

## **Устройство и принцип работы релейно-импульсного регулятора**

Типовой релейно-импульсный регулятор реализует импульсный принцип управления исполнительным устройством и преобразует входное рассогласование в скважность управляющих импульсов по пропорционально-дифференциальному алгоритму. Структуру и принцип работы регулятора рассмотрим на примере устройства РП-4, входящего в агрегатный комплекс АКЭСР-2. Данный регулятор выпускается в трех модификациях – РП-4У, РП-4Т и РП-4П. Первая предназначена для работы с датчиками, формирующими унифицированный токовый сигнал, вторая – для работы с датчиками температуры (термопарами и термометрами сопротивления) и третья – для работы с индуктивными датчиками. Перечисленные модификации работают по одному принципу и отличаются только устройством входной измерительной схемы. На рис.2.8 приведена структура регулятора РП-4У.

Регулятор включает в себя следующие узлы:

УСКР – суммирования и кондуктивного разделения;

УД – демпфирования;

УТР – триггеров;

УВУ – выходных усилителей;

УОС – обратной связи.

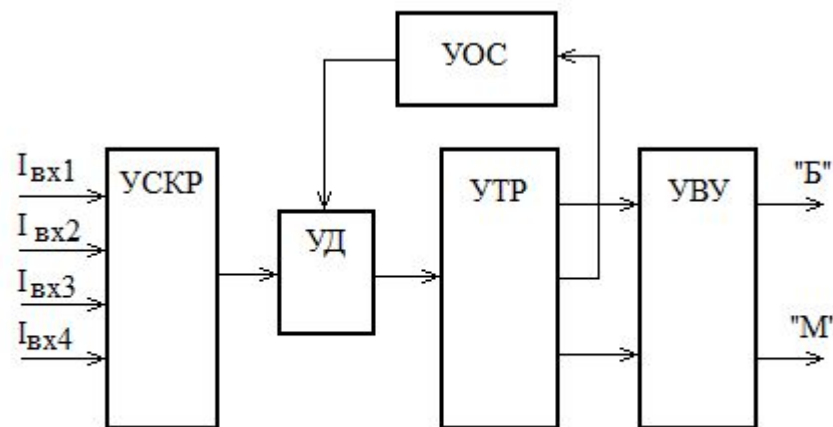


Рис. 2.8. Структура релейно-импульсного регулятора

Узел суммирования и кондуктивного разделения УСКР осуществляет суммирование с гальваническим разделением четырех унифицированных токовых сигналов и преобразует результат суммирования в постоянное напряжение. Три входа из четырех являются масштабируемыми с возможностью настройки коэффициента передачи  $0 \leq \alpha_i \leq 1$ . Четвертый немасштабируемый вход предназначен для подключения 100 % токового задатчика.

Узел демпфирования УД фильтрует выходной сигнал УСКР от высокочастотных составляющих, появляющихся в результате действия внешних и внутренних источников помех. В итоге на выходе узла демпфирования формируется отфильтрованный сигнал напряжения, пропорциональный величине входного рассогласования.

Узел триггеров УТР определяет величину и знак входного рассогласования и формирует управляющие сигналы «БОЛЬШЕ» и «МЕНЬШЕ» в соответствии со статической характеристикой, приведенной на рис. 2.4.

Узел обратной связи УОС выполняет функции апериодического звена первого порядка с настраиваемыми значениями коэффициента передачи и постоянной времени. Данный узел организует функциональную обратную связь (рис. 2.1, а), формирующую закон регулирования (2.7).

Узел выходных усилителей УВУ предназначен для согласования выхода регулятора с различными исполнительными устройствами. Узел представляет собой двухканальную ключевую схему, работающую в двух режимах – активном и пассивном. В активном режиме узел формирует дискретные управляющие сигналы с логическими уровнями 0; 24В. Данный режим используется для управления релейными исполнительными устройствами, магнитными усилителями и т.п. Пассивный режим является параметрическим. В данном режиме используются выходные ключи, которые могут находиться в замкнутом или разомкнутом состоянии. Логической единице в этом случае будет соответствовать замкнутое состояние ключа, а логическому нулю – разомкнутое. Пассивный режим используется для управления электродвигателями исполнительных механизмов с помощью реверсивных пускателей или тиристорных усилителей.

# Узел суммирования и кондуктивного разделения

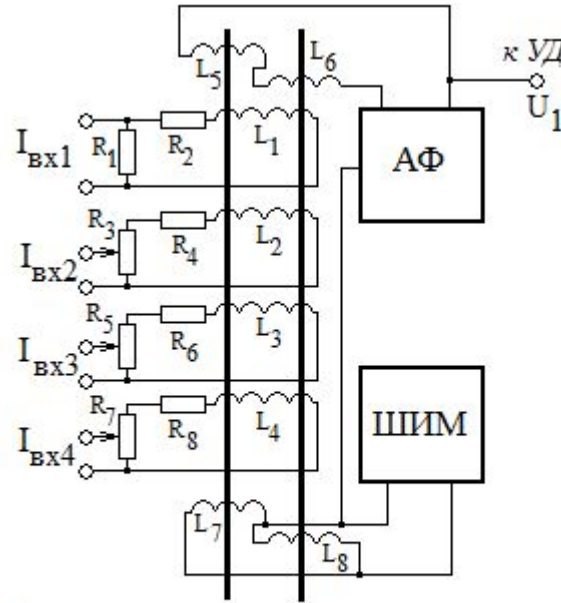


Рис. 2.9. Узел суммирования и кондуктивного разделения

Упрощенная схема узла суммирования и кондуктивного разделения приведена на рис. 2.9. Основным элементом узла является магнитный усилитель, включающий четыре обмотки управления  $L_1 \div L_4$ , две обмотки возбуждения  $L_7, L_8$  и две обмотки обратной связи  $L_5, L_6$ . На обмотки управления  $L_1 \div L_4$  поступают токовые сигналы от датчиков технологических переменных. Масштабирование тока в обмотках  $L_2 \div L_4$  осуществляется с помощью резисторов  $R_3, R_5$  и  $R_7$ . Обмотки возбуждения  $L_7, L_8$  подключены к широтно-импульсному модулятору ШИМ, работающему в автоколебательном режиме и формирующему на выходе прямоугольные колебания напряжения с постоянной амплитудой и постоянным периодом.

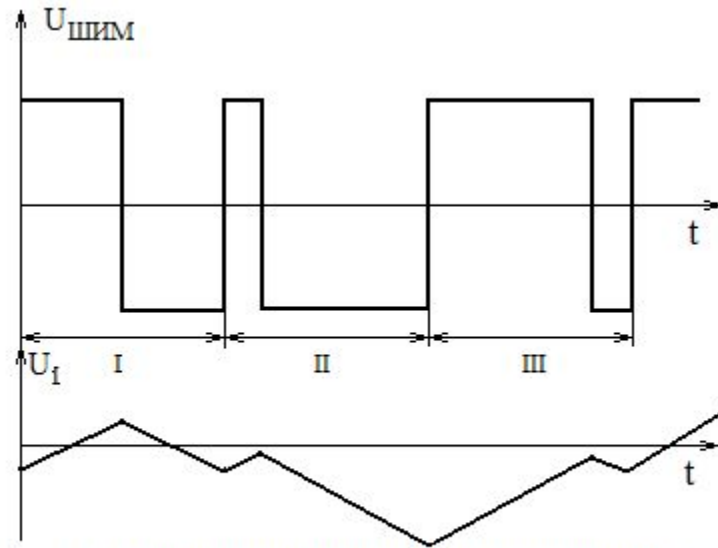


Рис. 2.10. Временная диаграмма широтно-импульсного модулятора

Соотношение длительностей положительной и отрицательной полуволн определяется величиной и знаком суммарного тока, протекающего через обмотки управления.

Если величина суммарного тока находится в пределах зоны нечувствительности, то длительности положительной и отрицательной полуволн будут одинаковы (участок I на рис. 2.10), и среднее значение  $U_{\text{ШИМ}}$  будет близко к нулю. При выходе суммарного тока за пределы зоны нечувствительности в отрицательную или положительную сторону на диаграмме будет преобладать длительность соответственно отрицательной или положительной полуволны (участки II и III на рис. 2.10).

Активный фильтр АФ, работающий по принципу интегратора, выделяет из выходного сигнала ШИМ постоянную составляющую  $U_1$  (рис. 2.10). Это напряжение подается на выход узла и на обмотки обратной связи  $L_5$ ,  $L_6$ .

Последние стабилизируют коэффициент передачи узла на уровне  $K_{вх}$ . В целом, статическая характеристика узла приближенно описывается уравнением:

$$U_1 = K_{вх} (I_{вх1} + \alpha_2 I_{вх2} + \alpha_3 I_{вх3} + \alpha_4 I_{вх4}) \quad (2.12)$$

где  $\alpha_2, \alpha_3$  и  $\alpha_4$  — масштабные коэффициенты по соответствующим входам, устанавливаемые резисторами  $R_3, R_5$  и  $R_7$ .

## Узел демпфирования

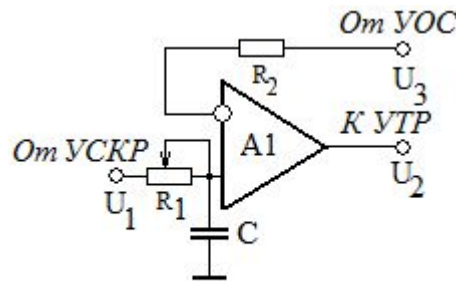


Рис. 2.11. Узел демпфирования

Упрощенная схема узла демпфирования приведена на рис. 2.11. Узел построен на операционном усилителе A1 с инерционным звеном  $R_1 C$  на входе. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью совместно с узлом триггеров. Наличие на входе усилителя инерционного звена с постоянной времени  $T_\phi = R_1 C$  придает узлу фильтрующие свойства, но, вместе с тем, в закон регулирования принудительно вводится динамическая погрешность в виде инерционности с постоянной времени  $T_\phi$ .

## Узел триггеров

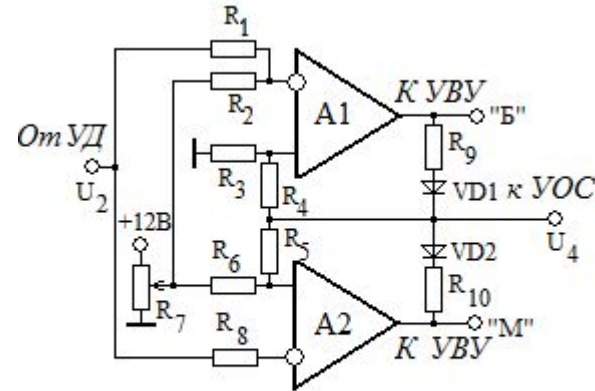


Рис. 2.12. Узел триггеров

Упрощенная схема узла триггеров приведена на рис. 2.12. Узел включает в себя входной делитель  $R_1 \div R_8$ , два операционных усилителя A1, A2 и выходной делитель  $R_9, R_{10}$ , VD1, VD2. Оба операционных усилителя охвачены положительной обратной связью и работают в триггерном режиме. Во входном делителе определяются величина и знак сигнала рассогласования, поступающего от узла демпфирования. С помощью резистора  $R_7$  настраивается ширина зоны нечувствительности  $\Delta_n$ . Если рассогласование не превышает половины зоны нечувствительности, то оба триггера находятся в состоянии «логического нуля», и управляющие сигналы «Б» и «М» отсутствуют.

Если рассогласование выходит за пределы зоны нечувствительности, то в зависимости от знака рассогласования один из триггеров устанавливается в состояние «логической единицы», и формируется один из управляющих сигналов «Б» или «М». Управляющие сигналы передаются на узел выходных усилителей и через выходной делитель  $R_9, R_{10}, VD1, VD2$  – на вход узла обратной связи. Выходной делитель включает в себя нелинейные элементы – полупроводниковые диоды  $VD1$  и  $VD2$ . За счет некоторой нелинейности в канале обратной связи на статической характеристике регулятора формируются зоны возврата  $\Delta_\epsilon$  (рис. 2.4). Эти зоны имеют фиксированную ширину.

## Узел выходных усилителей

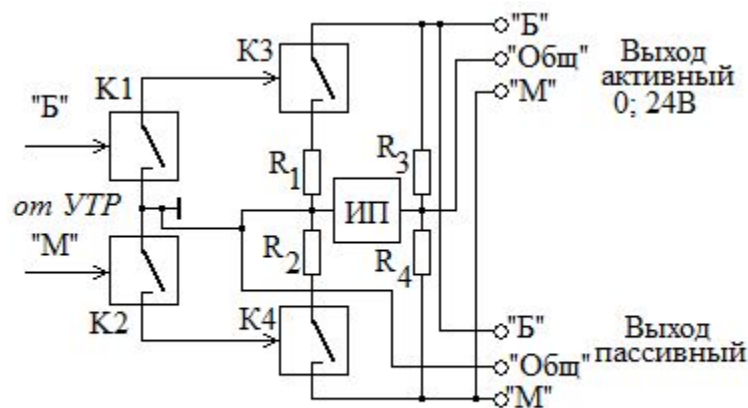


Рис. 2.13. Узел выходных усилителей

Упрощенная схема узла выходных усилителей приведена на рис. 2.13. Схема включает в себя два независимых двухкаскадных канала  $K1, K3$  и  $K2, K4$ . Ключи  $K1$  и  $K2$  играют роль вспомогательных.

Логические уровни активного выхода определяются параметрами дополнительного источника питания ИП.

При поступлении управляющего сигнала «Б» замыкаются ключи К1 и К3. На активный выход «Б» подается напряжение 24В. Пассивный выход «Б» замыкается на нулевой провод.

При поступлении управляющего сигнала «М» замыкаются ключи К2 и К4. Напряжение 24В подается на активный выход «М», а пассивный выход «М» замыкается на нулевой провод.

## Узел обратной связи

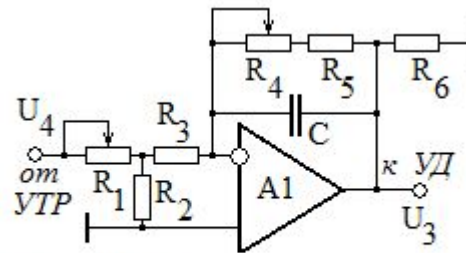


Рис. 2.14. Узел обратной связи

Согласно (2.8), узел обратной связи (рис. 2.14) представляет собой инерционное звено, построенное на операционном усилителе, с регулируемым коэффициентом передачи и постоянной времени.

Коэффициент передачи узла обратной связи настраивается резистором  $R_1$ , а постоянная времени — резистором  $R_4$ .

## Реакция релейно-импульсного регулятора на ступенчатое входное рассогласование

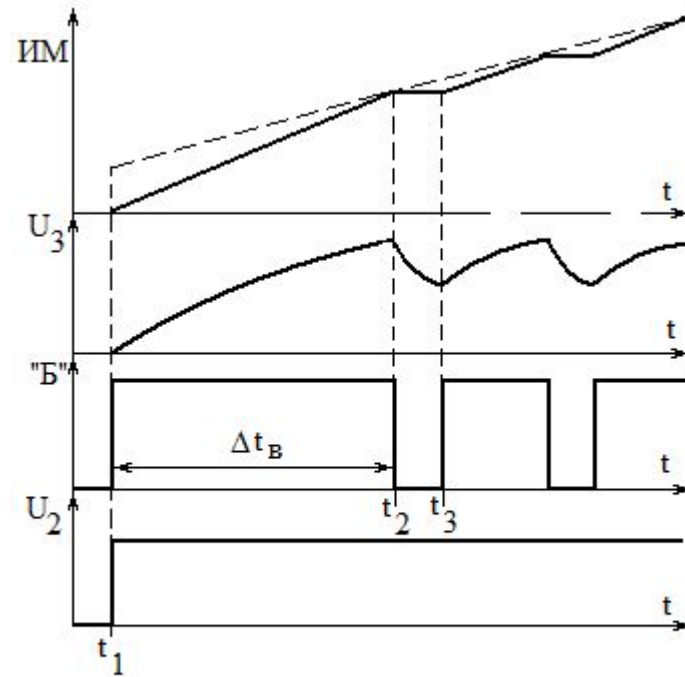


Рис. 2.15. Реакция регулятора на ступенчатое рассогласование

Временная диаграмма реакции регулятора на ступенчатое входное рассогласование приведена на рис. 2.15. В момент времени  $t_1$  на вход регулятора поступает положительное ступенчатое рассогласование, превышающее по амплитуде половину зоны нечувствительности  $\Delta_n/2$ . Возмущение идентифицируется узлом триггеров, который формирует управляющий сигнал «БОЛЬШЕ». Этот сигнал через узел выходных усилителей подается на исполнительный механизм и приводит его в движение (верхний график на рис. 2.15).

Одновременно с этим, управляющий сигнал через выходной делитель узла триггеров подается на вход узла обратной связи, выходное напряжение которого  $U_3$  начинает изменяться по экспоненциальному закону. В момент времени  $t_2$  сигнал обратной связи  $U_3$  компенсирует входное рассогласование, управляющий сигнал «БОЛЬШЕ» снимается, и исполнительный механизм останавливается. Начиная с этого момента, выходное напряжение узла обратной связи  $U_3$  будет падать по экспоненциальному закону, и в момент времени  $t_3$  разность рассогласования и сигнала обратной связи снова выходит за пределы зоны нечувствительности. Далее цикл повторяется, и на выходе регулятора формируется последовательность управляющих импульсов со скважностью, определяемой соотношением (2.7).

Из рис. 2.15 видно, что регулятор в комплекте с исполнительным механизмом постоянной скорости реализует ПИ-закон приближенно (реакция идеального непрерывного регулятора обозначена пунктиром). Время компенсации  $\Delta t_{\text{в}}$  входного рассогласования сигналом обратной связи определяет настройку пропорциональной составляющей закона регулирования, называемую «скоростью связи»:

$$V_{\text{св}} = \frac{U_2}{\Delta t_{\text{в}}} \quad (2.13)$$

При этом, коэффициент передачи в соотношении (2.1) можно определить из выражения:

$$K_P = \frac{S_{\text{max}}}{V_{\text{св}}} \quad (2.14)$$

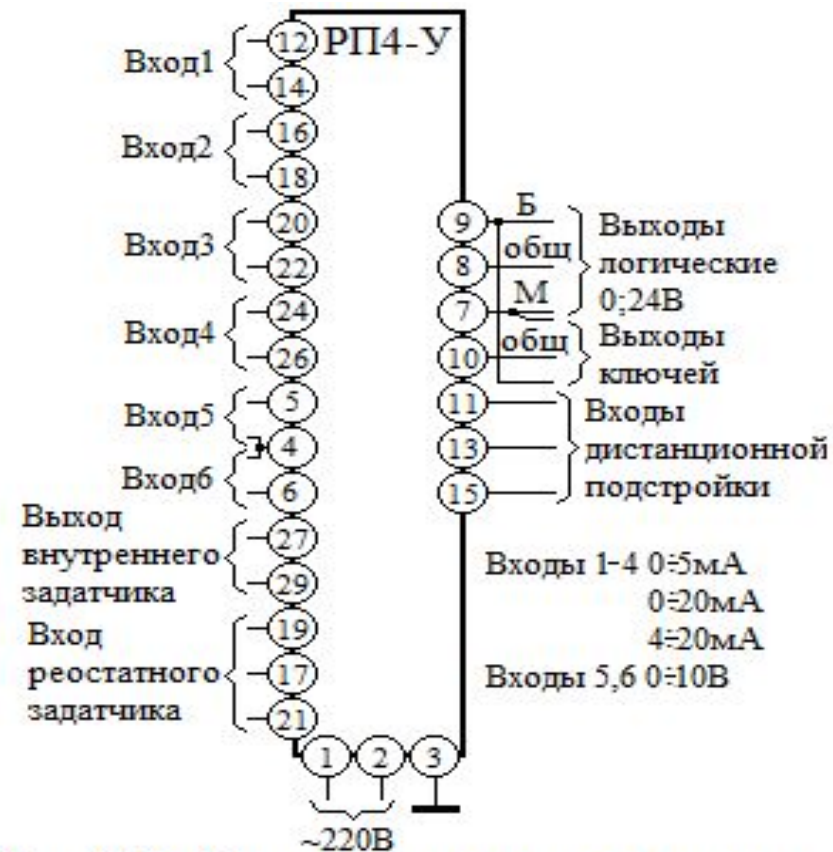


Рис. 2.16. Схема подключения регулятора РП4-У

Схема подключения регулятора РП-4У приведена на рис. 2.16.