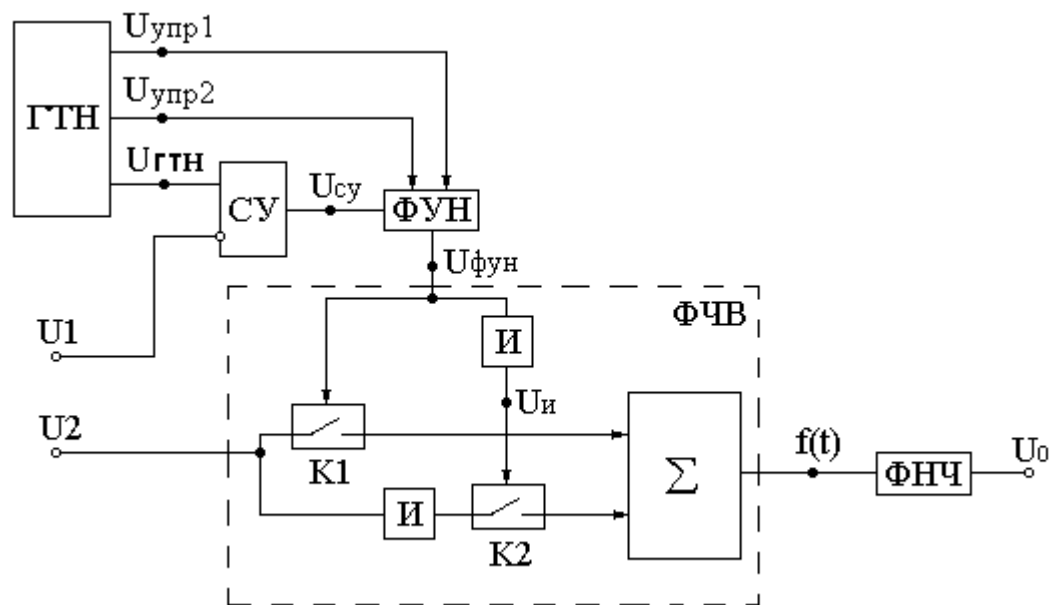


Рисунок 2 - Функциональная схема времяимпульсного перемножителя

где

ГТН - генератор треугольного напряжения .

СУ - сравнивающее устройство.

ФУН - формирователь управляющего напряжения.

И - инвертор.

K1,K2 -ключи.

$\Sigma$  - 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  $\Sigma$  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.

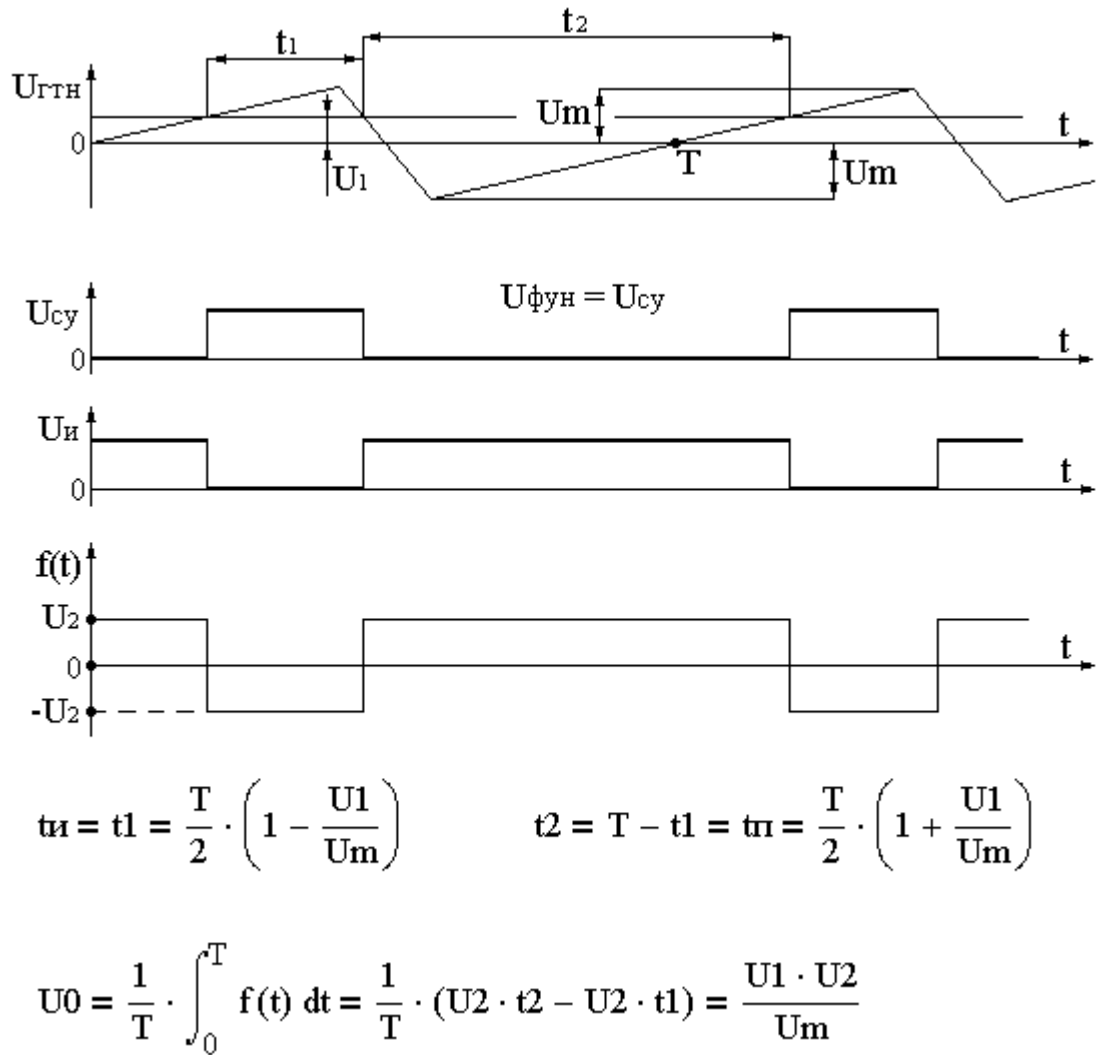


Рисунок 3 - Временные диаграммы, поясняющие работу перемножителя

### 1.1 Блок формирования управляющего напряжения

Блок формирует напряжение, управляющее работой ключей К1, К2 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.

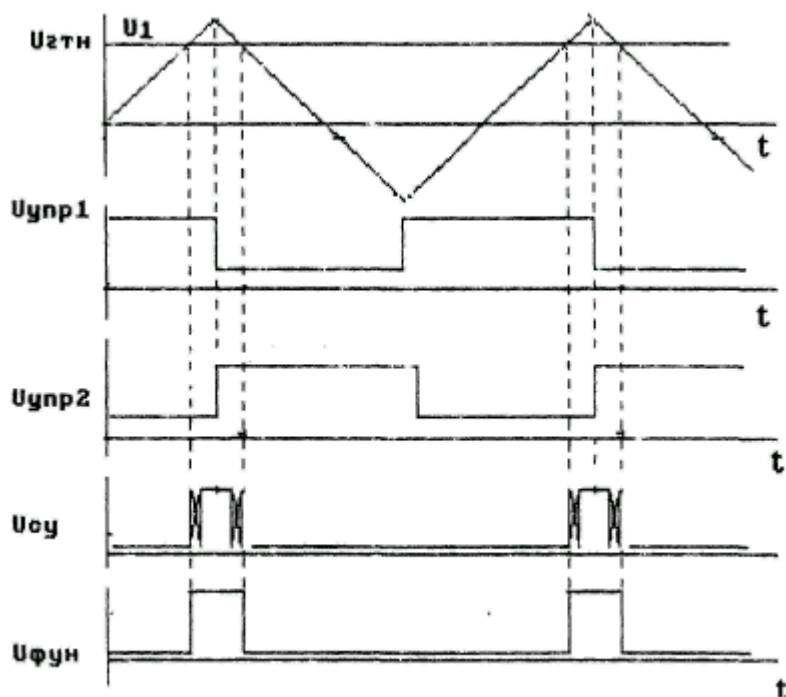


Рисунок 4 - Диаграмма, поясняющая работу ФУН

## 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 перебросятся в единичное состояние и интегратор начнет интегрировать напряжения другой полярности. Так формируется треугольное напряжение.

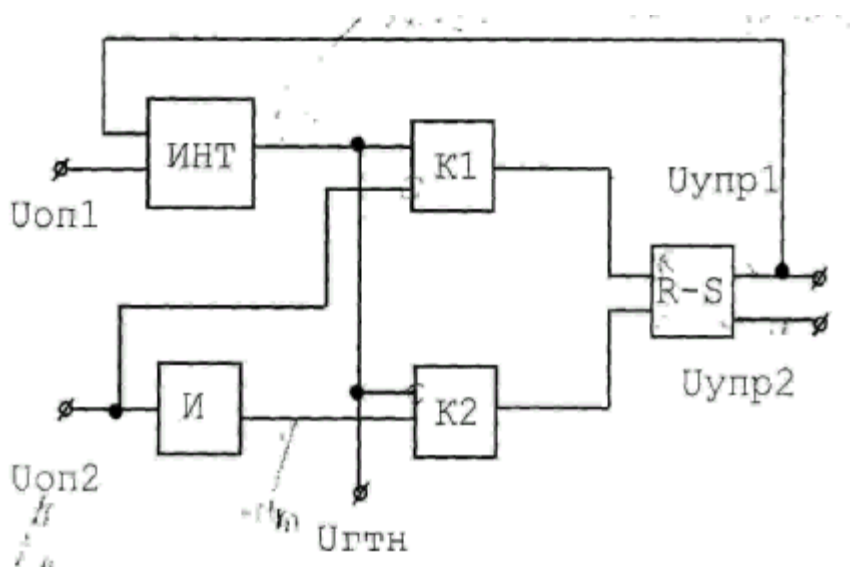


Рис. 5 - Функциональная схема ГТН

### 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:

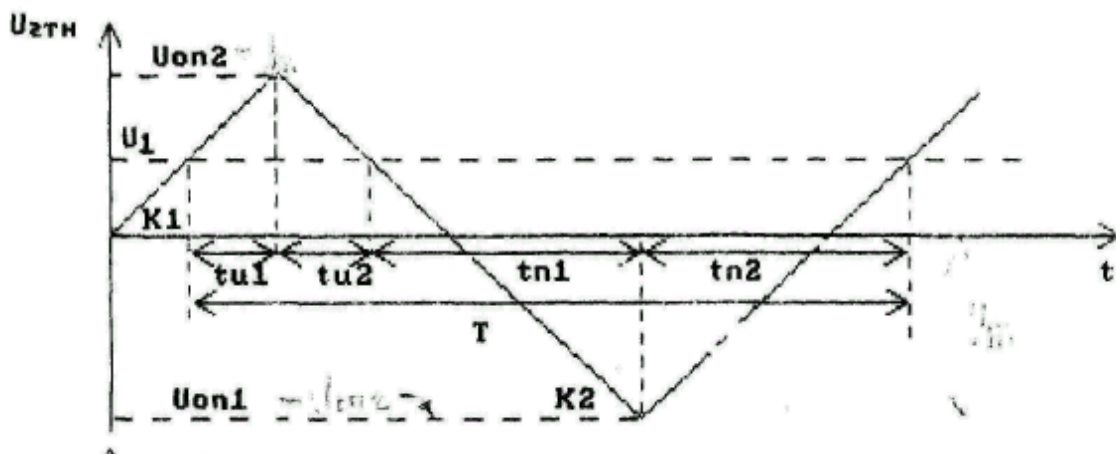


Рис. 6 - Временные диаграммы напряжения  $U_{гтн}$

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 диффометрического 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  $4\text{мГн}$ . 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 <sub>ВХ</sub>							
U <sub>ВЫХ</sub>							
U <sub>ВЫХ. расч</sub>							
Δ= U <sub>ВЫХ</sub> -U <sub>ВЫХ. расч</sub>							
Δотн							

U<sub>ВЫХ. расч</sub> =  $K_0 \cdot \sqrt{U_{ВХ}}$ , где K<sub>0</sub>-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.