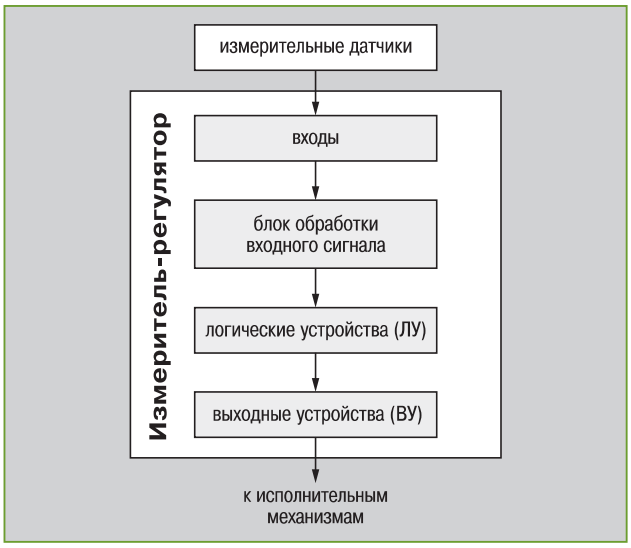
Обобщенная функциональная схема измерителей-регуляторов



Измерители-регуляторы температуры состоят из следующих функциональных блоков (см. рисунок):

- **входы** – служат для подключения к прибору различных типов датчиков;
- **блок обработки входного сигнала** – включает коррекцию показаний датчиков, цифровые фильтры и вычислители дополнительных величин (разности, отношения и т. п.);
- **логические устройства (ЛУ)** – формируют управляющие сигналы для выходных устройств;
- **выходные устройства (ВУ)** – служат для передачи регистрирующих или управляющих сигналов на исполнительные механизмы.

Входы приборов

В таблице приведен полный список датчиков, с которыми могут работать приборы ОВЕН, и указан максимальный диапазон измерения. Точный список подключаемых датчиков см. для каждого прибора в разделе «Технические характеристики».

Измерители-регуляторы ОВЕН выпускаются с одним, двумя и восемью каналами измерения.

Модификации входов

Измерители-регуляторы ОВЕН 2ТРМ0...ТРМ12 старой линейки, УКТ38-В, УКТ38-Щ4, МПР51, ТРМ32, ТРМ33 имеют модификации входов для подключения отдельных групп датчиков (например ТС, ТП, АТ, АН и др., см. обозначение при заказе для конкретного прибора). Тип датчика устанавливается пользователем при программировании прибора. В многоканальных приборах ко всем входам подключаются датчики только одного типа.

Универсальные входы

Приборы ОВЕН 2ТРМ0...ТРМ12 новой линейки, ТРМ2хх, ТРМ101, ТРМ501, ТРМ138, ТРМ138В, ТРМ148, ТРМ151, ТРМ251, ТРМ133, МВА8 имеют универсальные входы, к которым можно подключать любые датчики, приведенные в таблице технических характеристик данного прибора. Тип датчика устанавливается пользователем при программировании прибора. В многоканальных приборах к разным входам можно подключать датчики различных типов.

Измерение температуры

Для измерения температуры к входам приборов ОВЕН подключаются термопары, термопреобразователи сопротивления или любые другие датчики с унифицированным выходным сигналом. При этом при заказе прибора, не имеющего универсальных входов, необходимо правильно выбрать модификацию его входов.

Измерение расхода, давления и других физических величин

Приборы ОВЕН позволяют измерять расход, давление и пр. физические величины, для этого ко входам должны быть подключены датчики с унифицированным выходным сигналом тока или напряжения. Для вывода на индикатор реального значения параметра измеренный сигнал масштабируется.

Параметры линии для соединения прибора с датчиком

Тип датчика	Макс. длина линии	Макс. сопротивление линии	Исполнение линии
ТСП, ТСМ	100 м	10,0 Ом	Трехпроводная, провода равной длины и сечения
Термопара	20 м	100 Ом	Термоэлектродный кабель (компенсационный)
Унифицированный ток	100 м	100 Ом	Двухпроводная
Унифицированное напряжение	100 м	5,0 Ом	Двухпроводная

Характеристики измерительных датчиков, подключаемых ко входам приборов ОВЕН

Датчик	W_{100}	α, °C^{-1}	Диапазон измерений
Термопреобразователи сопротивления			
ТСМ (Cu50)	1,426	0,00426	–50...+200 °C
ТСМ (50М)	1,428	0,00428	–190...+200 °C
ТСП (Pt50)	1,385	0,00385	–200...+750 °C
ТСП (50П)	1,391	0,00391	–200...+750 °C
ТСМ (Cu100)	1,426	0,00426	–50...+200 °C
ТСМ (100М)	1,428	0,00428	–190...+200 °C
ТСП (Pt100)	1,385	0,00385	–200...+750 °C
ТСП (100П)	1,391	0,00391	–200...+750 °C
ТСН (Ni100)	1,617	0,00617	–60...+180 °C
ТСМ (Cu500)	1,426	0,00426	–50...+200 °C
ТСМ (500М)	1,428	0,00428	–190...+200 °C
ТСП (Pt500)	1,385	0,00385	–200...+650 °C
ТСП (500П)	1,391	0,00391	–200...+650 °C
ТСН (Ni500)	1,617	0,00617	–60...+180 °C
ТСМ (Cu1000)	1,426	0,00426	–50...+200 °C
ТСМ (1000М)	1,428	0,00428	–190...+200 °C
ТСМ (Pt1000)	1,385	0,00385	–200...+650 °C
ТСМ (1000П)	1,391	0,00391	–200...+650 °C
ТСМ (Ni1000)	1,617	0,00617	–60...+180 °C
ТСМ (53М) гр. 23	1,426	0,00426	–50...+200 °C

Датчик	Диапазон измерений
Термопары	
ТХК (L)	–200...+800 °C
ТХА (K)	–200...+1300 °C
ТПП (S)	0...+1750 °C
ТПП (R)	0...+1750 °C
ТЖК (J)	–200...+1200 °C
ТНН (N)	–200...+1300 °C
ТПР (B)	+200...+1800 °C
ТВР (A-1)	0...+2500 °C
ТВР (A-2)	0...+1800 °C
ТВР (A-3)	0...+1600 °C
ТМК (T)	–200...+400 °C
Датчики с унифицированным выходным сигналом	
Сигнал тока 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА	0...100 %
Сигнал напряжения –50...+50 мВ, 0...1 В	0...100 %
Датчики положения задвижек (д.п.з.)	
Резистивный д.п.з. (до 900 Ом)	0...100 %
Токовый д.п.з. 0...20 мА или 4...20 мА	0...100 %
Токовый д.п.з. 0...5 мА	0...100 %

Особенности подключения датчиков

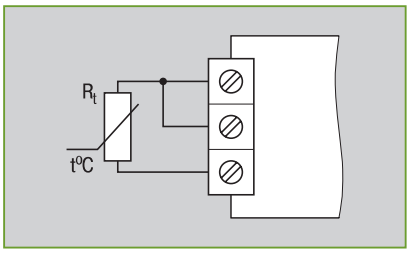
Подключение термопреобразователей сопротивления

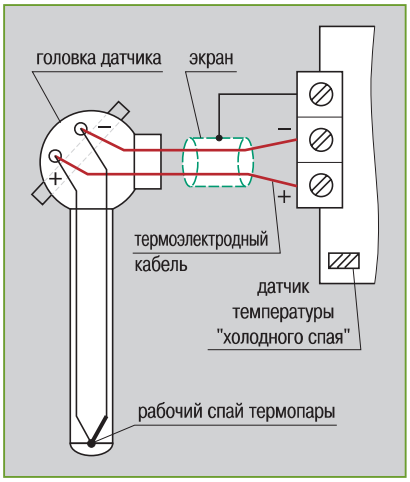
Принцип работы термопреобразователей сопротивления (ТСМ, ТСП, ТСН, Pt100 и др.) основан на зависимости электрического сопротивления металлов от температуры. Термопреобразователи выполняют в виде катушки из тонкой медной, платиновой или никелевой проволоки на каркасе из изоляционного материала, заключенной в защитную гильзу.

Термопреобразователи сопротивления характеризуются двумя параметрами: R_0 – сопротивление датчика при 0 °С и W_{100} – отношение сопротивления датчика при 100 °С к его сопротивлению при 0 °С. В связи с введением нового ГОСТа на термопреобразователи сопротивления (ГОСТ Р 8.625-2006) для новых приборов ОВЕН в документации вместо W_{100} приведен параметр α – отношение разницы сопротивлений датчика, измеренных при температуре 100 и 0 °С, к его сопротивлению, измеренному при 0 °С (R_0), деленное на 100 °С.

Для подключения термопреобразователей сопротивления к приборам ОВЕН используется **трехпроводная схема**, которая позволяет уменьшить погрешность измерения, возникающую при изменении сопротивления проводов (например, при изменении их температуры). К одному из выводов терморезистора R_t подсоединяются два провода, а третий подключается к другому выводу R_t. При этом необходимо соблюдать условие равенства сопротивлений всех трех проводов.

Термопреобразователи сопротивления могут подключаться к прибору с использованием двухпроводной линии, но при этом отсутствует компенсация сопротивления соединительных проводов и поэтому будет наблюдаться некоторая зависимость показаний прибора от колебаний температуры проводов.





Подключение термопар

Термопара (термоэлектрический преобразователь) типа ТХА, ТХК, ТПП и пр. состоит из двух спаянных на одном из концов проводников, изготовленных из металлов, обладающих разными термоэлектрическими свойствами. Спаянный конец, называемый «рабочим спаем», погружается в измеряемую среду, а свободные концы («холодный спай») термопары подключаются ко входу измерителей-регуляторов. Если температуры «рабочего» и «холодного спаев» различны, то термопара вырабатывает термоЭДС, которая и подается на прибор. Поскольку термоЭДС зависит от разности температур двух спаев термопары, то для получения корректных показаний необходимо знать температуру «холодного спая», чтобы скомпенсировать эту разницу в дальнейших вычислениях.

В модификациях входов, предназначенных для работы с термопарами, предусмотрена схема автоматической компенсации температуры свободных концов термопары. Датчиком температуры «холодного спая» служит полупроводниковый диод, установленный рядом с присоединительным клеммником.

Подключение термопар к прибору должно производиться с помощью специальных **компенсационных (термоэлектродных) проводов**, изготовленных из тех же материалов, что и термопара. Допускается использовать провода из металлов с термоэлектрическими характеристиками, аналогичными характеристикам материалов электродов термопары в диапазоне температур 0...100 °С. При соединении компенсационных проводов с термопарой и прибором необходимо соблюдать полярность.

Во избежание влияния помех на измерительную часть прибора линию связи прибора с датчиком рекомендуется экранировать. В качестве экрана может быть использована заземленная стальная труба.

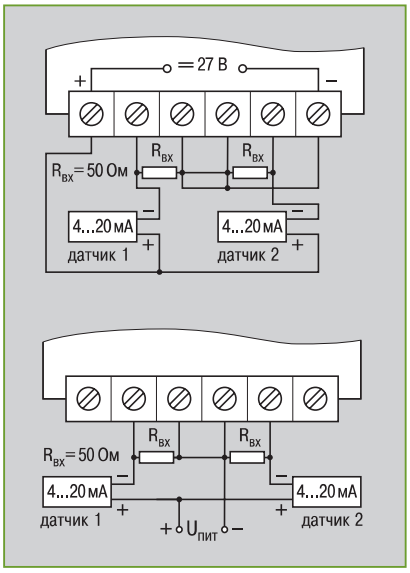
При нарушении указанных условий могут иметь место значительные погрешности при измерении.

Подключение датчиков с унифицированным выходным сигналом тока или напряжения

Многие датчики различных физических величин оснащены нормирующими измерительными преобразователями. Нормирующие преобразователи преобразуют сигналы с первичных (термопар, термопреобразователей сопротивления, манометров, дифманометров и др.) в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения с диапазонами: 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5 мА или 0...1 В. Диапазон выходного тока нормирующего преобразователя пропорционален значению физической величины, измеряемой датчиком, и соответствует рабочему диапазону датчика, указанному в его технических характеристиках.

В ряде приборов ОВЕН имеется встроенный источник питания постоянного тока, гальванически изолированный от схемы прибора.

На рисунках показаны схемы подключения датчиков с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА по двухпроводной линии к прибору 2ТРМ1 (верхний – со встроенным источником питания, нижний – с внешним питанием).



Измерение влажности психрометрическим методом

Психрометрический метод основан на измерении разности температур сухого и влажного термометров. Температура влажного термометра всегда ниже температуры сухого из-за испарения воды с поверхности фитиля. Чем суше воздух (влажность ниже), тем интенсивнее испаряется вода с поверхности фитиля, тем ниже температура увлажняемого термометра.

Существуют полуэмпирические психрометрические формулы, из которых выведена общепринятая формула относительной влажности:

$$\varphi = \frac{E_{влаж.}}{E_{сух.}} - \frac{A \cdot p \cdot (T_{сух.} - T_{влаж.})}{E_{сух.}},$$

где φ – относительная влажность воздуха, %;
$E_{влаж.}$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при температуре воздуха $T_{влаж.}$, °С;
$E_{сух.}$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при температуре воздуха $T_{сух.}$, °С;
p – атмосферное давление;
$T_{сух.}$ – температура сухого термометра, °С;
$T_{влаж.}$ – температура влажного термометра, °С;
A – психрометрический коэффициент (психрометрическая постоянная).

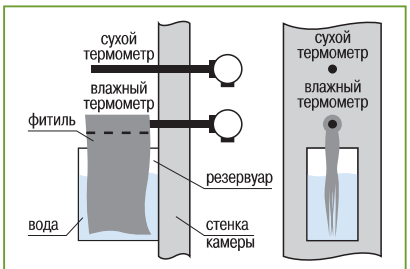


Рис. 1

Рис. 2

Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

Особенности подключения датчиков

Психрометрический коэффициент A зависит от многочисленных факторов:

- размера и формы чувствительного элемента увлажнённого термометра;
- вида и состояния смачиваемого фитиля;
- температуры смачивающей воды и теплопроводности фитиля;
- влияния тепловой радиации.

Среди внешних факторов наибольшее значение имеет скорость воздушного потока, обдувающего увлажненный термометр. Если она больше 2,5 м/сек, то коэффициент A приближается к величине ~0,064 1/°С. Если обдува нет, то коэффициент A сильно возрастает, поэтому рекомендуется устанавливать принудительную вентиляцию. В приборах ОВЕН значение A устанавливается пользователем – например, в МПР51 допускаются значения 0,064...0,008 1/°С.

«Сухой» и «влажный» датчики температуры следует крепить один над другим на расстоянии 50...100 мм, перпендикулярно (рис. 1) или параллельно стенке (рис. 3). Под «влажным» датчиком помещается резервуар с водой, в который опускается увлажняющий фитиль, закрывающий датчик. Резервуар изготавливается из нержавеющей стали, оцинкованного железа, термостойкой пластмассы, стекла или другого стойкого к условиям эксплуатации материала, не выделяющего вредных вещества. Увлажняющий фитиль чаще всего изготавливается из тонкой неотбеленной хлопчатобумажной ткани – марли, батиста, муслина, обладающих максимальной всасывающей способностью. Фитиль должен закрывать чувствительный элемент и максимальную площадь поверхности датчика.

Для снижения площади испарения воды из резервуара рекомендуется «бутылочный» профиль резервуара (рис. 3). Для пополнения резервуара можно поставить дополнительный резервуар вне камеры и соединить его с внутренним (рис. 4).

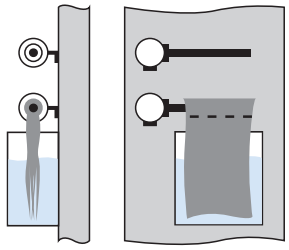


Рис. 3

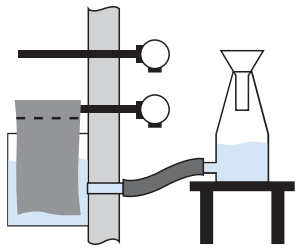


Рис. 4

Установка диапазона измерения при использовании датчиков с унифицированным выходным сигналом постоянного тока или напряжения (масштабирование)

При работе с датчиками, формирующими на выходе унифицированный сигнал тока или напряжения, в измерителях-регуляторах ОВЕН предусматривается возможность масштабирования шкалы измерения по каждому из каналов. Для этого в соответствующих параметрах программирования прибора устанавливаются нижняя и верхняя границы диапазона измерения, а также положение десятичной точки.

Параметр **«нижняя граница диапазона измерения»** определяет, какое значение будет выводиться на индикатор при минимальном уровне сигнала с датчика (например, при 4 мА для датчика с выходным сигналом тока 4...20 мА).

Параметр **«верхняя граница диапазона измерения»** определяет, какое значение будет выводиться на индикатор при максимальном уровне сигнала с датчика (например, при 20 мА для датчика с выходным сигналом тока 4...20 мА или 1 В для датчика с выходным сигналом напряжения 0...1 В).

Параметр **«положение десятичной точки»** определяет количество знаков после запятой, которое будет выводиться на индикатор.

Блок обработки входного сигнала

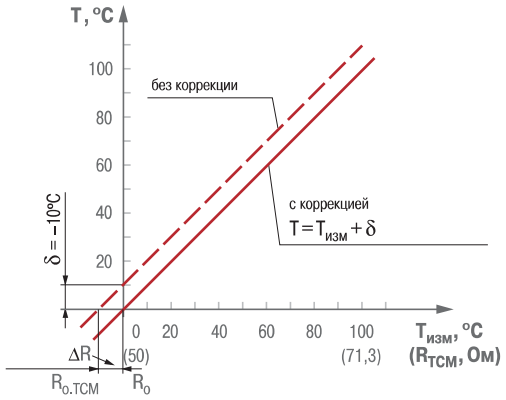
В блоке обработки входного сигнала осуществляется коррекция и цифровая фильтрация измеренных значений, а также вычисление дополнительных параметров.

Коррекция измерений (компенсация погрешности датчиков)

Для устранения начальной погрешности преобразования входных датчиков и погрешностей, вносимых соединительными проводами, измеренное прибором значение может быть откорректировано. В большинстве приборов ОВЕН существует **два типа коррекции**, позволяющих осуществлять сдвиг или изменение наклона измерительной характеристики на заданную величину.

Сдвиг характеристики

Пример для датчика ТСМ50, W_{100} = 1,426 (α = 0,00426)

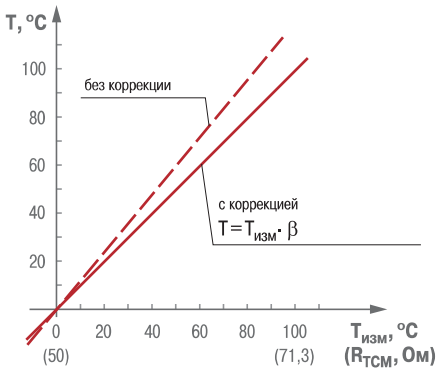


К каждому измеренному значению параметра $T_{изм}$ прибавляется заданное пользователем значение δ («сдвиг характеристики»).

Используется для компенсации погрешностей, вносимых сопротивлениями подводящих проводов (ΔR) при использовании двухпроводной схемы подключения термопреобразователей сопротивления.

Изменение наклона характеристики

Пример для датчика ТСМ50, W_{100} = 1,426 (α = 0,00426)



Каждое измеренное значение параметра $T_{изм}$ умножается на заданный пользователем в пределах 0,900...1,100 поправочный коэффициент β («наклон характеристики»).

Используется для компенсации погрешностей датчиков при отклонении значения W_{100} (α) от номинального.

Блок обработки входного сигнала

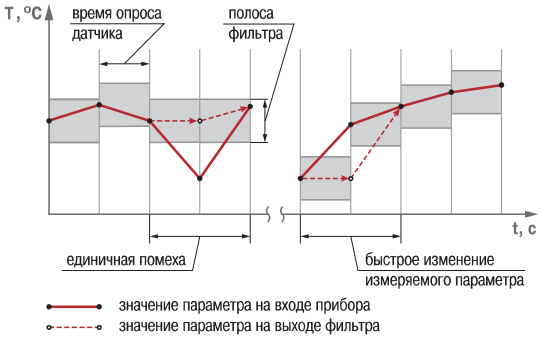
Цифровая фильтрация измерений

Цифровая фильтрация входного сигнала уменьшает влияние случайных импульсных помех на показания. В большинстве измерителей-регуляторов ОВЕН предусмотрена двухступенчатая фильтрация: «полосовая», устраняющая значительные единичные помехи, и «сглаживающая», снижающая действие небольших высокочастотных помех.

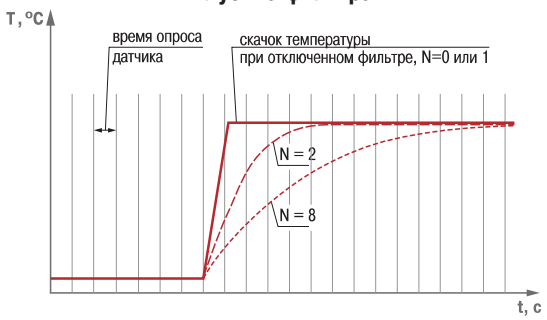
Первая ступень фильтрации описывается параметром «полоса фильтра», вторая – параметром «глубина фильтра» или «постоянная времени фильтра».

Полоса фильтра

Параметр «полоса фильтра» позволяет защитить измерительный тракт от сильных единичных помех. Полоса фильтра задается в единицах измеряемой величины. Если текущее показание отличается от предыдущего измеренного значения более чем на значение этого параметра, то оно игнорируется, и прибор производит повторное измерение. На цифровом индикаторе остается значение предыдущего измерения. Малая ширина полосы фильтра приводит к замедлению реакции прибора на быстрое изменение входной величины. Поэтому при низком уровне помех или при работе с быстроменяющимися процессами рекомендуется увеличить значение параметра или задать его равным 0. В случае работы в условиях сильных помех для устранения их влияния на работу прибора необходимо уменьшить значение параметра. При этом возможно ухудшение быстродействия прибора из-за повторных измерений.



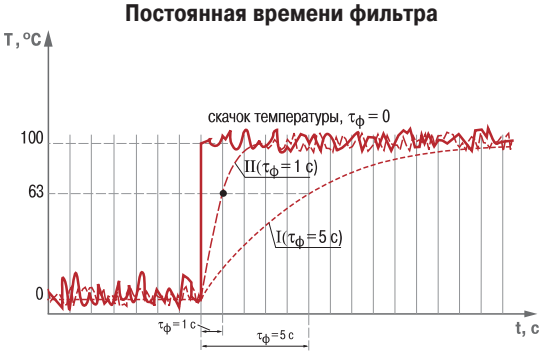
Глубина фильтра



Параметр «глубина фильтра» позволяет добиться «сглаживания» изменений показаний прибора за счет их усреднения. Значение этого параметра задает количество последних измерений, для которых прибор вычисляет среднее арифметическое. Полученная величина используется прибором в дальнейшей работе. Вид переходных характеристик фильтра для разных N показан на рисунке.

Уменьшение значения глубины фильтра приводит к более быстрой реакции прибора на скачкообразные изменения контролируемой величины, но снижает помехозащищенность прибора. Увеличение значения приводит к улучшению помехозащищенности, но вместе с этим повышает инерционность прибора.

Постоянная времени фильтра



Параметр «постоянная времени фильтра» $\tau_Ф$ позволяет осуществлять экспоненциальное сглаживание. Постоянной времени фильтра называют интервал, в течение которого выходной сигнал достигает 0,63 от величины окончательного значения (100 °С). На рисунке показана реакция фильтра на единичный скачок температуры при различных $\tau_Ф$.

Большое значение $\tau_Ф$ приводит к замедлению реакции прибора на изменение входной величины, но помехи значительно подавлены (кривая I). Малые значения $\tau_Ф$ позволяют довольно точно отслеживать изменения входной величины, но уровень помех практически не уменьшается (кривая II).

Вычисление дополнительных величин

В ряде измерителей-регуляторов ОВЕН предусмотрена возможность вычисления дополнительных величин (помимо измеряемых) и их поддержания.

Например, в 2ТРМ1 есть **вычислитель разности** входных сигналов $\Delta T = T1 - T2$. Значение разности прибор может регулировать. Наиболее часто эта возможность применяется для регулирования влажности: прибор поддерживает значение ΔT, установленное по психрометрической таблице в соответствии с необходимым значением влажности.

МПР51 имеет **вычислитель влажности** с заложенными значениями психрометрической таблицы, что позволяет поддерживать непосредственно влажность.

2ТРМ1 имеет **вычислитель квадратного корня** (при работе с унифицированными аналоговыми сигналами), который может преобразовывать квадратичную характеристику дифманометра в линейную.

Приборы ТРМ151 и ТРМ148 могут вычислять целый ряд функций от величин, измеренных на входах:

- относительную влажность психрометрическим методом;
- квадратный корень из измеренной величины;
- разность измеренных величин;
- среднее арифметическое измеренных величин;
- минимальное и максимальное значения измеренных величин;
- взвешенную сумму и частное измеренных величин.

Логические устройства (ЛУ)

Логические устройства (ЛУ) в соответствии с заданными пользователем параметрами формируют сигналы управления, которые через выходные устройства прибора (реле, транзисторные ключи и т. п.) подаются на исполнительные механизмы.

Логические устройства в приборах ОВЕН

Режим работы логического устройства	Тип выхода
Двухпозиционный регулятор (ON/OFF, компаратор)	ключевой (Р, К, С, Т, С3)
Аналоговый П-регулятор	аналоговый: ЦАП 4...20 мА (И) или 0...10 В (У)
ПИД-регулятор	ключевой (Р, К, С, Т, С3) или аналоговый (И, У)
Регистратор (измеритель-регистратор)	ЦАП 4...20 мА (И)

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

Логические устройства (ЛУ)

В измерителях-регуляторах ОВЕН ТРМ1, 2ТРМ1, ТРМ201, ТРМ202 пользователь имеет возможность задавать входную величину и режим работы логических устройств:

- двухпозиционный регулятор (ON/OFF, компаратор);
- аналоговый П-регулятор;
- измеритель-регистратор.

При этом режим работы ЛУ и тип выходного устройства, определяемый при заказе, должны обязательно соответствовать друг другу.

Другие измерители-регуляторы ОВЕН обычно содержат основное логическое устройство – **регулятор** (или несколько регуляторов), который может работать в режиме ПИД или ON/OFF. Также каждый канал регулирования может включать в себя дополнительные устройства:

- двухпозиционный (ON/OFF) регулятор, который используется для сигнализации или аварийного отключения оборудования;
- регистратор (то же, что измеритель-регистратор в ОВЕН ТРМ1).

Двухпозиционный регулятор (релейный, ON/OFF, компаратор)

В режиме двухпозиционного регулятора (компаратора) ЛУ сравнивает значение входной величины с уставками и выдает управляющий сигнал на выходное устройство в соответствии с заданной логикой.

Выходной сигнал двухпозиционного регулятора может имет только два значения: максимальное и минимальное. Одно из них включает, а другое выключает выходное устройство. Поэтому для работы ЛУ в режиме двухпозиционного регулятора требуется выходное устройство ключевого типа (э/м реле, транзисторная оптопара, оптосимистор, выход для управления внешним твердотельным реле).

Тип логики двухпозиционного регулятора, уставка $T_{уст.}$ и гистерезис Δ задаются пользователем при программировании прибора.

ДВУХПОЗИЦИОННЫЙ РЕГУЛЯТОР (КОМПАРАТОР) сравнивает значение измеренной величины с эталонным (уставкой). Состояние выходного сигнала изменяется на противоположное, если входной сигнал (измеренная величина) пересекает пороговый уровень (уставку).

Двухпозиционный регулятор используется:

- для регулирования измеренной величины в несложных системах, когда не требуется особой точности;
- для сигнализации о выходе контролируемой величины за заданные границы.

Тип логики 1 (прямой гистерезис)

Применяется в случае использования прибора для управления работой нагревателя (например, ТЭНа) или сигнализации о том, что значение текущего измерения T меньше уставки $T_{уст.}$. При этом выходное устройство, подключенное к ЛУ, первоначально включается при значениях $T < T_{уст.} - \Delta$, выключается при $T > T_{уст.} + \Delta$ и вновь включается при $T < T_{уст.} - \Delta$, осуществляя тем самым двухпозиционное регулирование температуры объекта по уставке $T_{уст.}$ с гистерезисом $\pm\Delta$.

Тип логики 2 (обратный гистерезис)

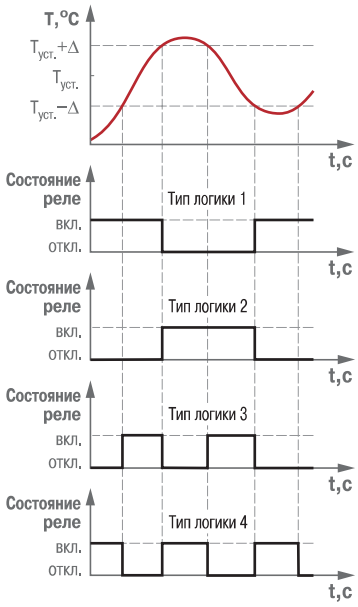
Применяется в случае использования прибора для управления работой «холодильника» (например, вентилятора) или сигнализации о превышении значения уставки. При этом выходное устройство первоначально включается при значениях $T > T_{уст.} + \Delta$, выключается при $T < T_{уст.} - \Delta$ и вновь включается при $T > T_{уст.} + \Delta$, также осуществляя двухпозиционное регулирование.

Тип логики 3 (П-образная)

Применяется при использовании прибора для сигнализации о входе контролируемой величины в заданные границы. При этом выходное устройство включается при $T_{уст.} - \Delta < T < T_{уст.} + \Delta$.

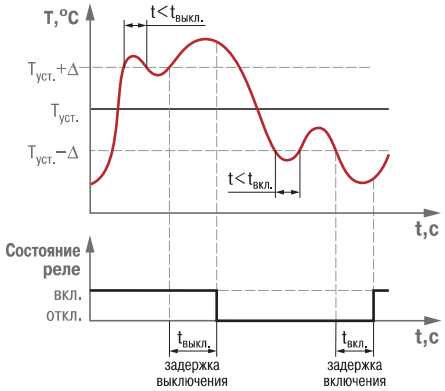
Тип логики 4 (U-образная)

Применяется при использовании прибора для сигнализации о выходе контролируемой величины за заданные границы. При этом выходное устройство включается при $T < T_{уст.} - \Delta$ и $T > T_{уст.} + \Delta$.



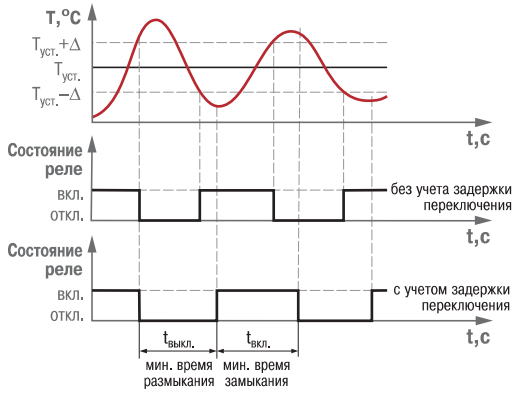
Задержка включения и выключения выходного устройства

Для защиты выходного устройства от частых срабатываний при работе ЛУ в режиме компаратора во многих приборах ОВЕН (например ТРМ1, 2ТРМ1, МПР51, ТРМ138) имеются параметры для установки времени задержки включения $t_{вкл.}$ и времени задержки выключения $t_{выкл.}$ выходного устройства. ЛУ включает (выключает) выходное устройство, если условие, вызывающее изменение состояния, сохраняется, как минимум, в течение времени, установленного в этих параметрах.



Удержание выходного устройства в замкнутом и разомкнутом состоянии в течение заданного времени

Для аварийной сигнализации о выходе параметра за установленные границы во многих приборах ОВЕН (например ТРМ1, 2ТРМ1, ТРМ138) можно задать минимальное время удержания выхода в замкнутом и разомкнутом состоянии. ЛУ удерживает выходное устройство в соответствующем состоянии в течение заданного времени, даже если по логике работы устройства сравнения требуется переключение.



Регулятор аналогового типа. Принцип ШИМ

В режиме аналогового регулирования ЛУ рассчитывает отклонение E текущего значения контролируемой величины T от заданной уставки $T_{уст.}$ (т. е. рассогласование). В результате на выходе регулятора вырабатывается аналоговый сигнал Y, который направлен на уменьшение рассогласования E. Этот сигнал подается на исполнительное устройство регулятора в виде тока или последовательности импульсов (ШИМ).

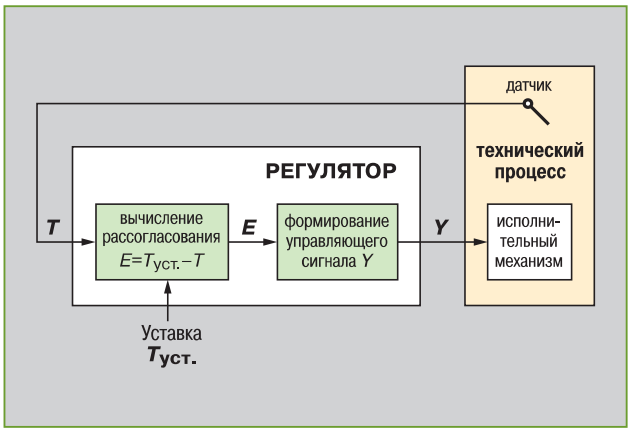
Если выходное устройство регулятора ключевого типа (реле, транзисторная или симисторная оптопара, выход для управления твердотельным реле), выходной сигнал преобразуется в последовательность управляющих импульсов с длительностью D (см. рисунок):

$$D = Y \cdot \frac{T_{сл}}{100\%},$$

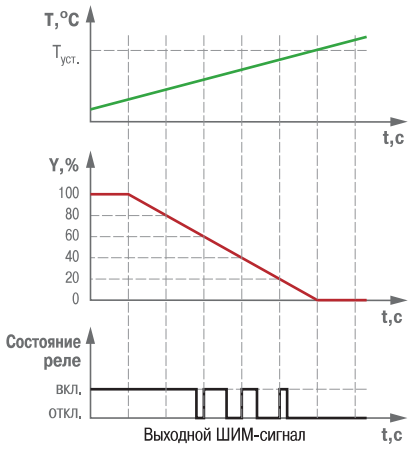
где D – длительность импульса, с;
$T_{сл}$ – период следования импульсов, с (задается пользователем при программировании);
Y – выходной сигнал регулятора.

Если в качестве выходного устройства используется ЦАП, выходной сигнал преобразуется в пропорциональный ему ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В.

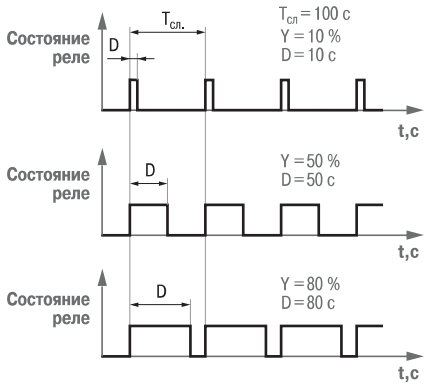
***РЕГУЛЯТОР** – устройство, предназначенное для поддержания контролируемой величины на заданном уровне.*



Принцип ШИМ для «нагревателя» (см. ниже)



ШИМ-сигнал при различных значениях выходного сигнала Y



ПИД-регулятор. Общие принципы ПИД-регулирования

Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор – наиболее эффективный и распространенный вид регулятора, обеспечивающий достаточно высокую точность при управлении различными процессами.

ПИД-регулятор вырабатывает выходной сигнал, который рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[E_i + \tau_д \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} + \frac{1}{\tau_и} \sum_{i=0}^{n} E_i \, \Delta t_{изм} \right] \cdot 100\%,$$

где X_p – полоса пропорциональности;
E_i – рассогласование;
$\tau_д$ – постоянная времени дифференцирования;
ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1};
$\Delta t_{изм}$ – время между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1};
$\tau_и$ – постоянная времени интегрирования;
$\sum_{i=0}^{n} E_i$ – накопленная в i-й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Как видно из формулы, **сигнал управления является суммой трех составляющих**:

- пропорциональной (1-е слагаемое);
- интегральной (3-е слагаемое);
- дифференциальной (2-е слагаемое).

Пропорциональная составляющая зависит от рассогласования E_i и отвечает за реакцию на мгновенную ошибку регулирования.

Интегральная составляющая содержит в себе накопленную ошибку регулирования, которая является дополнительным источником выходной мощности и позволяет добиться максимальной скорости достижения уставки при отсутствии перерегулирования.

Дифференциальная составляющая зависит от скорости изменения параметра $\Delta E_i / \Delta t_{изм}$, вызывающей реакцию регулятора на резкое изменение измеряемого параметра, возникшее, например, в результате внешнего возмущающего воздействия.

Для эффективной работы ПИД-регулятора необходимо подобрать для конкретного объекта регулирования значения коэффициентов ПИД-регулятора X_p, $\tau_д$ и $\tau_и$. Это можно сделать вручную или воспользоваться автонастройкой.

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

ПИД-регулятор. Частные случаи , поясняющие действие его пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих

Аналоговый П-регулятор (см. ЛУ в приборах ТРМ1, 2ТРМ1, ТРМ201, ТРМ202)

Пропорциональное регулирование (П-закон)

При цифровой реализации П-закона регулирования выходной сигнал регулятора Y_i пропорционален величине рассогласования E_i, т. е.

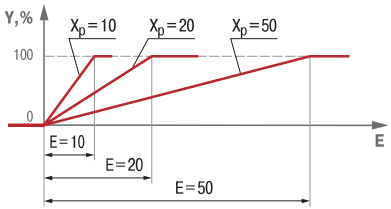
$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot E_i \cdot 100\% \ ,$$

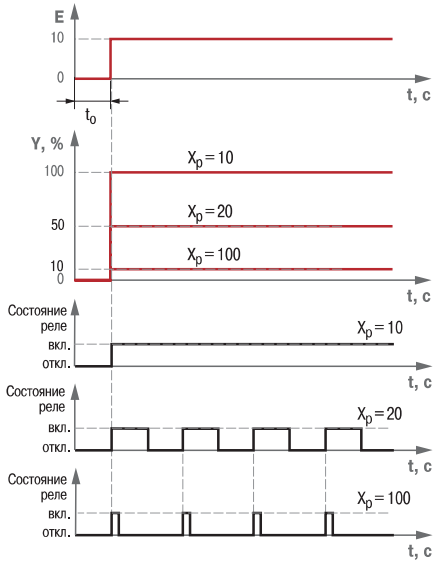
где X_p – полоса пропорциональности, в пределах которой справедлива эта формула;
E_i – разность между заданным $T_{уст.}$ и текущей T_i значениями измеряемой величины, или рассогласование.

Полоса пропорциональности X_p, как и отклонение E, выражается в единицах контролируемого параметра. Чем шире полоса пропорциональности X_p, тем меньше величина выходного сигнала Y при одном и том же отклонении E (см. рисунок справа). Вне полосы пропорциональности выходной сигнал Y равен 0 или 100 %.

При действии П-закона регулятор выдает импульсы, в которых присутствует только пропорциональная составляющая величины выходного сигнала.

Зависимость выходного сигнала П-регулятора от рассогласования при различных значениях *Xp*





Выходной сигнал П-регулятора и длительность управляющих импульсов при различных значениях *Xp* и *E* =10

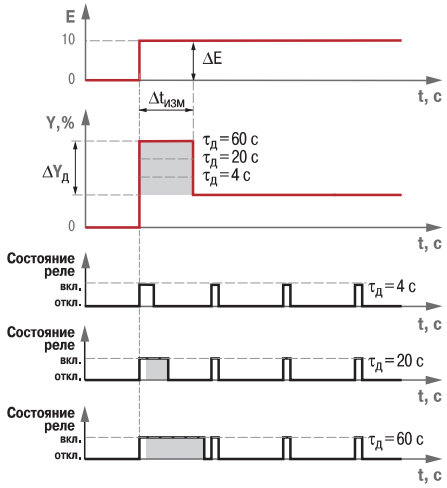
Пропорционально-дифференциальное регулирование (ПД-закон)

При работе прибора в режиме ПД-регулятора величина выходного сигнала Y_i зависит не только от величины отклонения E_i, но и от скорости его изменения:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[E_i + \tau_д \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}} \right] \cdot 100\% \ ,$$

где X_p – полоса пропорциональности;
E_i – рассогласование;
$\tau_д$ – постоянная времени дифференцирования;
ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1};
$\Delta t_{изм}$ – время между двумя соседними измерениями T_i и T_{i-1};
$\Delta E_i / \Delta t_{изм}$ – скорость изменения рассогласования E_i.

Изменение выходного сигнала регулятора при ступенчатом изменении отклонения показано на рисунке. В первый период после ступенчатого изменения E_i регулятор выдает управляющий импульс, в котором, кроме пропорциональной составляющей, вызванной рассогласованием E_i, добавляется дифференциальная (заштрихованная часть) $\Delta Y_Д$, которая зависит от величины ΔE_i и коэффициента $\tau_д$. В последующих импульсах присутствует только пропорциональная составляющая, так как нет изменения E_i.



Выходной сигнал ПД-регулятора и длительность управляющих импульсов при различных значениях $\tau_д$ и *E* =10

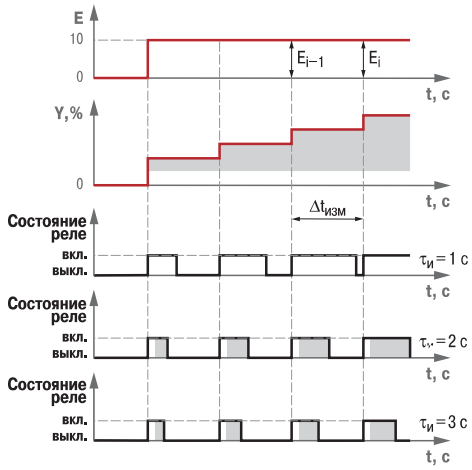
Пропорционально-интегральное регулирование (ПИ-закон)

При работе прибора в режиме ПИ-регулятора величина выходного сигнала Y_i зависит как от величины рассогласования E, так и от суммы предыдущих рассогласований.

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[E_i + \frac{1}{\tau_и} \sum_{i=0}^{n} E_i \, \Delta t_{изм} \right] \cdot 100\% \ ,$$

где X_p – полоса пропорциональности;
E_i – отклонение;
$\tau_и$ – постоянная времени интегрирования;
$\sum_{i=0}^{n} E_i$ – накопленная в i-й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Из рисунка видно, что в первый момент времени, когда нет отклонения (E_i= 0), нет и выходного сигнала (Y_i = 0). С появлением отклонения E_i появляются импульсы, длительность которых постепенно увеличивается. В импульсах присутствует пропорциональная составляющая, которая зависит от величины E (незаштрихованная часть импульсов) и интегральная составляющая (заштрихованная часть). Увеличение длительности импульсов происходит за счет роста интегральной составляющей, которая зависит от рассогласования E_i и коэффициента $\tau_и$.



Выходной сигнал ПИ-регулятора и длительность управляющих импульсов при различных значениях $\tau_и$ и *E* =10

ПИД-регулятор. Параметры ПИД-регулирования

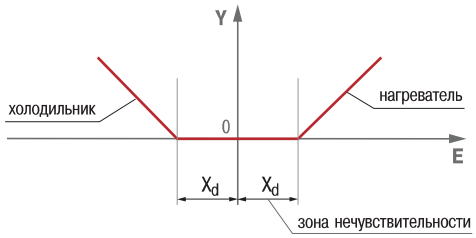
Зона нечувствительности X_d

Для исключения излишних срабатываний регулятора при небольшом значении рассогласования E_i для вычисления значений Y_i используется уточненное значение E_p, вычисленное в соответствии с условиями:

если $|E_i| \le X_d$, то $E_p = 0$;
если $E_i > X_d$, то $E_p = E_i - X_d$;
если $E_i < -X_d$, то $E_p = E_i + X_d$,

где X_d – зона нечувствительности.

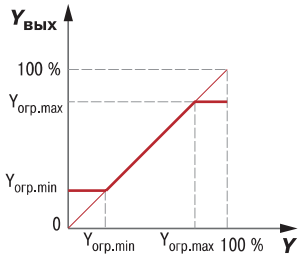
Прибор будет выдавать управляющий сигнал только после того, как регулируемая величина выйдет из этой зоны. Зона нечувствительности не должна превышать необходимую точность регулирования.



Ограничение управляющего сигнала

Так как рабочий диапазон исполнительного механизма всегда ограничен, для выходного управляющего сигнала $Y_{вых}$ задаются ограничения в виде максимального и минимального значений. Если выходной сигнал регулятора Y превышает заданную величину $Y_{огр.max}$, то на исполнительное устройство выдается сигнал $Y_{огр.max}$, если сигнал меньше заданной величины $Y_{огр.min}$, то выдается сигнал $Y_{огр.min}$.

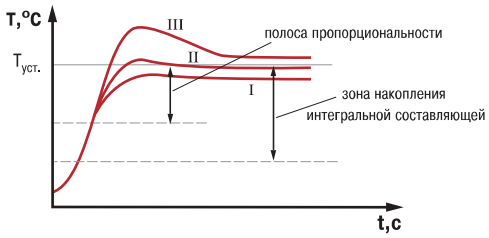
Кроме того, в некоторых регуляторах можно задать скорость изменения выходного сигнала, что позволяет избежать резких воздействий на исполнительные устройства.



Зона накопления интеграла

Если рассогласование E долго сохраняет знак, величина интегральной составляющей становится очень большой (эффект интегрального насыщения), что может привести к перерегулированию.

Для устранения влияния этого эффекта задают зону накопления интеграла, в пределах которой регулятор вычисляет интегральную составляющую. За пределами этой зоны, где интегральная сумма слишком велика, для формирования управляющего сигнала используется только пропорциональная составляющая. В зависимости от режима работы регулятора (нагреватель или холодильник), эта зона расположена выше или ниже уставки. Если регулятор управляет задвижкой без датчика положения, значение этого параметра не влияет на работу регулятора.

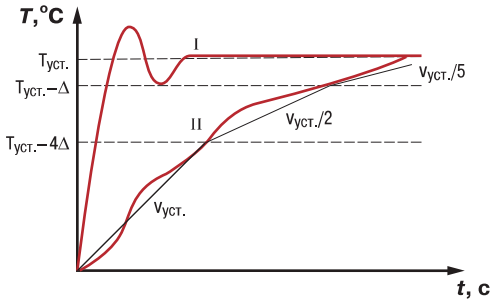


I – П-регулятор
II – ПИ-регулятор с ограничением накопления интегральной составляющей
III – ПИ-регулятор без ограничения интегральной составляющей

Ограничение скорости выхода на уставку

Ограничение скорости выхода контролируемой величины на заданное значение используется для предотвращения перерегулирования при запуске системы (кривая I). Фиксированное значение уставки заменяют на «плавающее», которое постепенно приближают к значению $T_{уст.}$ (кривая II). Приближение происходит сначала со скоростью $v_{уст.}$, затем скорость постепенно уменьшается (см. рис.). Рекомендуемое значение $v_{уст.}$ определяется прибором при автонастройке и обеспечивает первоначальную величину перерегулирования (первого «выбега») не более Δ.

При использовании скорости выхода на уставку возрастает время выхода на рабочий режим. Поэтому если задержка приводит к неудовлетворительным результатам, нужно увеличить $v_{уст.}$ или отключить действие параметра.



Период управляющих импульсов $T_{сл}$

При использовании ПИД-регулятора с выходным устройством ключевого типа (э/м реле, транзисторная или симисторная оптопара) необходимо устанавливать период управляющих импульсов. Чем выше частота управляющих импульсов (т. е. меньше период $T_{сл.}$), тем быстрее реакция регулятора на внешние возмущения.

В идеале частота импульсов управления должна совпадать с частотой опроса датчика. Однако, если при использовании на выходе ПИД-регулятора электромагнитного реле или пускателя установить слишком большую частоту (т. е. слишком низкое значение $T_{сл.}$), то частые переключения приведут к быстрому износу силовых контактов. Поэтому значение $T_{сл.}$ приходится увеличивать, но необходимо понимать, что качество регулирования при этом может ухудшиться.

При использовании в качестве выходных устройств электронных ключей (транзисторных или симисторных оптопар) проблемы износа контактов не возникает и значение $T_{сл}$ можно установить равным периоду опроса датчика (например, для ТРМ101 1...2 с).

Автонастройка позволяет определять значение $T_{сл}$, которое не будет оказывать отрицательного влияния на работу системы.

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

Управление различными исполнительными устройствами

Для поддержания заданного значения регулируемого параметра при работе ЛУ в режиме «Регулятор» можно использовать разные типы исполнительных устройств, но все они могут быть условно разделены на две группы:

- нагреватели;
- холодильники.

Нагревателем условно называют устройство, включение которого должно приводить к увеличению значения измеряемого параметра.

Холодильником называют устройство, включение которого должно приводить к уменьшению значения измеряемого параметра.

Кроме того, в некоторых ПИД-регуляторах ОВЕН существует специальный режим для управления устройствами типа «**задвижка**». Задвижка, в свою очередь, тоже может управлять либо нагревателем, либо холодильником.

Нагреватель («обратное» управление)

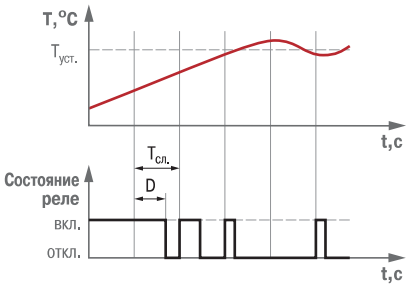
Управление процессом с помощью устройств типа «нагреватель» называют также «обратным», так как с увеличением значения регулируемого параметра уменьшается значение выходного сигнала Y. Регулятор при «обратном» управлении включается при текущих значениях T меньших уставки $T_{уст.}$ (при положительных отклонениях E) и отключается при $T > T_{уст.}$ (см. рисунок).

Холодильник («прямое» управление)

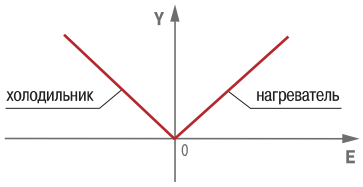
Управление процессом с помощью устройств типа «холодильник» называют также «прямым», так как с увеличением значения регулируемого параметра увеличивается значение выходного сигнала Y. Регулятор при «прямом» управлении включается при текущих значениях T больших уставки $T_{уст.}$ (при отрицательных отклонениях E) и отключается при $T < T_{уст.}$.

Одновременное управление нагревателем и холодильником

Для поддержания регулируемой величины регулятор может одновременно управлять двумя исполнительными устройствами – нагревателем и холодильником. Если в момент включения регулятора значение регулируемого параметра меньше уставки, регулятор включает нагреватель и использует это устройство до тех пор, пока величина выходного сигнала Y не поменяет знак на противоположный. После этого регулятор включает холодильник.



▲ **Выходной сигнал регулятора и временная диагарамма выходного реле при ШИМ-управлении нагревателем**



▲ **Управление нагревателем и холодильником**

Особенности работы ПИД-регулятора при управлении задвижкой (позиционно-пропорциональное регулирование)

Устройство типа «задвижка» имеет электрический привод и две пары контактов для управления направлением его вращения. При подаче управляющих сигналов на первую пару контактов задвижка перемещается в одну сторону, например открывается, при подаче импульсов на вторую – закрывается.

Если задвижка имеет датчик положения, то регулятор вычисляет положение задвижки в процентах (Y_i) и перемещает задвижку в нужное положение. При вычислении Y_i в формулу для ПИД-регулятора (см. выше) вносятся коррективы. Считается, что двигатель задвижки – это «интегрирующее звено», и регулятором производится дополнительное дифференцирование выходного сигнала. В этом случае постоянная времени дифференцирования $\tau_д$ не учитывается, даже если она была ранее установлена. Пропорциональная и интегральная составляющие действуют так же, как при управлении нагревателем (холодильником).

Если датчик положения отсутствует, то регулятор вычисляет среднюю скорость перемещения задвижки $v_{ср.}$ по формуле:

$$v_{ср.} = \frac{1}{X_p} \cdot \left[\Delta E_i + \frac{1}{\tau_и} \cdot E_i \right],$$

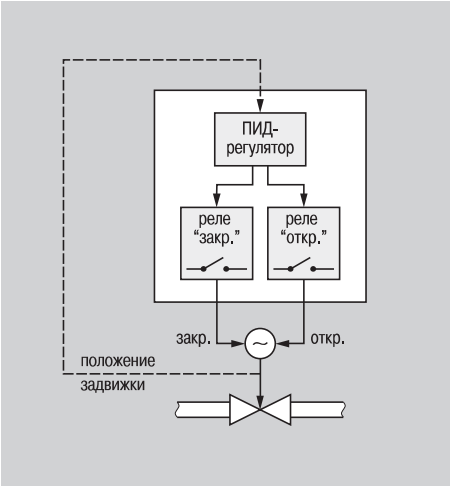
где X_p – полоса пропорциональности;
E_i – отклонение;
ΔE_i – разность между двумя соседними измерениями E_i и E_{i-1};
$\tau_и$ – постоянная времени интегрирования.

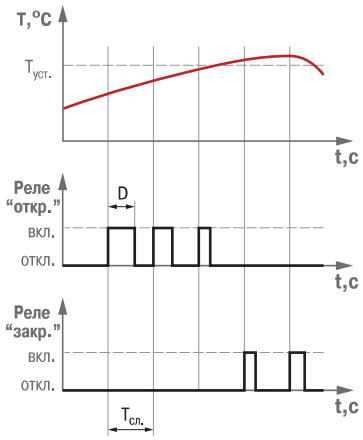
Если $v_{ср.} < 0$, то сигнал выдается на контакты реле «закр.»; если $v_{ср.} > 0$, то на реле «откр.». Длительность управляющих импульсов при этом определяется по формуле:

$$D = v_{ср.} \cdot T_{сл},$$

где D – длительность импульсов;
$T_{сл}$ – период следования импульсов.

Задвижка может работать и в режиме нагревателя, и в режиме холодильника. На рисунке показана диаграмма работы выходных реле при работе задвижки в режиме нагревателя.





Измеритель-регистратор

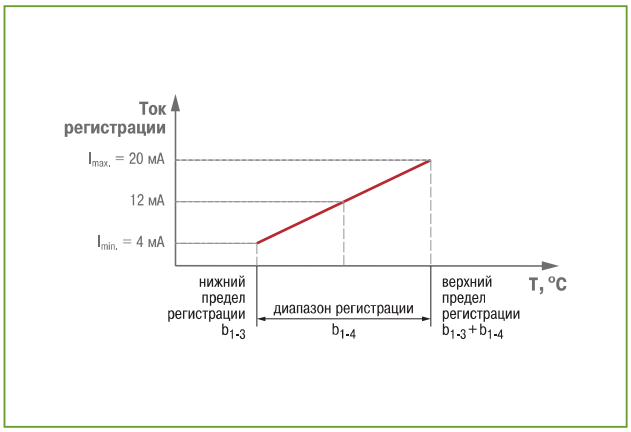
***ИЗМЕРИТЕЛЬ-РЕГИСТРАТОР** – устройство, предназначенное для преобразования измеренной величины в аналоговый сигнал тока 4…20 мА.*

При работе в режиме «измеритель-регистратор» ЛУ преобразует входную величину в аналоговый сигнал в виде тока 4...20 мА, который можно подавать на самописец или другое регистрирующее устройство.

Тип соответствующего измерителю выходного устройства – «И» – цифроаналоговый преобразователь «параметр–ток 4...20 мА».

Принцип формирования тока регистрации показан на рисунке.

При программировании прибора устанавливаются два параметра. Первый параметр – значение нижнего предела, соответствующее минимальному значению тока. Вторым параметром для разных приборов ОВЕН может быть либо диапазон регистрации, либо значение верхнего предела, соответствующее максимальному значению тока.



Выходные устройства

Выходные устройства (ВУ) предназначены для передачи выходного управляющего сигнала на исполнительные механизмы либо для передачи данных на регистрирующее устройство.

Выходные устройства ключевого типа

К выходным устройствам ключевого типа относятся:

- электромагнитное реле;
- транзисторная оптопара;
- симисторная оптопара;
- выход для управления внешним твердотельным реле.

Выходное устройство ключевого типа используется для управления (включения/выключения) нагрузкой либо непосредственно, либо через более мощные управляющие элементы, такие как пускатели, твердотельные реле, тиристоры или симисторы.

Цепи ключевых выходных устройств имеют гальваническую изоляцию от схемы прибора. Исключение составляет выход «Т» для управления внешним твердотельным реле. В этом случае гальваническую изоляцию обеспечивает само твердотельное реле.

Транзисторная оптопара (выход «К»)

Транзисторная оптопара применяется, как правило, для управления низковольтным электромагнитным или твердотельным реле (до 60 В постоянного тока). Схема включения приведена на рис. 1. Во избежание выхода из строя транзистора из-за большого тока самоиндукции параллельно обмотке реле P1 необходимо устанавливать диод VD1, рассчитанный на ток 1А и напряжение 100 В.

Симисторная оптопара (выход «С»)

Оптосимистор включается в цепь управления мощного симистора через ограничивающий резистор R1 по схеме, приведенной на рис. 2. Значение сопротивления резистора определяет величина тока управления симистора.

Оптосимистор может также управлять парой встречно-параллельно включенных тиристоров VS1 и VS2 (рис. 3). Для предотвращения пробоя тиристоров из-за высоковольтных скачков напряжения в сети к их выводам рекомендуется подключать фильтрующую RC-цепочку (R2 C1). Оптосимистор имеет встроенное устройство перехода через ноль и поэтому обеспечивает полное открытие подключаемых тиристоров без применения дополнительных устройств.

Выход «Т» для управления твердотельным реле

Выход «Т» для управления твердотельным реле выполнен на основе транзисторного ключа n–p–n-типа (рис. 4), который имеет два состояния: низкий логический уровень соответствует напряжениям 0...1 В, высокий уровень – напряжениям 4...6 В. Выход «Т» используется для подключения твердотельного реле, рассчитанного на управление постоянным напряжением 4...6 В с током управления не более 100 мА. Внутри выходного элемента устанавливается ограничительный резистор $R_{огр}$ номиналом 100 Ом.

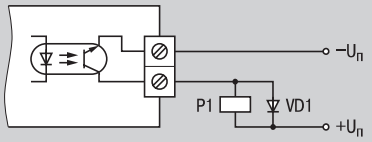


Рис. 1

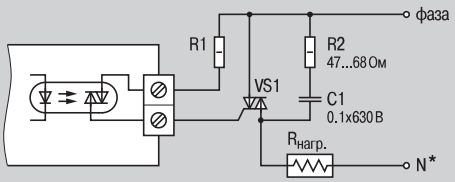
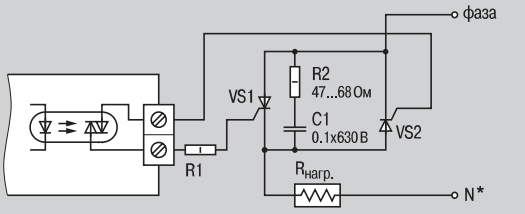


Рис. 2



* N – нейтраль

Рис. 3

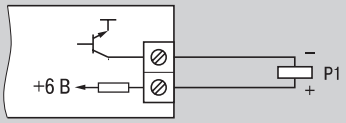


Рис. 4

Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

Выходные устройства

Выходные устройства аналогового типа

Выходное устройство аналогового типа – это цифроаналоговый преобразователь, который формирует токовую петлю 4...20 мА или напряжение 0...10 В и, как правило, используется для управления электронными регуляторами мощности.

Цепи аналоговых выходных устройств имеют гальваническую изоляцию от схемы прибора.

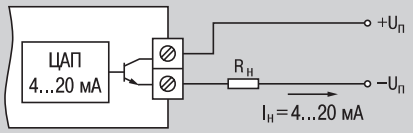


Рис. 5

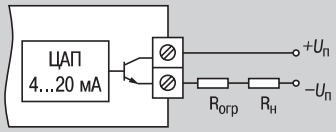


Рис. 6

ЦАП 4…20 мА (выход «И»)

Для работы ЦАП 4…20 мА используется внешний источник питания постоянного тока, номинальное значение напряжения $U_П$ которого рассчитывается следующим образом:

$$U_{П.min} < U_П < U_{П.max};$$

$$U_{П.min} = 10\ В + 0{,}02\ А \cdot R_Н;$$

$$U_{П.max} = U_{П.min} + 2{,}5\ В,$$

где $U_{П.min}$ и $U_{П.max}$ – минимально и максимально допустимое напряжения питания, соответственно, В;

$R_Н$ – сопротивление нагрузки ЦАП, Ом.

Если по какой-либо причине напряжение источника питания ЦАП, находящегося в распоряжении пользователя, превышает расчетное значение $U_{П.max}$, то последовательно с нагрузкой необходимо включить ограничительный резистор (см. рис. 5), сопротивление которого $R_{огр}$ рассчитывается по формулам:

$$R_{огр.min} < R_{огр} < R_{огр.max};\quad R_{огр.min} = \frac{(U_П - U_{П.max})}{I_{ЦАП.max}} \times 10^3;\quad R_{огр.max} = \frac{(U_П - U_{П.min})}{I_{ЦАП.max}} \times 10^3.$$

где $R_{огр.ном}$, $R_{огр.min}$ и $R_{огр.max}$ – номинальное, минимально и максимально допустимое значения сопротивления ограничительного резистора, соответственно, Ом;

$I_{ЦАП.max}$ – максимальный выходной ток ЦАП, мА.

ВНИМАНИЕ! Напряжение источника питания ЦАП 4...20 мА не должно превышать 36 В.

ЦАП 0…10 В (выход «У»)

Для работы ЦАП 0…10 В используется внешний источник питания постоянного тока (для ВУ1 см. рис. 20), номинальное значение напряжения которого Uп находится в диапазоне 15...32 В. Сопротивление нагрузки Rн, подключаемой к ЦАП, должно быть не менее 2 кОм.

ВНИМАНИЕ! Напряжение источника питания ЦАП 0…10 В не должно превышать 36 В.

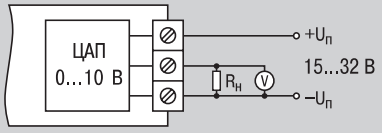


Рис. 7

Технические характеристики выходных устройств

Обозначение	Тип выходного устройства (ВУ)	Электрические характеристики
Р	электромагнитное реле	Максимальный ток нагрузки – 1 А (для ПИД-регулирования), 8 А (для сигнализации) при 220 В 50...60 Гц, cos $\varphi \geqslant 0{,}4$ или 30 В пост. тока
К	транзисторная оптопара структуры n–p–n-типа	Максимальный ток нагрузки – 400 мА при 60 В пост. тока
С	симисторная оптопара	Максимальный ток нагрузки – 50 мА при 240 В (постоянно открытый симистор) или 0,5 А (симистор включается с частотой не более 50 Гц и $t_{имп.}$ = 5 мс)
И	цифроаналоговый преобразователь «параметр–ток 4...20 мА»	номинальное сопротивление нагрузки – 0...1000 Ом, напряжение питания 10...30 В пост. тока
У	цифроаналоговый преобразователь «параметр–напряжение 0...10 В»	номинальное сопротивление нагрузки – не менее 2 кОм, напряжение питания 15...32 В
Т	выход для управления твердотельным реле	выходное напряжение 4...6 В, максимальный выходной ток 50 мА

Интерфейсы и протоколы, используемые в приборах и контроллерах ОВЕН

***ИНТЕРФЕЙС** – это стандартизованная **среда** или способ обмена информацией между двумя или более единицами оборудования: приборами, контроллерами, персональным компьютером и т.п.*

***ПРОТОКОЛ** – это стандартизованный **набор правил** передачи информации по какому-либо интерфейсу.*

Интерфейсы информационного обмена между приборами, применяемые в промышленности, могут быть двух типов:

- «точка-точка», соединяющий два прибора между собой;
- мультиприборный, позволяющий подключать более двух приборов на одну линию передачи данных.

Основная характеристика интерфейса – **пропускная способность**, которая показывает, сколько бит информации передается по интерфейсу за 1 секунду и измеряется в bit per second (bps, Mbps), или бит в секунду (бит/с, Мбит/с). Необходимо учитывать, что эта пропускная способность включает «накладные расходы», связанные со способом передачи данных. Для разных интерфейсов и протоколов доля полезной информации, передаваемой в секунду, может быть от 30 % до 90 % от общей пропускной способности.

Для сложных протоколов принята практика разделения их на несколько уровней (слоев). При этом каждый уровень реализуется отдельно и дополнительно стандартизуется обмен между уровнями. Это также позволяет заменять какие-то уровни (например для адаптации к разным интерфейсам), оставляя неизменными другие.

Интерфейсы и протоколы, используемые в приборах и контроллерах ОВЕН

Интерфейс	Тип	Пропускная способность	Длина линии связи	Протоколы*
RS-485	мульти-приборный (до 32 приборов)	стандартно 115200 bps, есть реализации до 2 Mbps	не более 1200 м (без повторителя)	● OBEH ● Modbus ASCII ● Modbus RTU ● DCON
RS-232	точка-точка		не более 3 м	
«токовая петля»	точка-точка	до 115200 bps	не более 1000 м	
Ethernet 10/100 base T (по витой паре)	точка-точка	10 Mbps/ 100 Mbps	не более 100 м	● Modbus TCP
USB 1.1	точка-точка	12 Mbps	не более 3 м	● Mass Storage Device ● CDC Device
USB 2.0	точка-точка	до 480 Mbps		

** зависит от типа прибора*

Совместимость приборов

Совместимость приборов – это их способность осуществлять информационный обмен между собой. Каждый из приборов, участвующих в информационном обмене, должен иметь определенный интерфейс и понимать определенный протокол. И даже в этом случае не гарантируется возможность обмена, т. к. один прибор может оказаться неспособным передавать ту информацию, которую требуется получать другому. Но что делать, если приборы способны к передаче нужной информации, но имеют разные интерфейсы и/или понимают разные протоколы? В этом случае требуется применение преобразователей интерфейсов или шлюзов.

Преобразователь интерфейсов – это устройство, имеющее два или более различных интерфейсов, ретранслирующее информацию из одного интерфейса в другой (другие). При этом передача информации осуществляется без ее преобразования. Поэтому к преобразователю интерфейсов имеет смысл подключать только те устройства, которые способны работать по одному протоколу.

Шлюз (или мост) – это интеллектуальное устройство, способное к преобразованию данных из одного протокола в другой. При этом шлюз может выступать также и в качестве преобразователя интерфейсов. Шлюз, в отличие от преобразователя интерфейса, требует дополнительной настройки, т. к. ему требуется указать, какие данные по каким протоколам надо принимать и передавать.

Интерфейс RS-485

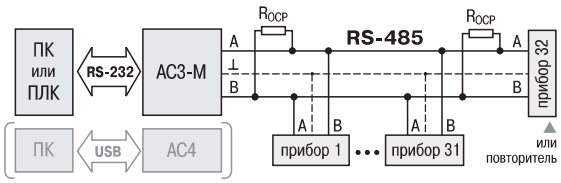
При проектировании промышленных систем автоматизации наибольшее распространение получили информационные сети, основанные на интерфейсе стандарта EIA RS-485. Это высокоскоростной и помехоустойчивый последовательный интерфейс, который позволяет создавать сети путем параллельного подключения многих устройств к одной физической линии.

Большинство приборов ОВЕН, предназначенных для работы в информационной сети, имеют встроенный интерфейс RS-485.

В обычном персональном компьютере (не промышленного исполнения) этот интерфейс отсутствует, поэтому для подключения к ПК промышленной сети RS-485 необходим специальный адаптер – преобразователь интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB (например, ОВЕН АС3-М или АС4).

По интерфейсу RS-485 данные передаются с помощью «симметричного» (дифференциального) сигнала по двум линиям (A и B).

Максимальная длина линии связи между крайними устройствами может составлять до 1200 м (и более с использованием повторителей). При длине линии связи более 100 м в максимально удаленных друг от друга точках сети рекомендуется устанавливать оконечные согласующие резисторы номиналом от 100 до 250 Ом, позволяющие компенсировать волновое сопротивление кабеля и минимизировать амплитуду отраженного сигнала. Количество приборов в сети не должно превышать 32 (без использования повторителя).



Типовая схема промышленной сети, построенной на базе интерфейса RS-485

Интерфейс RS-232

Интерфейс стандарта EIA RS-232C предназначен для последовательной связи двух устройств (соединение «точка-точка»). Он является общепринятым и широко используется для подсоединения внешнего оборудования к ПК.

Передача данных по интерфейсу RS-232C осуществляется с помощью «несимметричного» сигнала по двум линиям – TxD и RxD, а амплитуда сигнала измеряется относительно линии GND («нуля») (см. рис.).

Несимметричность сигнала обуславливает низкую помехозащищенность данного интерфейса, особенно при промышленных помехах, поэтому длина линии связи RS-232, как правило, ограничена расстоянием в несколько метров. Наличие линий приема (RxD) и передачи (TxD) данных позволяет поддерживать полнодуплексную передачу информации, т.е. одновременно информация может как передаваться, так и приниматься.

Устройства для связи по интерфейсу RS-232 обычно соединяются кабелем с 9-контактными или 25-контактными разъемами (DB9, DB25 и др.).

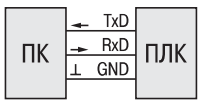


Схема подключения контроллера к ПК по интерфейсу RS-232

Интерфейс RS-232 имеют контроллеры ОВЕН ПЛК и панели оператора, другие приборы ОВЕН могут быть подключены по RS-232 к ПК через преобразователь ОВЕН АС3-М или АС2.

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

Интерфейс «токовая петля» (разновидность RS-232)

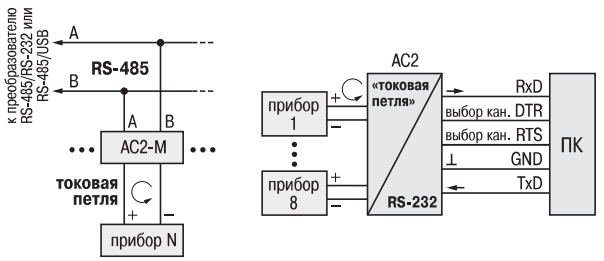
«Токовая петля» – разновидность интерфейса RS-232, также обеспечивающая связь двух приборов (соединение «точка-точка»). Информация в токовой петле передается не напряжением, а током по двухпроводной линии, что обеспечивает высокий уровень помехозащищенности. Стандарт «токовая петля» позволяет передавать данные на расстояния до 1000 м со скоростью до 19,2 кбит/с.

Из-за наличия одной линии связи стандартом обеспечивается полудуплексная передача данных, т. е. в каждый момент времени информация может либо передаваться, либо приниматься.

Приборы ОВЕН ТРМ32, ТРМ33, МПР51 в базовой модификации, УКТ38, приборы серии PiC и некоторые другие имеют встроенный интерфейс «токовая петля».

Приборы ОВЕН с интерфейсом «токовая петля», могут быть подключены:

- к ПК через адаптер «токовая петля»/RS-232 ОВЕН АС2;
- к сети RS-485 через шлюз «токовая петля»/RS-485 ОВЕН АС2-М, в т. ч. обеспечивающий преобразование данных в протокол Modbus.



к промышленной сети RS-485

к ПК

Типовые схемы подключения приборов с интерфейсом «токовая петля» к сети

Интерфейс Ethernet

Ethernet – транспортная технология для передачи данных в вычислительных сетях, преимущественно локальных. Протокол, используемый в кабельных сетях Ethernet – CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) – Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов. В соответствии с этим протоколом устройства начинают передачу данных только после обнаружения свободного канала связи для сокращения между ними количества коллизий (ошибок). Все версии семейства Ethernet ориентированы на поддержку работы до 1024 узлов сети.

Этот интерфейс получил широкое распространение в компьютерных сетях благодаря высокой пропускной способности и помехоустойчивости.

Контроллеры ОВЕН ПЛК имеют встроенный интерфейс Ethernet 10/100 Base-T, что позволяет встраивать их в распределенные информационные системы более высокого уровня.

Интерфейс USB

Стандарт USB разработан как альтернатива более «медленным» компьютерным стандартам RS-232 и LPT. В настоящее время устройства с интерфейсом USB 2.0 позволяют передавать данные со скоростью до 480 Мбит/с.

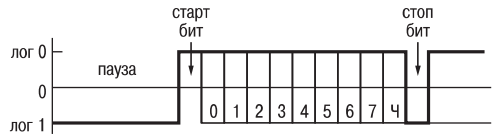
Интерфейс USB, как и RS-485, является симметричным и позволяет передавать данные по двум проводам (D+ и D–), при этом логические уровни аналогичны соответствующим уровням стандарта RS-485. Интерфейс USB имеет линии питания Vcc и GND для запитывания подключенного устройства (при условии, что потребляемый им ток не превышает 500 мА).

После установки драйвера операционная система распознает подключаемое устройство как COM-порт и использует стандартный асинхронный режим передачи данных, применяемый для работы с аппаратным COM-портом.

Контроллеры ОВЕН ПЛК имеют встроенный интерфейс USB-Device, другие приборы ОВЕН могут быть подключены к ПК по USB через преобразователь RS-485/USB ОВЕН АС4.

Формат передачи данных для интерфейсов RS-485, RS-232, «токовая петля»

Интерфейсы RS-485, RS-232, «токовая петля» поддерживают асинхронный режим передачи. Данные посылаются побайтно, формат передачи представлен на рисунке. Передача каждого байта начинается со старт/бита, сигнализирующего приемнику о начале передачи, за которым следуют биты данных и, возможно, бит четности. Завершает посылку стоп/бит, определяющий паузу между посылками. Для асинхронного режима принят ряд стандартных скоростей обмена: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. Количество бит данных может составлять 5, 6, 7 или 8 (5- и 6-битные форматы распространены незначительно).



Протоколы, используемые в приборах ОВЕН для передачи данных по интерфейсам RS-485, RS-232, «токовая петля»

Применяемые в приборах ОВЕН протоколы используют технологию *ведущий (master) – подчиненный или ведомый (slave)*, при которой только одно устройство (ведущий) может инициировать передачу, т. е. сделать запрос. Другие устройства (подчиненные) передают ведущему запрашиваемые данные или производят запрашиваемые действия. Мастером сети может быть ПК, программируемый контроллер или прибор, который способен выполнять эту функцию.

Большинство приборов ОВЕН поддерживают протокол ОВЕН. Контроллеры ОВЕН ПЛК, модули ввода/вывода и операторские панели ОВЕН могут также поддерживать протоколы Modbus и DCON*.

Протокол Modbus (ASCII, RTU)

Modbus – стандартный открытый протокол, который широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Разработан компанией ModiCon, в настоящий момент поддерживается независимой организацией Modbus-IDA (www.modbus.org). Использует для передачи данных последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232, а также сети TCP/IP.

Возможны два режима передачи: ASCII и RTU, которые отличаются способом упаковки сообщений.

Протокол Modbus наиболее удобен для обмена оперативными данными.

Протокол DCON

DCON – открытый протокол обмена по сети RS-485, достаточно простой в реализации. Разработан компанией Advantech, применяется для обмена данными с модулями ввода/вывода ADAM, модулями компании ICP DAS и некоторыми другими.

Протокол DCON подходит для организации обмена несколькими оперативными параметрами, но при большом объеме различных данных неудобен из-за отсутствия стандартизации.

Протокол ОВЕН

Протокол ОВЕН разработан для описания процесса обмена информацией приборов ОВЕН между собой и с ПК в сети RS-485 (есть также разновидность протокола ОВЕН для приборов с интерфейсом «токовая петля»).

Протокол ОВЕН имеет удобную организацию для конфигурирования приборов.

Описания протокола ОВЕН для обмена по сети RS-485 и по «токовой петле» размещены на сайте ОВЕН www.owen.ru.

** поддерживаемые протоколы уточняйте для каждого прибора по каталогу*

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) и среда их программирования

Программируемые логические контроллеры и среда их программирования

Программируемый логический контроллер (ПЛК)

Законченное изделие, имеющее физические входы, выходы, интерфейсы и человеко-машинный интерфейс.

Отличие ПЛК от контрольно-измерительных приборов заключается в отсутствии жестко прописанного алгоритма работы. За счет этого на ПЛК можно реализовывать практически любые алгоритмы управления, но сам алгоритм управления должен создать непосредственно пользователь контроллера. Для создания алгоритма, его тестирования и записи в контроллер используется среда программирования.

Для программирования контроллеров ОВЕН ПЛК используется среда программирования CoDeSys v.2.3.

Описание изделия ОВЕН ПЛК приведено в каталоге.

CoDeSys (используется для программирования контроллеров ОВЕН ПЛК)

Среда CoDeSys разработана немецкой компанией 3S-Software для программирования контроллеров различных производителей. Так, с помощью этой же среды программируются контроллеры Wago, Beckhoff, ABB. Полный список контроллеров, программируемых на CoDeSys приведен здесь: http://www.automation-alliance.com/index.shtml?aa_partner.

CoDeSys включает в себя следующие основные компоненты:

- система исполнения;
- среда программирования.

Среда программирования

Графическая оболочка, устанавливается на ПК. Служит для создания проекта, его отладки, и перевода в машинный язык (компилирование).

Среда программирования включает:

- редактор, компилятор и отладчик МЭК-проектов;
- поддержку всех 5 языков программирования МЭК;
- средства построения и конфигурирования периферийных модулей ввода/вывода ПЛК (PLC Configuration);
- средства создания визуализации;
- средства коммуникаций (сетевые переменные, OPC-сервер, DDE-сервер).

Среда программирования CoDeSys поставляется в комплекте с контроллером (на CD), для покупателей контроллеров ОВЕН – бесплатно.

Target-файлы (набор файлов целевой платформы)

Необходимы для того, чтобы указать среде программирования, для какого типа контроллера пишется проект. Target-файлы содержат в себе системную информацию о подключаемом ПЛК:

- наличие и тип физических входов и выходов контроллера;
- описание ресурсов контроллера;
- расположение данных в МЭК-памяти.

Данная информация используется средой программирования CoDeSys при создании проекта и загрузке его в ПЛК. Каждая модель ОВЕН ПЛК имеет соответствующий набор Target-файлов. Перед созданием проекта необходимо установить Target-файл, соответствующий типу контроллера и прошивке.

Target-файлы поставляются на CD в комплекте с ПЛК, а также доступны для загрузки с сайта www.owen.ru.

Для инсталляции Target-файлов в среду программирования CoDeSys используется программа InstallTarget, которая устанавливается на ПК вместе со средой программирования CoDeSys.

Прошивка

Системное программное обеспечение ПЛК. Управляет работой контроллера на аппаратном уровне (уровень драйверов для аппаратных устройств внутри контроллера – описывает их взаимодействие). Каждый произведенный контроллер изначально имеет прошивку.

Новые версии прошивки создаются для внесения исправлений в работу контроллера либо для добавления новых функций.

Замена версии прошивки ПЛК может производиться пользователем самостоятельно с помощью стандартного кабеля для программирования, поставляемого в комплекте с ПЛК, и программы перепрошивки, доступной на сайте www.owen.ru. Иногда изменение прошивки влечет за собой необходимость смены Target-файла.

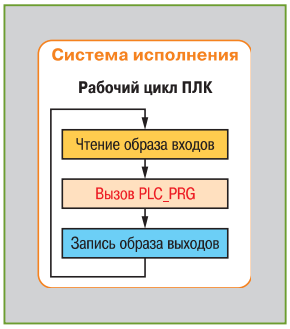
Определить версию прошивки и Target-файла можно стандартными средствами ОС Windows – программой «Гипертерминал», либо используя ресурс CoDeSys – PLC Browser.

Не рекомендуется изменять прошивку контроллера в отсутствие необходимости.

Цикл ПЛК

Программы, написанные для исполнения на ПК и ПЛК, различаются. Исполнение программы в ПЛК происходит циклически. Это означает, что в течение заданного интервала времени (времени цикла ПЛК) система исполнения:

- считывает значения из области входов;
- вызывает и один раз выполняет необходимую программу (PLC_PRG по умолчанию);
- пройдя алгоритм от начала и до конца, записывает результаты его работы в память выходов.



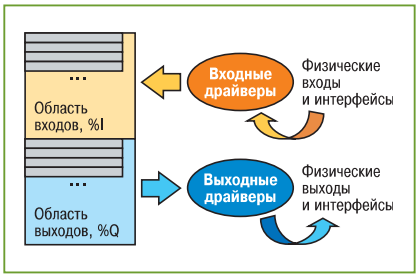
Затем эти операции повторяются вновь.

Время цикла ПЛК зависит от объема и сложности программы ПЛК. Для простой программы время цикла ОВЕН ПЛК составляет 1 мс, для более сложных программ оно может увеличиться. Реальную длительность цикла можно узнать, подключив модуль Statistic в окне PLC Configuration.

Время опроса датчиков или подключенных сетевых устройств, а также время изменения состояния выходов не связаны напрямую со временем цикла ПЛК. Работа с интерфейсами, входами и выходами и исполнение цикла ПЛК производятся параллельно.

Память входов-выходов (МЭК-память)

Выделенная область памяти, предназначенная для хранения данных, поступающих с физических (сетевых) входов или передаваемых на физические (сетевые) выходы контроллера.



В начале каждого цикла своей работы ПЛК считывает значения из памяти входов (обозначается **%I**) и использует в соответствии с пользовательским алгоритмом. В конце цикла полученные (вычисленные) значения записываются в память выходов (обозначается **%Q**).

Запись значений, полученных с физических входов в область входов, и передача значений из области выходов на физические выходы производится параллельно выполнению цикла ПЛК с помощью специальных внутренних драйверов.

В зависимости от типа лицензии ПЛК, размер этой области памяти может быть ограничен 360 байтами или не ограничен.

Лицензия (размер памяти входов/выходов)

Существуют лицензии двух типов:

- ***L (low)*** – в ПЛК с такой лицензией есть ограничение на размер памяти ввода/вывода до 360 байт. Это означает, что к такому контроллеру возможно подключение ограниченного количества сигналов с помощью модулей ввода/вывода, панелей оператора и других устройств;
- ***M (medium)*** – контроллер с такой лицензией не имеет указанного ограничения, количество подключаемых внешних модулей ограничено лишь пропускной способностью интерфейсов связи.

Выбор типа лицензии необходимо сделать перед приобретением контроллера. Ограничение в контроллерах с лицензией типа *L* накладывается только на память входов/выходов и ни на что более.

Проект (проект CoDeSys)

Включает в себя:

- написанные пользователем программы (POU), описывающие алгоритм работы ПЛК;
- конфигурирование периферийного оборудования и драйверов ввода/вывода (PLC Configurations);
- визуализации процесса управления (Visualizations) и т. д.

Все эти компоненты хранятся в одном файле с расширением *.pro.

Проект однозначно связан с версией target-файла. При смене версии target-файла или замене модели ПЛК необходимо внести изменения в проект с тем, чтобы устранить несоответствия между версиями.

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН

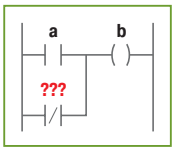
Языки МЭК (языки программирования контроллеров)

Стандартом МЭК предусмотрено 5 языков программирования ПЛК: **IL**, **LD**, **FBD**, **ST**, **SFC**. При разработке проекта пользователь может выбрать любой из языков для написания конкретного программного модуля (POU). В рамках одного проекта могут присутствовать программные модули, написанные на разных языках. В CoDeSys поддержаны все 5 языков, а также один дополнительный:

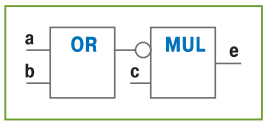
- **IL** (**I**nstruction **L**ist) – Список инструкций – язык программирования, напоминающий ассемблер Siemens STEP7. Все операции производятся через ячейку памяти, «аккумулятор», в который программа записывает результаты произведенных действий.

```
LD   a
STN  x
```

- **LD** (**L**adder **D**iagram) – Релейные диаграммы – графический язык программирования, использующий принципы построения электрических схем. С помощью элементов «контакт» и «катушка» пользователь собирает схему прохождения сигнала. Язык удобен для реализации логических алгоритмов работы с дискретными сигналами.



- **FBD** (**F**unctional **B**lock **D**iagram) – Диаграмма функциональных блоков – графический язык программирования. Все действия и операторы, используемые в данном языке, представляются в виде функциональных блоков (ФБ). ФБ имеют входы и выходы определенных типов, которые могут быть связаны между собой.



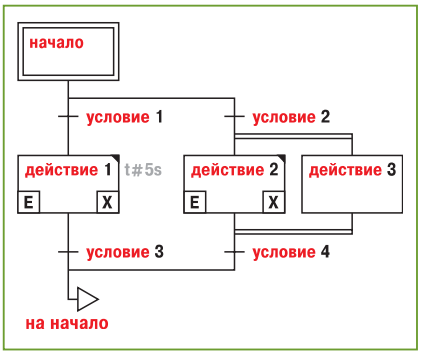
Помимо стандартных ФБ пользователь может вставлять в алгоритм собственные POU, созданные в рамках данного проекта или реализованные в подключенных к проекту библиотеках.

В CoDeSys реализован улучшенный язык программирования с помощью функциональных блоков, получивший обозначение **CFC**.

- **ST** (**S**tructured **T**ext) – Структурный текст – текстовый язык программирования, схожий с языком высокого уровня (C, Pascal). Язык ST удобен для реализации сложных вычислений, циклов и условий, для работы с аналоговыми сигналами.

```
a:=a+1;
FOR y THEN
b:=b*3.14;
END_IF;
```

- **SFC** (**S**equential **F**unctional **C**hart) – Последовательные функциональные схемы – графический язык, приспособленный для создания последовательности этапов алгоритма работы. Каждый этап реализуется на любом удобном для пользователя языке. Язык удобен для создания алгоритмов управления сложными процессами, имеющими несколько ступеней, написания моделей автоматов.



Визуализация

Специальный редактор, встроенный в среду программирования CoDeSys для создания экранов с пользовательскими мнемосхемами.

На экране визуализации можно добавить простые геометрические объекты, кнопки, графики, таблицы, гистограммы, элементы ввода и вывода информации. В одном проекте может быть создано несколько окон визуализации, вызываемых с помощью кнопок либо другими способами.

Просматривать созданные окна можно:

- с помощью программы CoDeSys HMI. Демо-версия программы устанавливается при установке среды программирования CoDeSys на ПК пользователя;
- для контроллеров, имеющих встроенный дисплей, – непосредственно на дисплее контроллера;
- с помощью любого Web Браузера (Internet Explorer, FireFox...). Для этого производитель контроллеров должен обеспечить поддержку CoDeSys Web server в своем контроллере.

В настоящее время визуализацию в контроллерах ОВЕН ПЛК можно просматривать только с помощью CoDeSys HMI.

PLC configuration (Конфигурация ПЛК)

Специальное окно в среде программирования CodeSys, позволяющее настраивать драйверы ввода/вывода и периферийный обмен по интерфейсам ПЛК.

С помощью данного ресурса производится настройка:

- связи ПЛК с модулями расширения, GSM-модемом, панелями оператора или другими устройствами, подключаемыми к контроллеру по сетевым интерфейсам и через поддерживаемые протоколы ОВЕН, Modbus, Modbus TCP и DCON;
- настройка входов и выходов ПЛК для подключения датчиков и исполнительных механизмов;
- для контроллеров ОВЕН можно настраивать модуль статистики (сервисные данные о контроллере) и модуль архиватора.

Полное описание работы с PLC Configuration для контроллеров ОВЕН ПЛК есть на компакт-диске, поставляемом в комплекте с контроллером.

Target Settings (Настройка целевой платформы)

В этом окне CodeSys выбирается целевая (аппаратная) платформа, с которой будет использоваться текущий проект, и задаются настройки выбранной платформы. При создании нового проекта диалог выбора целевой платформы открывается автоматически.

Выбор платформ ограничен числом установленных на вашем компьютере наборов файлов целевой платформы (Target-файлов). Выбор платформы определяет базовые параметры генератора кода и функциональность доступных в системе команд.

Некоторые параметры целевой платформы доступны для изменения (это определяется производителем контроллера):

- целевая платформа (тип контроллера);
- распределение памяти;
- общие параметры;
- сетевые настройки;
- визуализация.

Более подробно о работе с Target Settings – см. встроенный *Help*.

Библиотеки CoDeSys

Файл с расширением *.lib, содержащий совокупность уже созданных программных модулей.

Библиотеки часто содержат следующие программные модули:

- реализованные функции стандартных вычислений (сложение, вычитание, умножение, счетчики времени, триггеры и т. д.);
- реализованные функции сложных алгебраических вычислений (тригонометрические и логарифмические функции, преобразования типов данных, генераторы сигналов, П-, ПИ-, ПИД-регуляторы, интеграторы, графики);
- реализованные функции, позволяющие работать со специализированными и низкоуровневыми функциями контроллера.

Библиотеки могут быть созданы:

- создателем среды программирования CoDeSys (Standart.lib, Util.lib, SysLibTime.lib и т. д.);
- производителем контроллеров (компанией ОВЕН созданы библиотеки PID_Regulator.lib, UNM.lib);
- непосредственно конечным пользователем – пользователь сам может создавать библиотеки, включая в них программные модули, написанные единожды, но которые ему могут в дальнейшем понадобиться.

Элементы библиотек становятся доступны для использования при подключении библиотеки к конкретному проекту. Подключение библиотек производится с помощью ресурса Library manager (Менеджер библиотек).

Library Manager (Менеджер библиотек)

Служит для подключения в проект библиотек – как стандартных, так и пользовательских. Содержит список всех библиотек, которые связаны с проектом. Взятые из библиотек POU (программные модули), типы данных и глобальные переменные можно использовать так же, как определенные пользователем.

Более подробно о работе с менеджером библиотек – см. встроенный *Help*.

Пользовательская память

Встроенная в контроллер память. Объем доступной памяти составляет порядка 3 Мб.

Может быть использована пользователем для ведения архивов данных и событий, для хранения исходных файлов проекта, созданного в среде программирования CoDeSys, и любых других файлов. При отключении питания все файлы сохраняются и могут быть выгружены из контроллера при последующем включении (например, с помощью PLC_IO или PLC Browser).

Аппаратные часы реального времени

Встроены в ПЛК. Работают даже при выключенном питании контроллера благодаря встроенному в ПЛК аккумулятору. Дата и время могут быть заданы с помощью PLC Browser или системной библиотеки SysLibTime.lib.

Использование значения часов реального времени в работе алгоритма ПЛК также производится с помощью элементов библиотеки SysLibTime.lib.

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

***ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ** – способность технического средства (ТС) функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим ТС.*

***УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОМЕХЕ (ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ)** – способность ТС сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров.*

Основные стандарты по электромагнитной совместимости

Приборы ОВЕН относятся к классу оборудования А, предназначенному для применения в промышленных зонах, и проходят обязательное тестирование на помехоустойчивость с учетом требований следующих основных стандартов по ЭМС:

- ГОСТ Р 51317.6.2 (МЭК 61000-6-2) «Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах»;
- ГОСТ Р 51522 (МЭК 61326-1) «Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения».

Большинство новых разработок ОВЕН полностью соответствует требованиям ГОСТ (МЭК) по ЭМС к промышленному оборудованию, при этом для всех важных функций выполняется критерий качества функционирования «А» (см. таблицу).

Критерии качества функционирования

Критерий	Описание согласно ГОСТ Р 5122
A	Как в период воздействия помехи, так и после ее прекращения оборудование должно выполнять заявленные функции. При этом не допускается даже временное ухудшение рабочих характеристик.
B	Во время действия помехи допускается временное ухудшение рабочих характеристик, но после прекращения помехи они должны восстанавливаться без вмешательства оператора.
C	Во время действия помехи допускается временное ухудшение рабочих характеристик или потеря функций, но после ее прекращения всё должно восстанавливаться при помощи действий оператора или перезапуска системы.
D	Во время действия помехи происходит необратимое ухудшение рабочих характеристик или потеря функций. Критерий D при испытаниях не применяется

Требования помехоустойчивости оборудования класса А

Наименование порта	Вид помехи	Основополагающий стандарт	Уровень испытательного воздействия
Порт корпуса	Электростатические разряды	ГОСТ Р 51317.4.2	±4 кВ/±8 кВ (контактный разряд/ воздушный разряд)
	Радиочастотное электромагнитное поле в полосе частот 80–1000 МГц	ГОСТ Р 51317.4.3	10 В/м
	Магнитное поле промышленной частоты	ГОСТ Р 50648	30 В/м[1)]
Порты электропитания переменного тока	Динамические изменения напряжения электропитания: ● провалы напряжения ● прерывания напряжения ● выбросы напряжения	ГОСТ Р 51317.4.11	70 % Uном, 50 периодов < 5 % Uном, 5 периодов 120 % Uном, 50 периодов
	Наносекундные импульсные помехи	ГОСТ Р 51317.4.4	±2 кВ
	Микросекундные импульсные помехи большой энергии	ГОСТ Р 51317.4.5	±1 кВ[2)]/±2 кВ[3)]
	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями в полосе частот 150 кГц – 80 МГц	ГОСТ Р 51317.4.6	3 В[4)]
Порты электропитания постоянного тока[7)]	Наносекундные импульсные помехи	ГОСТ Р 51317.4.4	±2 кВ
	Микросекундные импульсные помехи большой энергии	ГОСТ Р 51317.4.5	±1 кВ[2)]/±2 кВ[3)]
	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями в полосе частот 150 кГц – 80 МГц	ГОСТ Р 51317.4.6	3 В[4)]
Порты ввода-вывода	Наносекундные импульсные помехи	ГОСТ Р 51317.4.4	±1 кВ
	Микросекундные импульсные помехи большой энергии	ГОСТ Р 51317.4.5	±1 кВ[3), 6)]
	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями в полосе частот 150 кГц – 80 МГц	ГОСТ Р 51317.4.6	3 В[4), 5)]
Порты ввода-вывода при передаче сигналов по электрическим сетям (см. ГОСТ Р 51317.3.[8)]	Наносекундные импульсные помехи	ГОСТ Р 51317.4.4	±2 кВ
	Микросекундные импульсные помехи большой энергии	ГОСТ Р 51317.4.5	±1 кВ[2)]/±2 кВ[3)]
	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями в полосе частот 150 кГц – 80 МГц	ГОСТ Р 51317.4.6	3 В[4)]

[1)] Только для оборудования, чувствительного к магнитному полю.
[2)] Подача помехи по схеме «провод–провод».
[3)] Подача помехи по схеме «провод–земля (заземление)».
[4)] Уровень испытательного воздействия для кондуктивных помех, наведенных радиочастотными электромагнитными полями, ниже, чем для радиочастотного электромагнитного поля, поскольку первые имитируют условия резонанса на каждой частоте и поэтому являются более жестким испытанием.
[5)] Только в случае, когда длина кабеля превышает 3 м.
[6)] Только в случае протяженных линий.
[7)] Соединения по постоянному току между частями оборудования или системы, которые не подключены к распределительной сети постоянного тока, рассматриваются как порты ввода-вывода.

WWW.ASUWORLD.RU
(495) 789-4283, 789-4284
Мир АСУ
Технические характеристики и цены могут быть изменены без предварительного уведомления.
ОВЕН