jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

JUMO

More than sensors + automation

jumo в Беларуси
Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка, габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

Оборудование для молочной промышленности

Инновационные решения для Вашего успеха

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
JUMO в Беларуси
Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка,габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

Дипл. инж. Кристина Хоффманн
Руководитель направления
Фармацевтической и пищевой промышленностей
Тел: +49 661 6003-9384
Эл. почта: christina.hoffmann@jumo.net

Дорогой читатель!

Молочные продукты являются неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Но только производитель знает, насколько производство и переработка продуктов питания зависит от надежности технологических процессов и точности измерительной техники.

JUMO – Ваш надежный партнер, который поддержит Вас в любых вопросах и предоставит быстрое решение, независимо от того, хотите ли Вы контролировать и регистрировать давление, температуру, проводимость и значение pH или управлять целыми процессами очистки. JUMO поможет Вам снизить производственные затраты.

Как мы это делаем? Все благодаря многолетнему опыту и профессионализму: уже более 60 лет компания JUMO является одним из ведущих производителей контрольно-измерительных приборов и, кроме того, надежным партнером пищевой промышленности.

При этом особое внимание мы уделяем новым разработкам, постоянному улучшению существующей продукции и использованию более экономичных методов производства - только таким образом мы достигаем наивысшего уровня новаторских решений.

Молочная промышленность не исключение. JUMO предлагает только самое лучшее, а именно множество решений для различных применений и поддержку при внедрении систем контроля безопасности пищевых продуктов или использовании международных стандартов по продуктам питания.

В настоящей брошюре представлена продукция и решения JUMO для молочной промышленности. Кроме того, мы с удовольствием разработаем вместе с Вами индивидуальные, соответствующие всем Вашим требованиям решения.

Неизменным в этих решениях остается одинаково хорошее качество!

С уважением, Кристина Хоффманн

P.S.: детальную информацию о продукции JUMO Вы найдете по номерам типов / групп продуктов на странице в интернете www.branchen.jumo.info.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

Переработка молока	4
Хранение	6
Сепарирование	7
Гомогенизация	8
Пастеризация/Термообработка	8
Розлив	9
Производство йогурта	10
Выпаривание	12
Ферментация	12
Добавление наполнителя	13
Производство сыра	14
Сыроизготовитель	16
Посол	17
Созревание/Хранение	17
CIP-мойка	18

jumo в Беларуси
Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка,габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Переработка молока

Высокий уровень санитарной культуры является принципиально важным для молокозаводов. Молоко – продукт чувствительный, и его необходимо тщательно защищать от загрязнения. Датчики JUMO для гигиенического применения могут использоваться на любом этапе переработки молока.

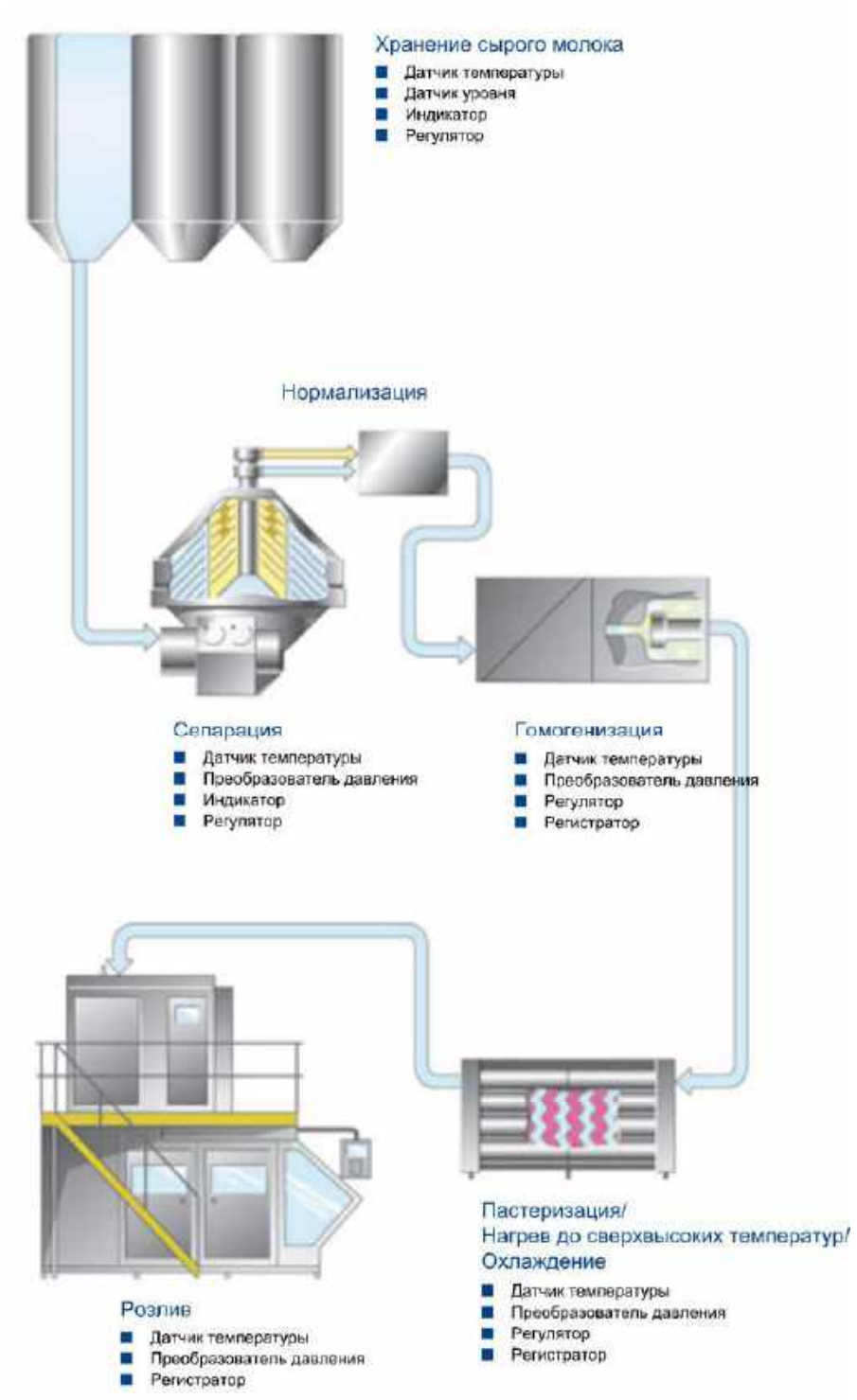
jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Переработка молока

Технология переработки молока охватывает основные процессы, такие как хранение, сепарирование, гомогенизация и пастеризация. Эти процессы также играют значительную роль в производстве йогурта, масла и сыра. Поэтому на следующих страницах они представлены в качестве стандартных технологических процессов производства молочных продуктов.

Так, производство ферментированных продуктов описано на примере изготовления йогурта. В частности, в зависимости от использования различных бактериальных культур или изменения последовательности отдельных фаз технологического процесса, можно получить густой или питьевой йогурт.

Технология производства сыра также похожа для всех традиционных сортов сыра. Но не все процессы могут использоваться для того или иного вида продукта: при изготовлении творога или творожного сыра, например, необходима пастеризация, но нет необходимости в созревании. И наоборот, для других сортов сыра, как например, сыр паста филата, сырную массу подвергают тепловой обработке и растягивают для получения эластичного сырного теста.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка,габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Хранение

Контроль уровня наполнения с помощью JUMO dTRANS p20

Уровень сырья в резервуарах для хранения и стерильных резервуарах определяется на молокозаводах путем измерения гидростатического давления. Измерительный преобразователь давления JUMO dTRANS p20 сочетает в себе максимальную точность и простоту управления, которое легко и быстро осуществляется посредством поворотной кнопки. Корпус и сенсоры изготовлены из высококачественной нержавеющей стали.

Следовательно, преобразователь давления лучше всего подходит для применений с повышенными гигиеническими требованиями. Компактный корпус с короткой монтажной длиной позволяет устанавливать прибор даже в труднодоступных местах.

Стерильное подключение к процессу и шероховатость поверхности ≤0,8 мкм гарантируют высочайшую надежность технологического процесса.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Сепарирование

Контроль давления на выходе обезжиренного молока из сепаратора с помощью JUMO DELOS SI

Чтобы обеспечить равномерное качество продукта согласно стандартам, в обезжиренном молоке необходимо контролировать давление. Независимо от того, происходят ли колебания давления или расхода в продукте после прохождения сепаратора, необходимо обеспечить постоянное давление на выходе обезжиренного молока.

Электронный преобразователь давления JUMO DELOS SI с переключающим контактом и ярким дисплеем - это настоящая находка, когда необходимо визуализировать текущее давление или состояние. Благодаря использованию высококачественной нержавеющей стали и безуплотнительной измерительной системы, установленной заподлицо, он лучше всего подходит для применений с повышенными гигиеническими требованиями.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Гомогенизация

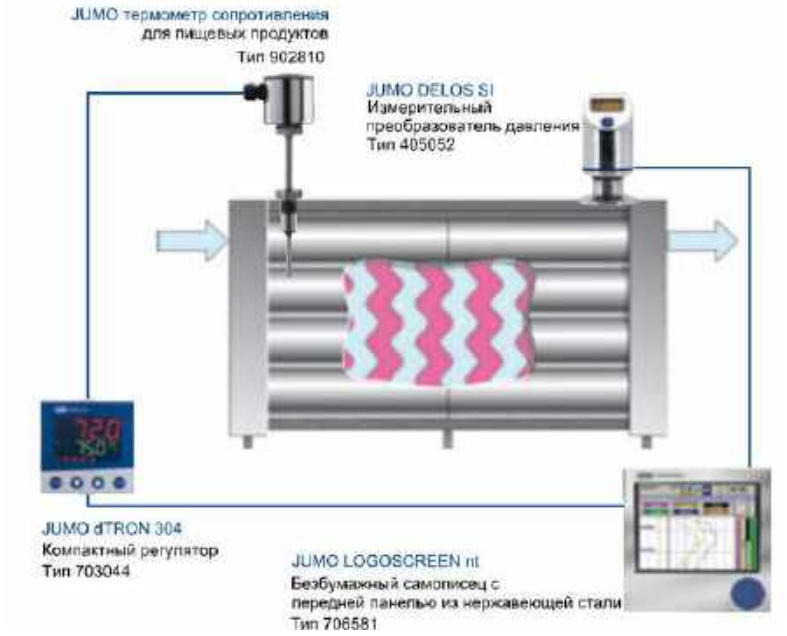
Регулировка давления с помощью JUMO IMAGO 500

Точное регулирование и контроль давления в процессе гомогенизации гарантирует, что этот процесс всегда проходит достаточно эффективно, чтобы достичь желаемого результата. В производстве сливок, например, в процессе гомогенизации задается вязкость. Самым простым решением для регулирования величины давления на этом этапе производства является JUMO IMAGO 500, так как к нему можно одновременно подключить несколько гомогенизаторов.

Пастеризация / Термообработка

Контроль температуры с помощью JUMO LOGOSCREEN nt

JUMO LOGOSCREEN nt идеально подходит для регистрации значений температуры в процессе пастеризации. Прибор соответствует директиве ЕС относительно измерительных, регулирующих, контрольных и предохранительных устройств для систем пастеризации молока. (Постановление ЕС № 852/2004 и 853/2004). Кроме того, впечатляет корпус регистратора JUMO LOGOSCREEN nt, изготовленный из нержавеющей стали с большой степенью защиты.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

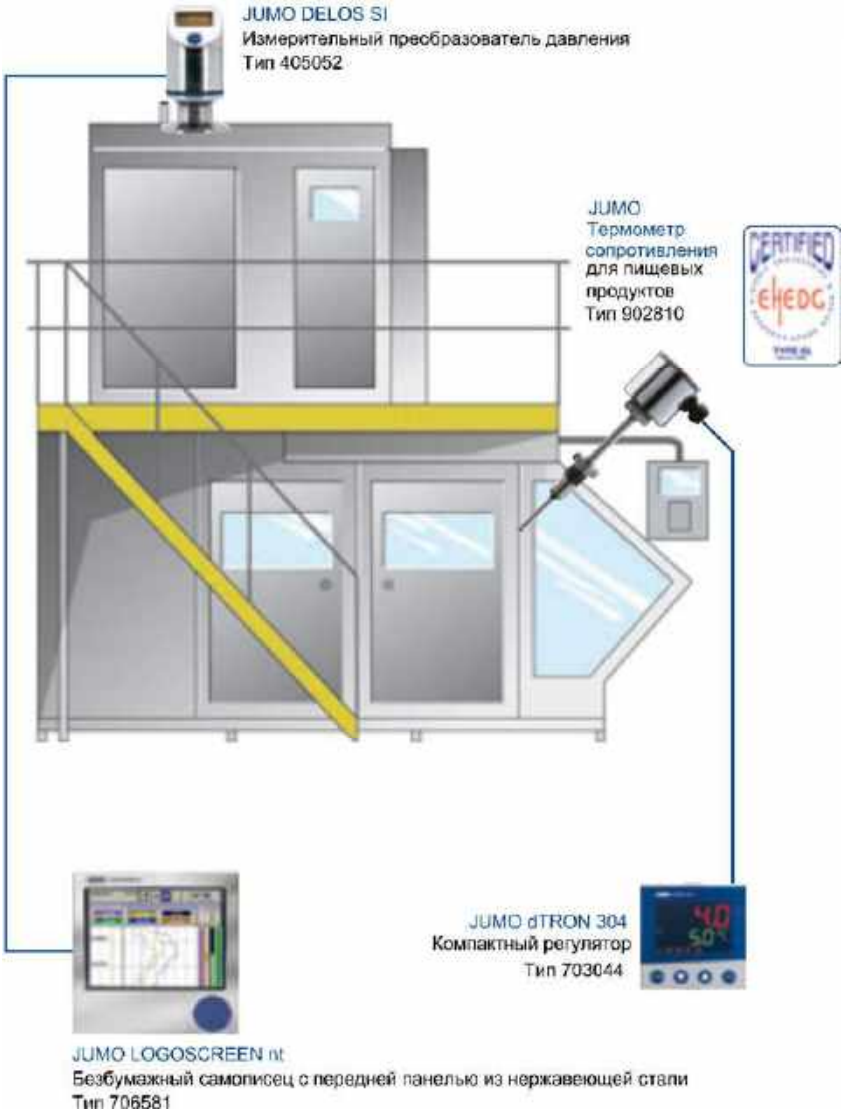
Розлив

Регистрация процесса розлива с помощью JUMO LOGOSCREEN nt

Установки для розлива работают на молокозаводах в асептических условиях. Это означает, что применяемая на таких установках измерительная техника должна соответствовать высшим гигиеническим стандартам. Стерильные установки для розлива изготавливают путем краткосрочной стерилизации при высокой температуре. Следовательно, кроме точного регулирования необходимо также обеспечить надежную регистрацию, чтобы иметь возможность оперативного контроля стерильности процесса розлива.

Самописец JUMO LOGOSCREEN nt может записывать все параметры. В случае прекращения работы установки, благодаря функции веб-сервера автоматически формируется электронное письмо об ошибке и отправляется оператору.

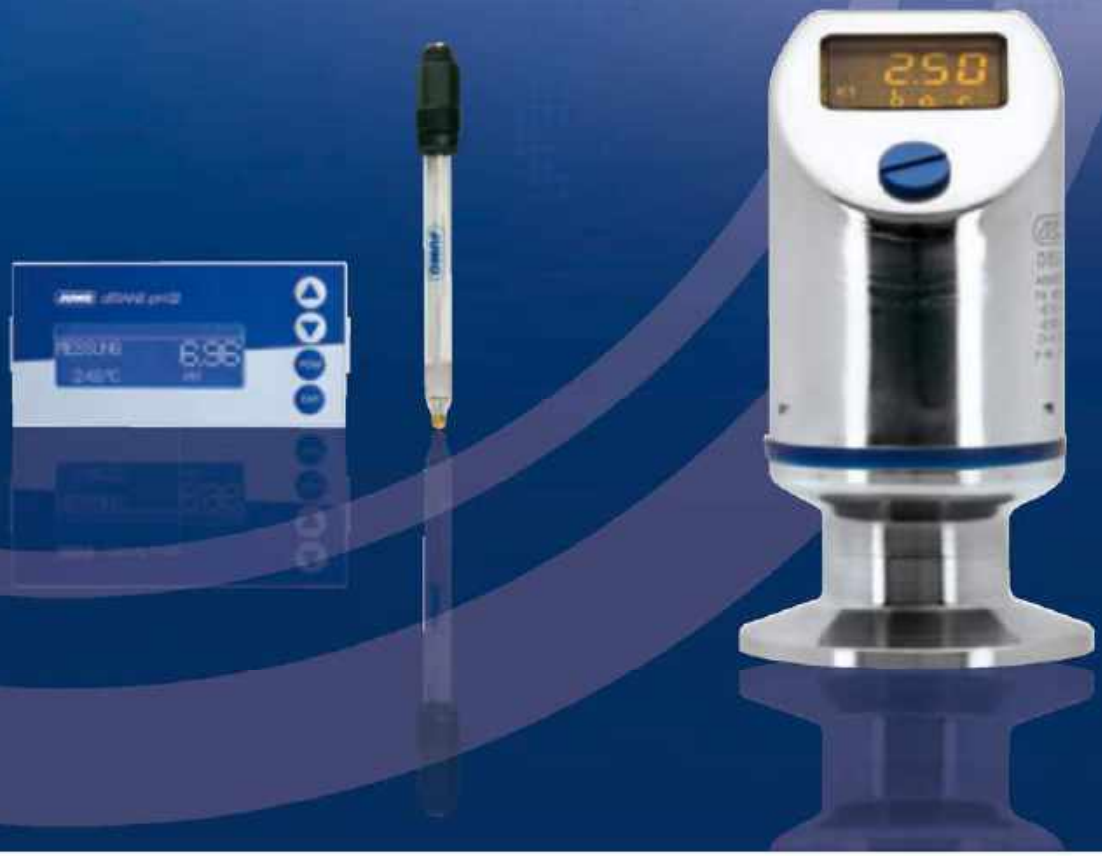
Самописец JUMO LOGOSCREEN nt соответствует всем гигиеническим требованиям пищевой промышленности и в то же время устойчив к воздействию агрессивных чистящих средств.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Производство йогурта

Производство йогурта – процесс нежный и требует особого обращения.
Качество конечного продукта при этом зависит от температуры.
Надежные датчики JUMO помогут получить продукт высшего качества.

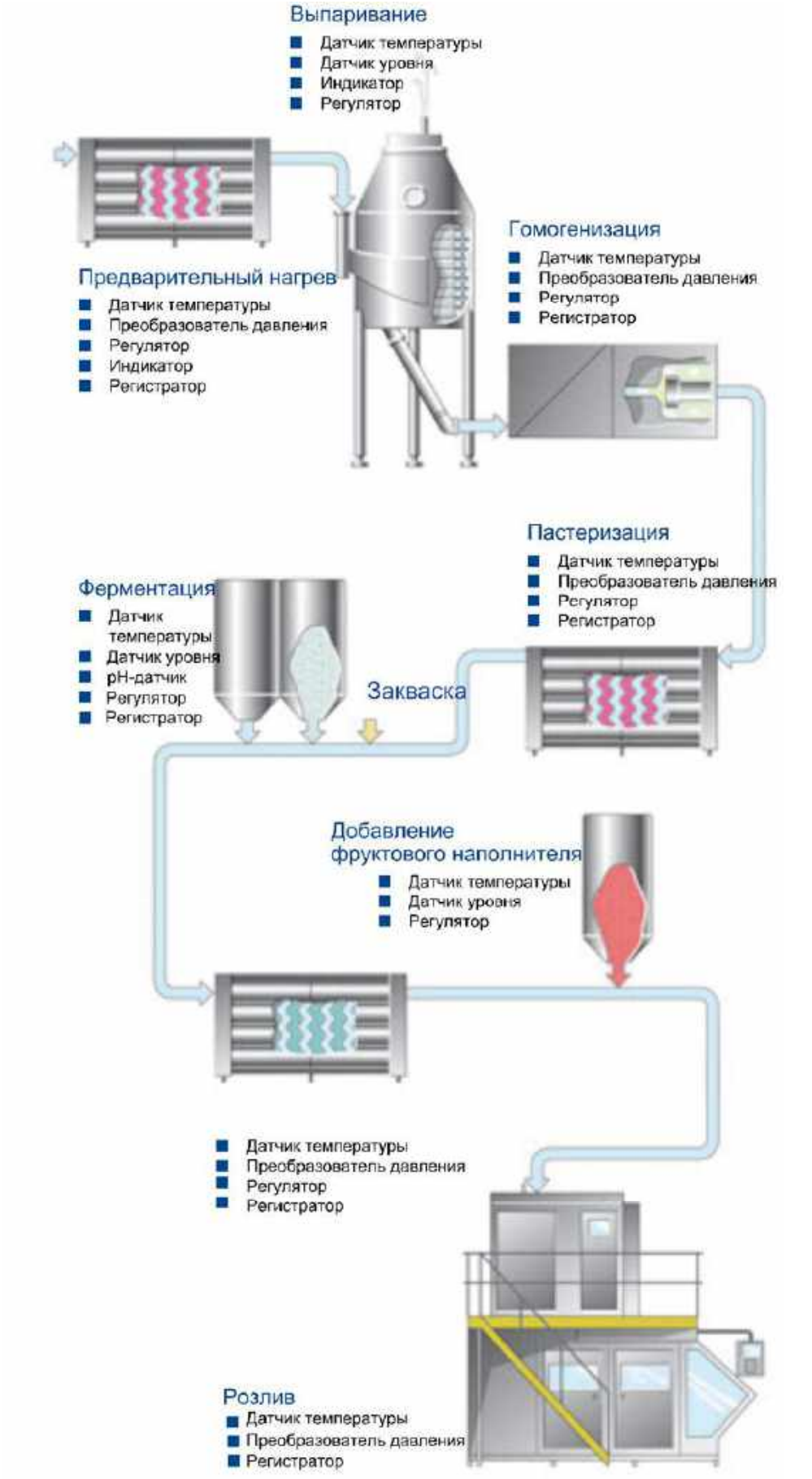


jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Технология производства йогурта

Производство йогурта

Технологический процесс производства йогурта описан в качестве примера и подходит для производства всех кисломолочных продуктов. В зависимости от типа йогурта используется молоко с установленным для данного вида йогурта процентом жирности.
Неважно, производите ли вы густой, размешанный, питьевой йогурт или другой кисломолочный продукт, как например: сметану, кефир, пахту или простоквашу, основной процесс для всех продуктов одинаковый.
В зависимости от конечного продукта регулируется процентное содержание жира в молоке. После гомогенизации и пастеризации в молоко добавляются соответствующие культуры бактерий и выдерживаются некоторое время.
После достижения оптимального значения pH продукт охлаждается, при необходимости добавляется фруктовый наполнитель и разливается в стерильных условиях, чтобы избежать повторного заражения.
Примечание:
На следующих страницах описаны лишь те процессы, которые не упоминались при описании технологии переработки молока (стр.4-9).



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Выпаривание

Контроль повышения массы сухого вещества по температуре

Процентное содержание жира и массы сухого вещества в молоке, используемом в производстве йогурта, стандартизированы. За счет нормализации массовой доли сухого вещества улучшается структура йогурта. Существуют различные возможности провести снормализацию. Самым распространенным способом является повышение массы сухого вещества за счет выпаривания в вакуумной камере. Процесс контролируется по температуре на входе. Степень выпаривания определяется расстоянием, которое проходит нагретое молоко в выпарной установке.

Ферментация

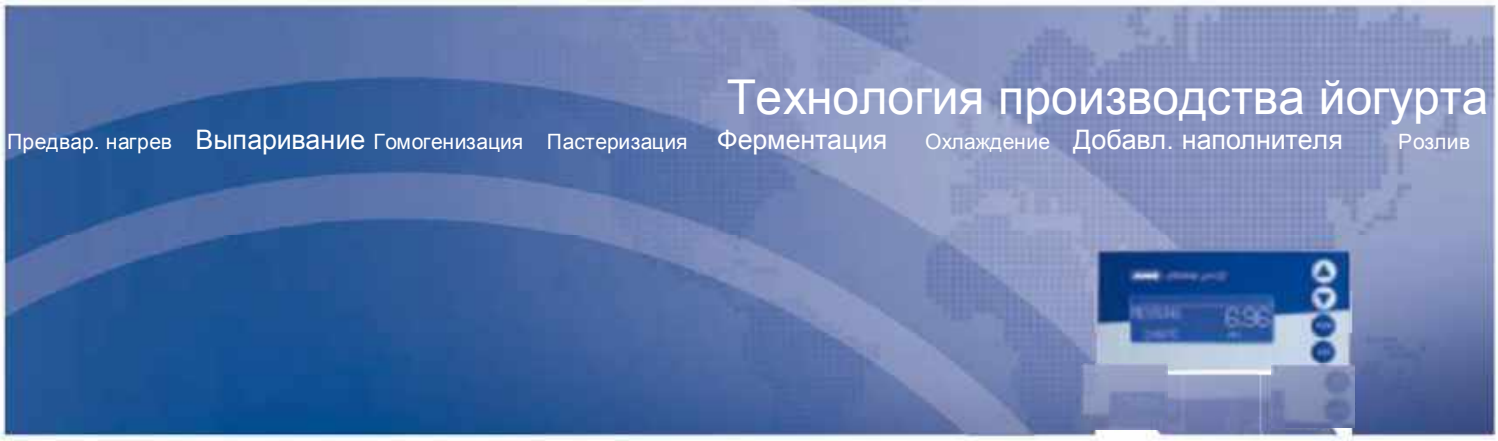
Контроль процесса ферментации/сквашивания

После добавления в молоко соответствующей культуры бактерий начинается процесс брожения.

Окончание процесса ферментации, как правило, определяется за счет достижения определенного уровня pH. При достижении уровня pH 4,2 - 4,5 йогурт необходимо охладить до температуры 15°C-22°C, чтобы прервать процесс сквашивания.

Электроды для измерения уровня pH серии JUMO tecLine с гигиенической арматурой для подключения к технологическому процессу присоединениями могут легко контролировать данный процесс.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

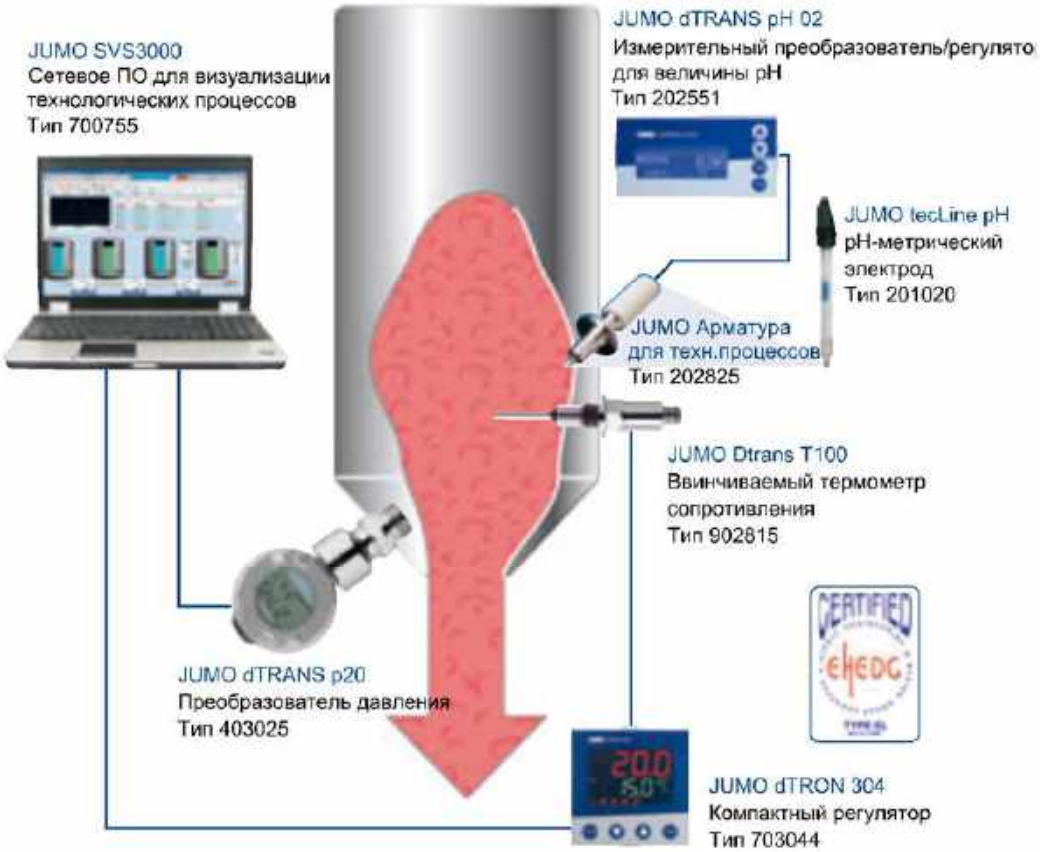


Добавление наполнителя

Добавление к йогурту фруктового наполнителя

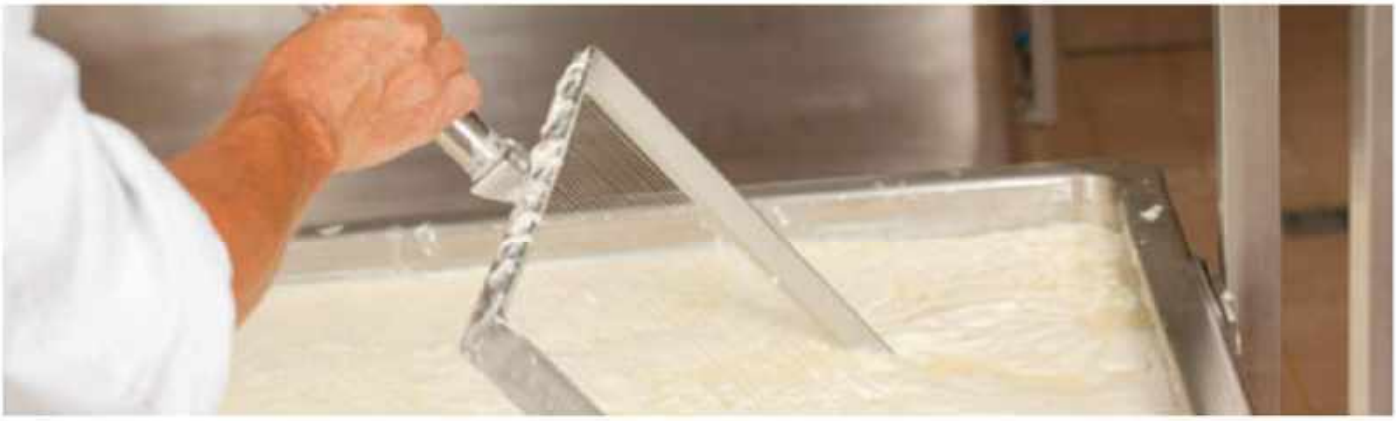
Фруктовый наполнитель вмешивается в готовый йогурт на стадии розлива. Так как существует высокий риск повторного заражения, фруктовая начинка должна предварительно пройти тепловую обработку, при которой все живые организмы погибают, но при этом сохраняются вкус и текстура фруктового наполнителя.

Контроль уровня pH различных фруктовых добавок имеет решающее значение, поскольку слишком низкий уровень pH впоследствии может иметь отрицательное влияние на ферментацию.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка,габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780



Производство сыра

В процессе производства сыра важную роль играют две величины – температура и уровень pH. Благодаря готовым решениям JUMO можно легко и точно регулировать и контролировать технологический процесс производства сыра.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Производство сыра

Немного упрощенный процесс изготовления сыра представлен в качестве примера и аналогичен для всех популярных сортов сыра, независимо от того, это твердый сыр, нарезной сыр, мягкий, творожный сыр или творог.
Процессы производства естественно отличаются. Например, при изготовлении творога или творожного сыра отсутствует процесс созревания.

Если нет возможности переработать молоко сразу после подачи, его подвергают тепловой обработке. Выдержка молока при определенной температуре препятствует размножению бактерий и увеличивает время для его переработки.
В зависимости от того, какой сорт сыра производится, перед сквашиванием измеряются все показатели молока, нормализуются в соответствии с определенными стандартами, молоко пастеризуется и при изготовлении специальных полутвердых ломтевых сортов сыра также частично гомогенизируется.
В сыроизготовителе проходит процесс сквашивания под действием соответствующих молочнокислых бактерий и сычужных ферментов. Происходит отделение сырного зерна от молочной сыворотки. После отделения сыворотки, сырная масса подвергается формованию, спрессовыванию, посолке и помещается в специальные камеры для созревания.

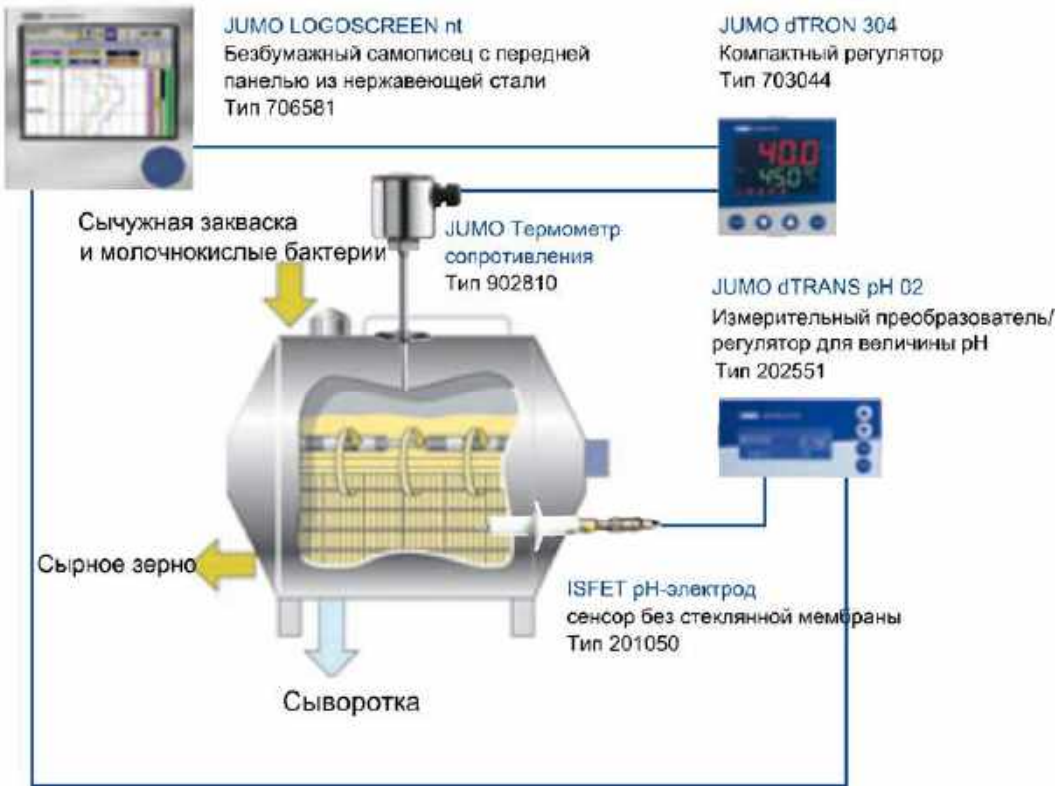
Примечание:
На следующих страницах описаны лишь те процессы, которые не упоминались при описании технологии переработки молока (стр.4-9).

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Сыроизготовитель

Регулирование величины pH и температуры в сыроизготовителе

В сыроизготовителе необходимо контролировать уровень pH и температуру, а также регистрировать эти данные. От этих величин зависит качество сыра, и определяются последующие этапы производства. Например, продолжительность вымешивания сырной массы зависит от желаемой степени кислотности. Соотношение температура/время определяется в зависимости от способа нагрева и сорта сыра. Сочетание датчика температуры с компактным регулятором JUMO dTRON гарантирует быстрое измерение температуры и оптимальное ее регулирование. Это позволяет также экономить энергию за счет сокращения продолжительности включения и нагрева.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Посол сыра

Контроль концентрации соли в ваннах посолки путем измерения электропроводности с помощью JUMO CTI-750

Измерение концентрации соли в ваннах посолки посредством измерения электропроводности с помощью JUMO CTI-750. Посол головок сыра необходимо проводить по нескольким причинам: самая важная – получение правильной консистенции продукта. Во время этого процесса в сыре откладывается натрий, вследствие чего постепенно меняется концентрация соли в рассоле.

Этот процесс необходимо контролировать, это можно сделать с помощью индуктивного измерительного преобразователя электропроводности JUMO CTI-750. В то же время параллельно измеряется температура, поскольку время пребывания головки сыра в рассоле зависит также и от этой величины.

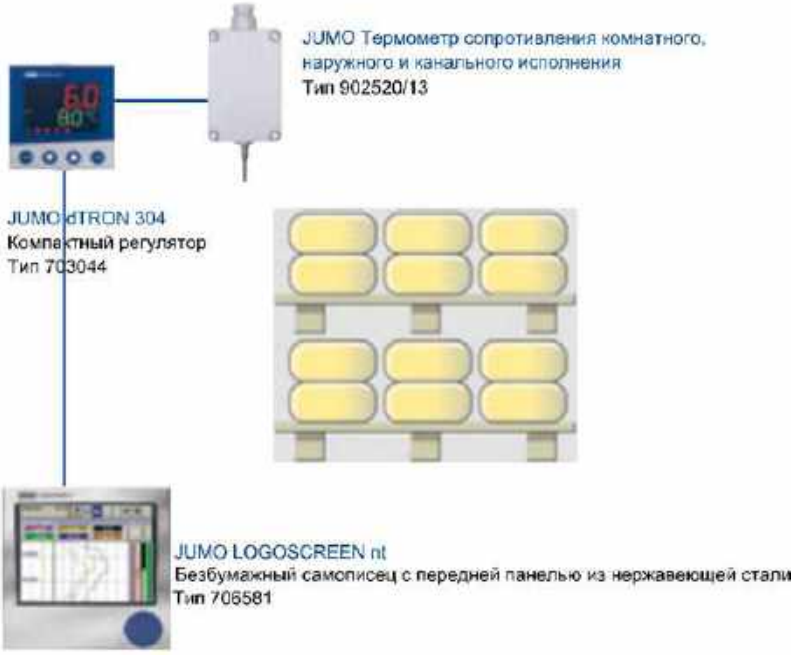
Созревание/Хранение

Контроль температуры и влажности во время созревания.

Для каждого сорта сыра необходимы специальные условия хранения.

Важные величины во время созревания сыра – это температура, относительная влажность воздуха и время.

Чтобы гарантировать оптимальное и воспроизводимое созревание, названные величины необходимо постоянно контролировать и регистрировать.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

CIP -мойка

Гарантией успеха в производстве являются идеально чистые установки, Соответствующие всем гигиеническим стандартам. Это обеспечивает так называемая CIP-мойка (мойка без разборки). В этой области JUMO тоже может предложить первоклассные системы и решения, на которые можно положиться.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

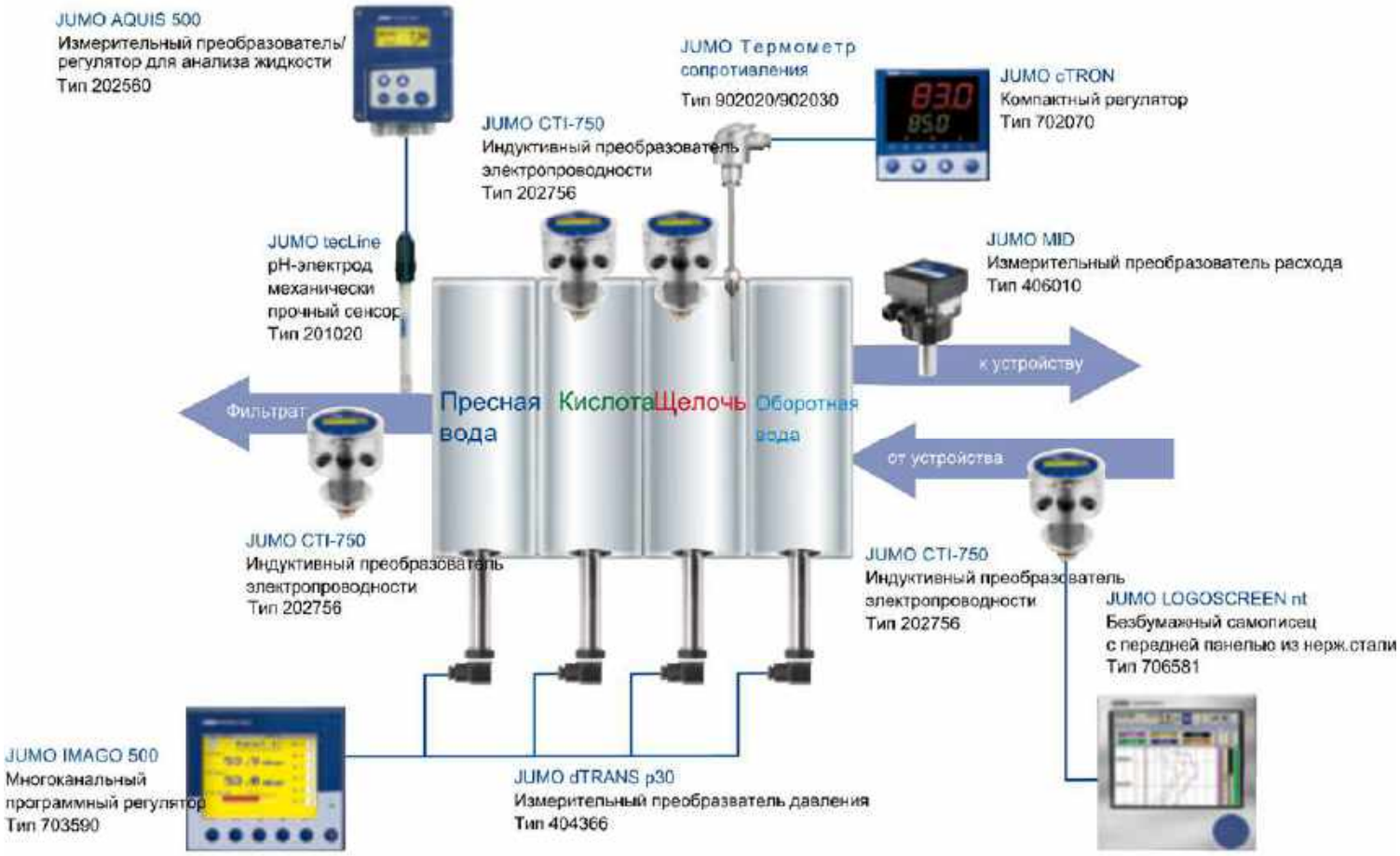
CIP-мойка

Надежность и чистота установки благодаря измерительному преобразователю электропроводности JUMO CTI-750.

На сегодняшний день CIP используется во всех наиболее распространенных установках. Это экономит время и персонал, и, таким образом, деньги. Измерительный преобразователь электропроводности JUMO CTI-750 благодаря своей точности гарантирует, что процесс мойки пройдет быстро и надежно. JUMO CTI-750 контролирует и регулирует концентрацию чистящих средств путем измерения электропроводности с помощью индуктивного зонда.

Надежность и быстрота контроля за CIP мойкой при помощи LOGOSCREEN nt

Чтобы иметь возможность наблюдать и задокументировать процесс CIP мойки, необходимо фиксировать и оценивать все важные результаты измерений регистрирующим прибором. Таким образом, процесс может оптимизироваться и контролироваться, вследствие этого будут снижены издержки на чистящие средства и т.п. Для этих целей подойдет безбумажный самописец LOGOSCREEN nt.



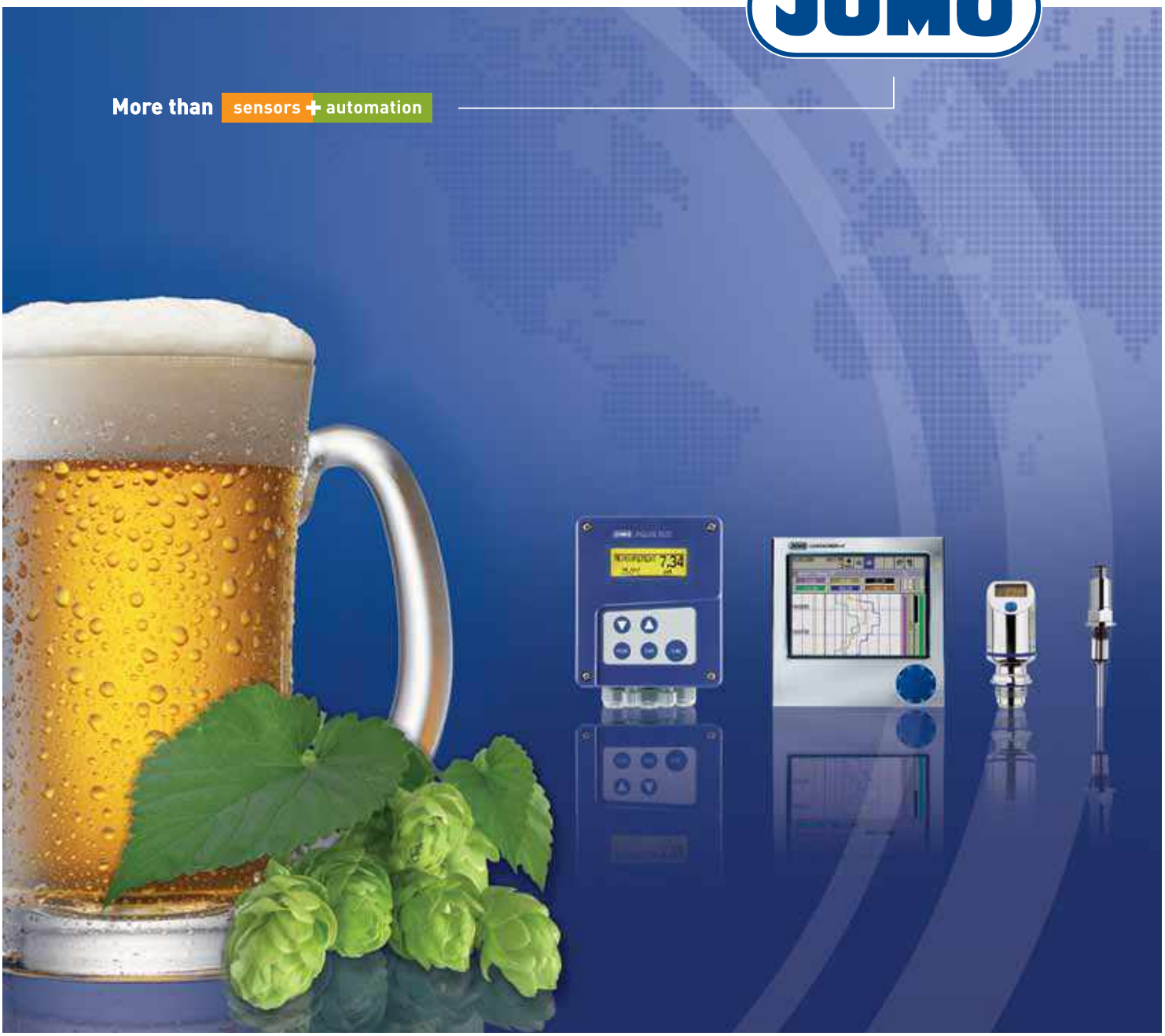
jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

www.jumo.net

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

JUMO

More than sensors + automation



Оборудование для пивоваренной промышленности

Измерение, управление, регулирование

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Продукты и услуги для профессионалов

Датчики температуры и влажности

- Термопары
- Термометры сопротивления
- Взрывозащищенные температурные датчики (ATEX)
- Термометры сопротивления с беспроводной связью
- Датчики влажности

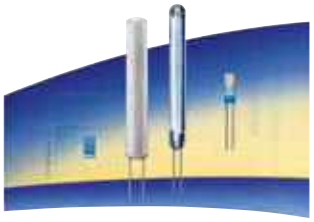
Электрохимический анализ жидких сред

- Измерение величины pH и редокс-потенциала: сенсоры, измерительные преобразователи/регуляторы
- Оборудование для измерения электропроводности: для подключения как кондуктометрических ячеек, так и индуктивных сенсоров
- Измерение растворенного кислорода
- Измерение концентрации хлора, диоксида хлора, озона, перекиси водорода и надуксусной кислоты
- Арматура и принадлежности

Регуляторы, силовые модули, самописцы и SCADA-система

- Регуляторы процесса и программирующие приборы
- Программное обеспечение для систем автоматизации
- Электронные термостаты/ микростаты
- Предохранительные реле температуры/ ограничители температуры
- Цифровые индикаторы
- Регуляторы процесса
- Регистрирующие приборы
- Температурные преобразователи
- Тиристорные силовые выключатели/ регуляторы мощности
- Программное обеспечение и принадлежности

Платиновые чувствительные элементы



Проволочные температурные сенсоры

- Стеклянные
- Стеклянные с удлинением
- Керамические
- Пленочные

Тонкопленочные температурные сенсоры:

- Чип с соединительными проводами
- Чип поверхностного монтажа на эпоксидной плате
- Чип с соединительными клеммами
- Чип цилиндрической формы
- Чип поверхностного монтажа

Термостаты и показывающие термометры

- Встраиваемые термостаты/ термостаты поверхностного монтажа
- Комнатные термостаты
- Взрывозащищенные термостаты (ATEX)
- Электронные термостаты
- Показывающие термометры для индикации температуры и управления
- Биметаллические температурные выключатели
- Электронные индикаторы температуры с преобразователем

Техника измерения давления

- Измерительные преобразователи давления
- Реле давления
- Датчики уровня
- Манометры
- Ячейки для измерения давления
- Мембранные разделители и принадлежности

Сервис

- Поддержка при вводе в эксплуатацию и оптимизации
- Всемирная сервисная сеть
- Техническая поддержка по телефону
- Семинары и тренинги
- Специализированная литература
- JUMO-Homepage: www.jumo.ru

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

Обзор процесса приготовления солода 4

Закладка 5

Замачивание 5

Проращивание 6

Просушка 7

Обзор процесса пивоварения 8

Затирка солода 9

Фильтрация 9

Варка сусла 10

Вихревая ванна 11

Охлаждение сусла 12

Брожение/выдержка 13

Фильтрация 14

Мойка бутылок 15

CIP мойка 16

Современное оборудование для технологии пивоварения 18

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса приготовления солода

Закладка
- температура
- регулятор

Замачивание
- температура
- регулятор
- индикатор

Проращивание
- температура
- регулятор
- индикатор

Просушка
- температура
- индикатор
- регулятор
- безбумажный регистратор

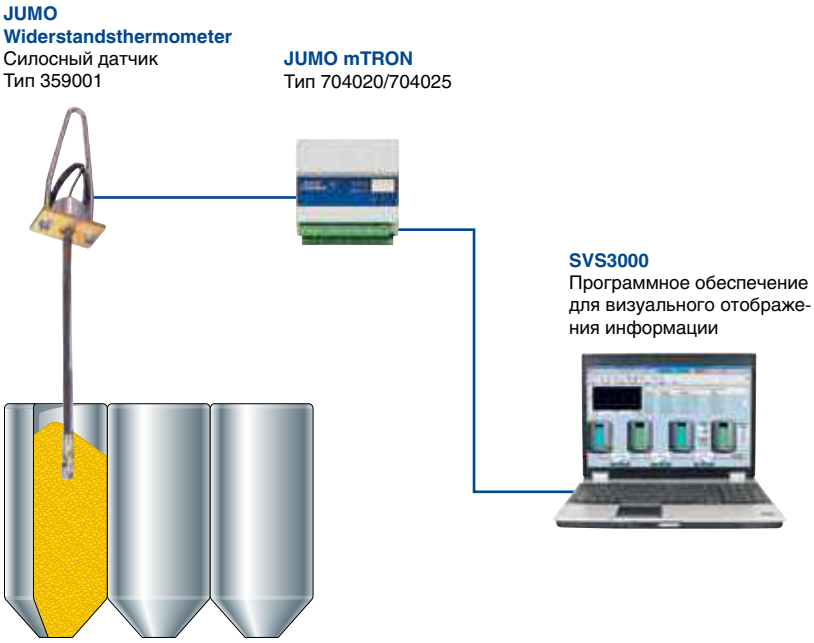
jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса приготовления солода

Закладка

Контроль температуры ячменя и солода при помощи силосного датчика JUMO

В силосном датчике имеется некоторое количество чувствительных элементов Pt100 или Pt1000, установленых через равные промежутки. Таким образом, температура силоса одновременно может измеряться одним датчиком в разных местах. Модули системы автоматизации mTRON JUMO обрабатывают данные и передают их на JUMO mTRON и на программу визуализации установки SVS3000, которая выдает информацию в режиме реального времени и при изменениях температуры подает сигнал тревоги.



Замачивание

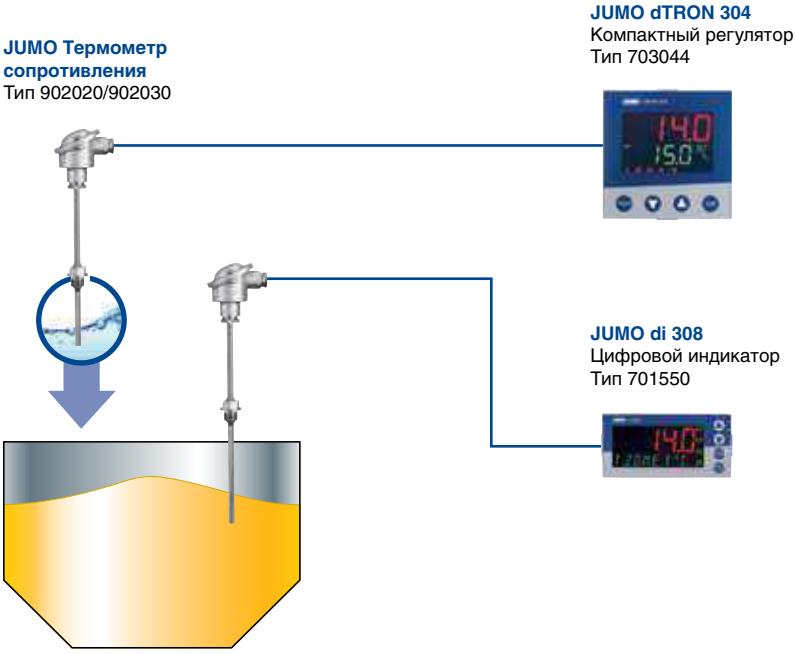
Управление притоком воздуха и подачей воды во время замачивания при помощи регуляторов JUMO dTRON

Во время технологического процесса ячмень для прорастания будет периодически замачиваться и вентилироваться. При усиливающемся за счет увеличения подачи кислорода дыхании зерна образуется большое количество CO_2, которыйкоторое постоянно должен отводиться.

Температура во время замачивания контролируется, и при необходимости ее значения выводятся на индикатор .

Притоком воздуха и подачей воды управляют компактным регулятором JUMO dTRON.

В зависимости от размера и потребностей можно оснастить средствами визуализации SVS3000 весь цех замачивания.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

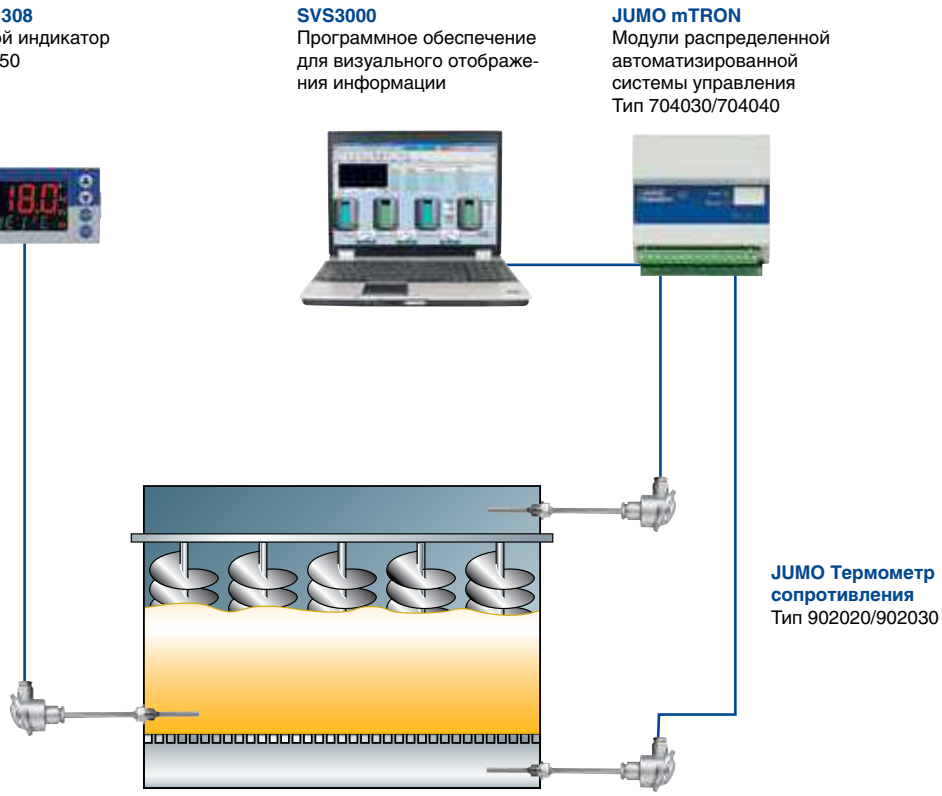
Проращивание

Контроль температуры в процессе проращивания на основе автоматизированной системы JUMO mTRON

Во время проращивания образуются ферменты, которые необходимы в дальнейшем для изготовления пива. Решающим здесь является то, что подводимый воздух должен быть достаточно увлажнен, чтобы ячмень не высыхал.

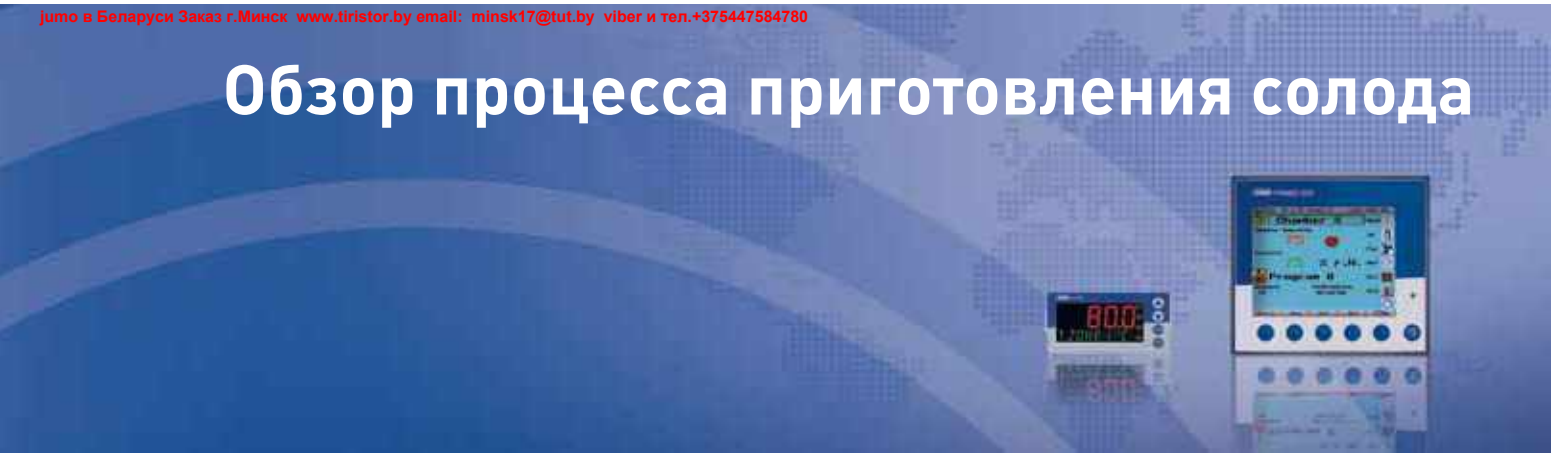
Получение информации с точек измерения с помощью SVS3000

Чтобы иметь быстрый доступ к информации с центрального пульта управления, необходимо установить во всем солодовенном цеху локальную сеть для сбора и визуального отображения информации на основе программного обеспечения SVS3000.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса приготовления солода



Просушка

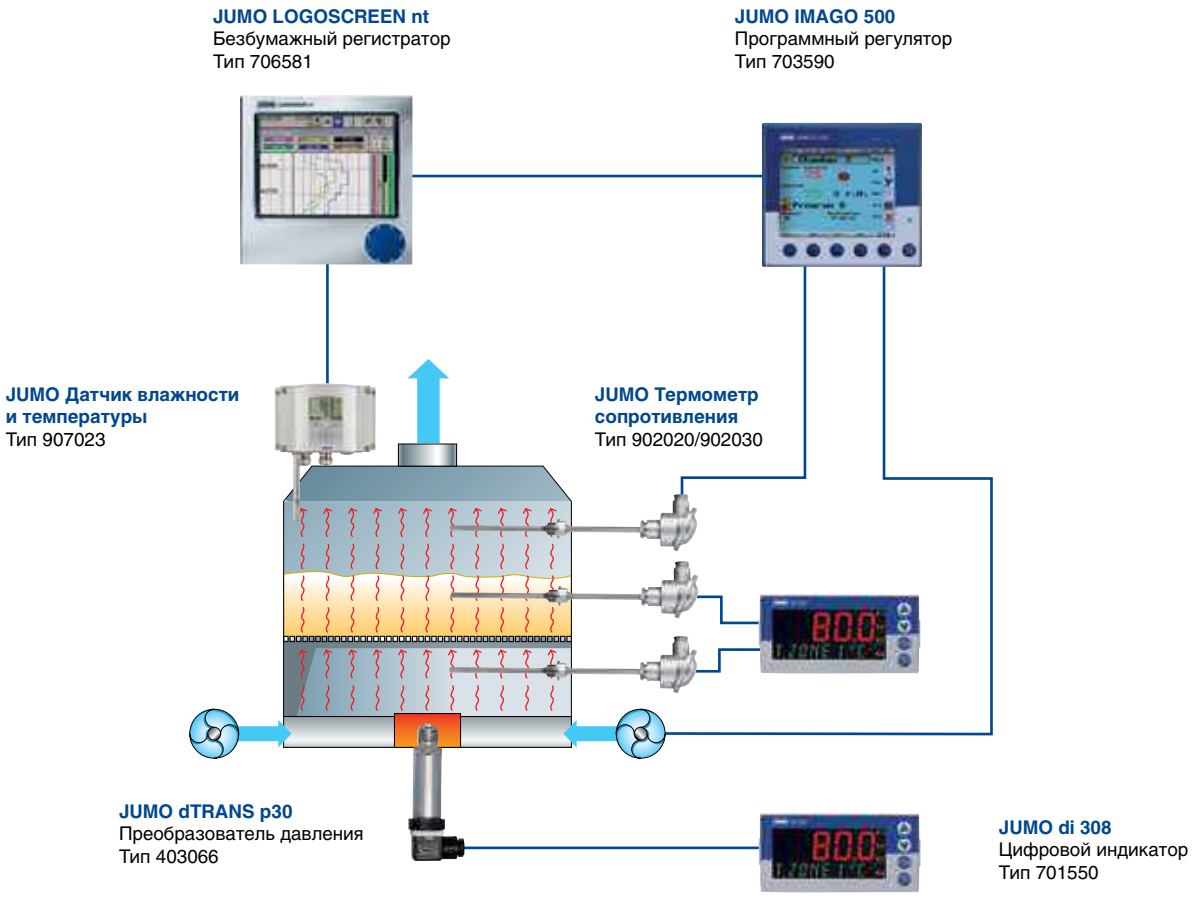
Управление температурой в солодосушилке

При сушке солод доводится до состояния стойкости при хранении.

Постоянный контроль температуры имеет большое значение, для того чтобы солод, с одной стороны, хорошо просыхал, а с другой стороны, не сгорал, поскольку это приводит к разрушению ферментов.

Управление сегментами происходит при помощи программного регулятора JUMO IMAGO 500.

При помощи регулятора можно управлять калориферными батареями и тем самым регулировать температуру над сушильной решеткой. Дополнительно устанавливаются пропорции объема подводимого воздуха и циркулирующего воздуха. Также путем замеров может определяться наличие пониженного давления, что позволит судить о степени герметичности теплообменника. Такие измерения необходимы для предотвращения попадания газообразных отходов в продукт.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса пивоварения

Затирание солода
- Температура
- Величина pH
- Регулятор
- Безбумажный регистратор

Очищение
- Температура
- Разность давлений
- Регулятор

Варка сусла
- Температура
- Величина pH
- Регулятор
- Безбумажный регистратор

Вихревая ванна
- Температура
- Индикатор

Охлаждение сусла
- Температура
- Давление
- Регулятор

Брожение/выдержка
- Температура
- Давление
- Регулятор

Фильтрация
- Температура
- Давление
- Регулятор

Мойка бутылок
- Температура
- Давление
- Проводимость
- Регулятор

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

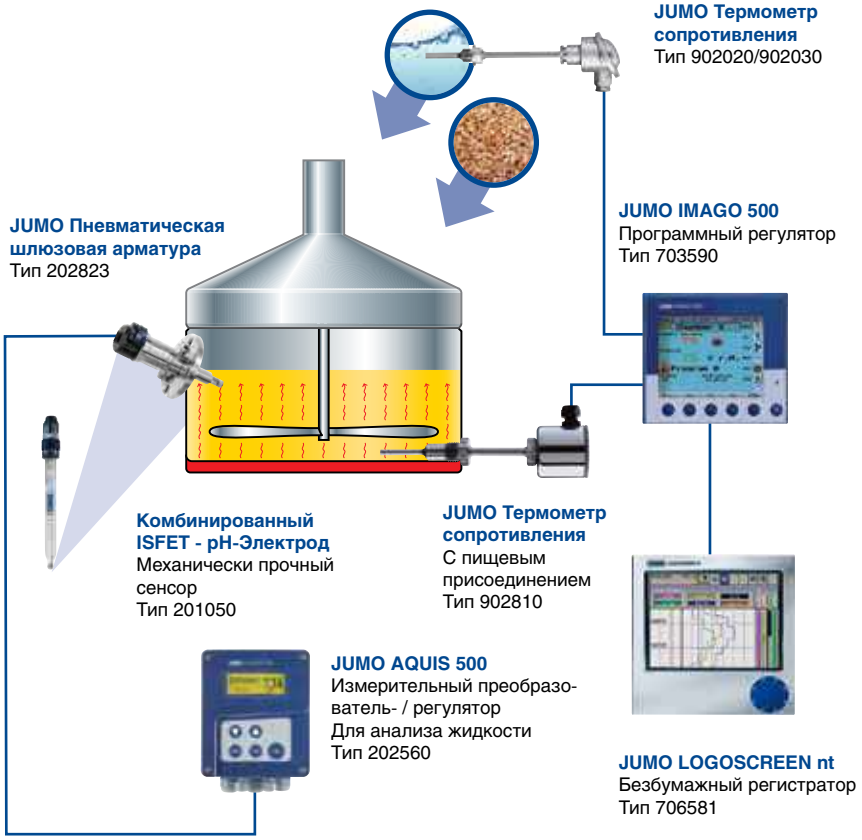
Обзор процесса пивоварения

Затирание солода

Регулировка температуры в процессе затирания сусла при помощи регулятора с индикаторным экраном JUMO IMAGO 500

Оптимальное управление параметрами, имеющими важное значение в процессе затирания солода (температура и время) осуществляется с помощью регулятора JUMO IMAGO 500. Надежное документирование всех данных обеспечивается с помощью приборабезбумажного регистратора JUMO LOGOSCREEN nt.

Образованные при соложении ферменты вытягивают крахмал из ячменя в сахар. Так как ферменты очень чувствительны к температуре, большое значение имеет возможность быстро и достоверно измерить температуру. Это можно сделать, например, с помощью ввинчиваемого термометра сопротивления с присоединительной головкой и утонченной измерительной головкой для более быстрого срабатывания.



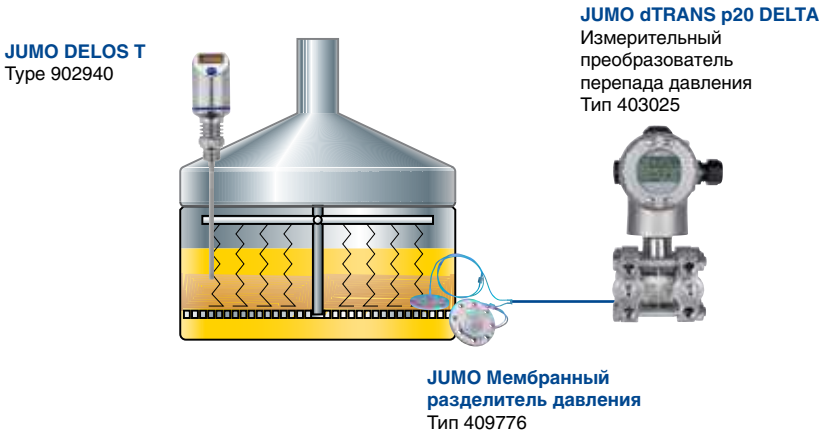
Очищение

Управление осветлением с измерительным преобразователем перепада давления JUMO dTRANS p20 DELTA

При осветлении положение ножей резальной машины регулируется при помощи разности давлений. Разница давления между верхней и нижней половиной фильтрационного аппарата не должна быть слишком большой, так как иначе возник бы вакуум.

Для этих целей отлично подходит измерительный преобразователь давления JUMOdTRANSp20 DELTA.

Он гарантирует точное управление ножами в зависимости от полученной разницы давления, которое образуется под днищем и над бардой, сохраняя вместе с тем неизменное качество сусла.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tristor.by email:- minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Варка сусла

Управление температурой и давлением во время варки сусла при помощи регулятора процесса JUMO IMAGO 500

Во время варки сусла протекают процессы, имеющие решающее значение для будущего качества пива. Поэтому здесь крайне важно точно соблюдать параметры, предусмотренные программой задания температуры и времени.

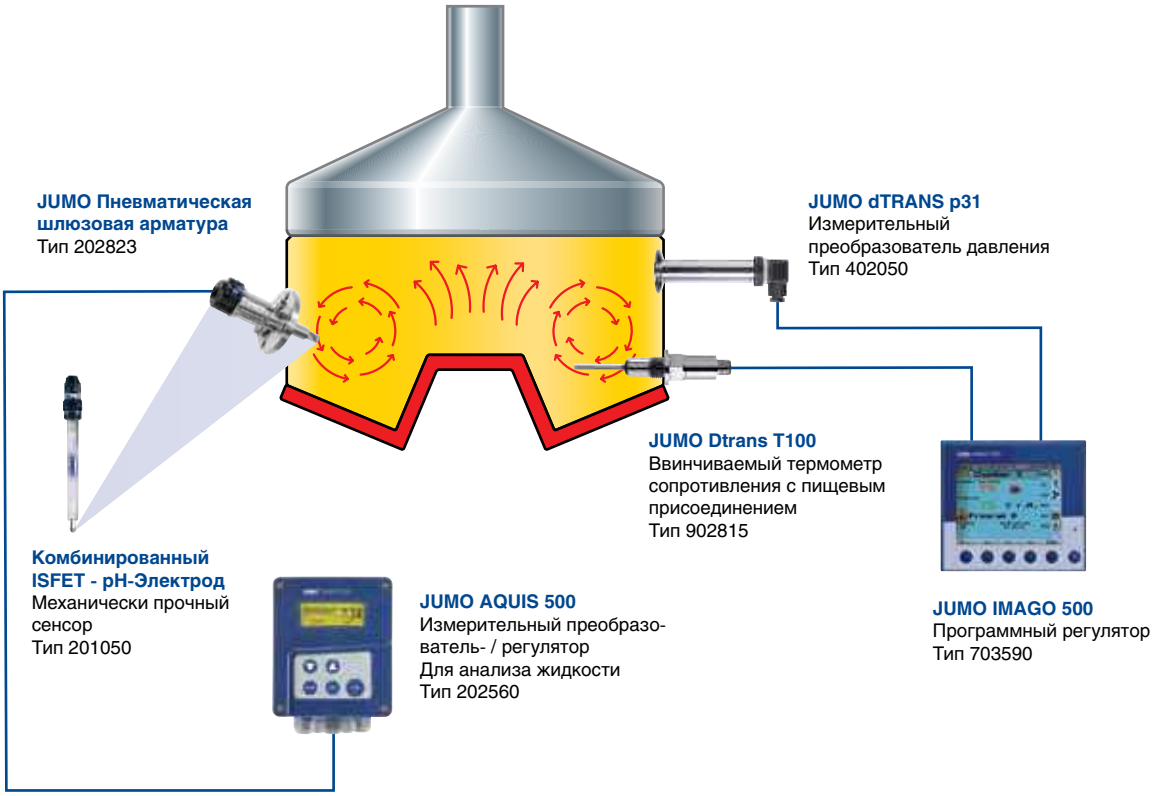
Регулятор JUMO IMAGO 500 хорошо подходит для этих целей. Обладая разнообразными функциональными свойствами, этот прибор может использоваться для решения всех задач пивоварения.

Необходимое при варке сусла давление контролируется измерительным преобразователем давления JUMO dTRANS p31, так как он может применяться при повышенных температурах окружающей среды.

Измерение показателя pH в пивоваренном котле

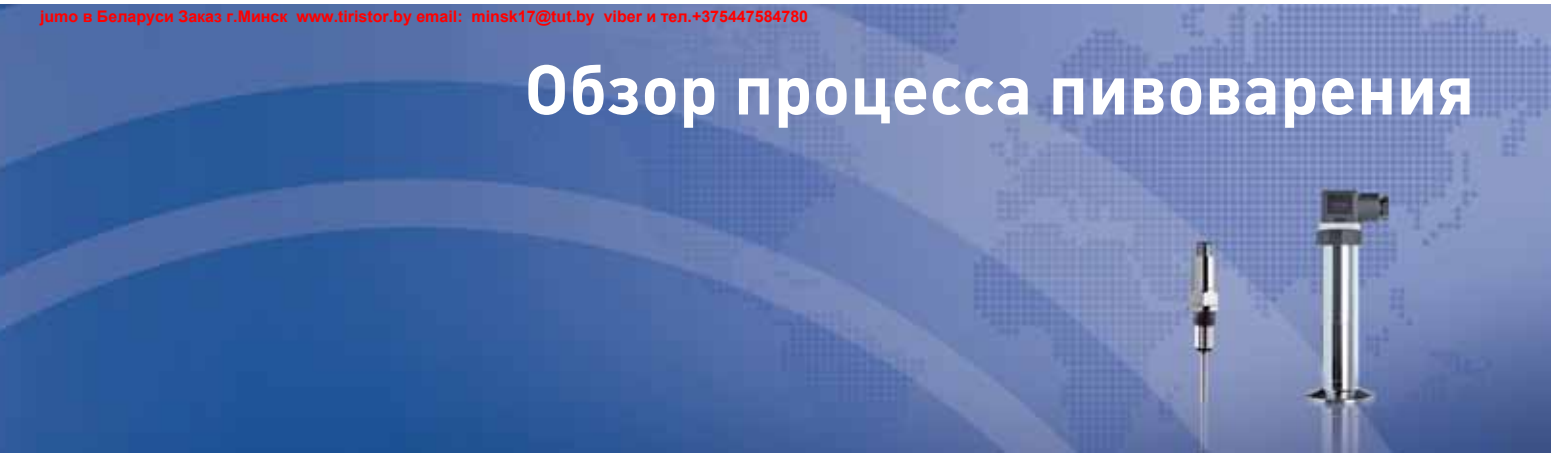
При помощи измерения показателя pH во время варки сусла определяются решающие факторы, как например, вкус и цвет пива.

Оптимальное значение pH в сусле может быть обеспечено путем измерения показателя pH с помощью предназначенного для высоких температур и CIP мойки комбинированного ISFET pH-электрода, который используется совместно с измерительным преобразователем/регулятором JUMO AQUIS 500.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

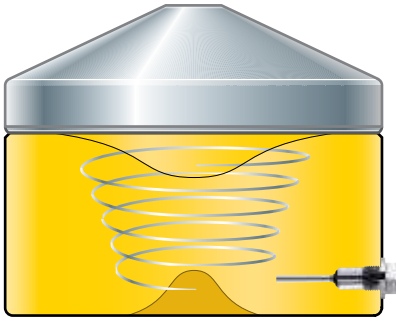
Обзор процесса пивоварения



Вихревая ванна

Контроль температуры в вихревом чане

После того, как сусло после варки прастерилизовано, оно более не подвержено внешним вредным воздействиям, особенно кислорода.
С этого момента действуют строгие санитарно-гигиенические нормы, в связи с чем используется датчик измерения температуры из нержавеющей стали, имеющий сертификат консорциума EHEDG.



JUMO di 308
Цифровой индикатор
Тип 701550

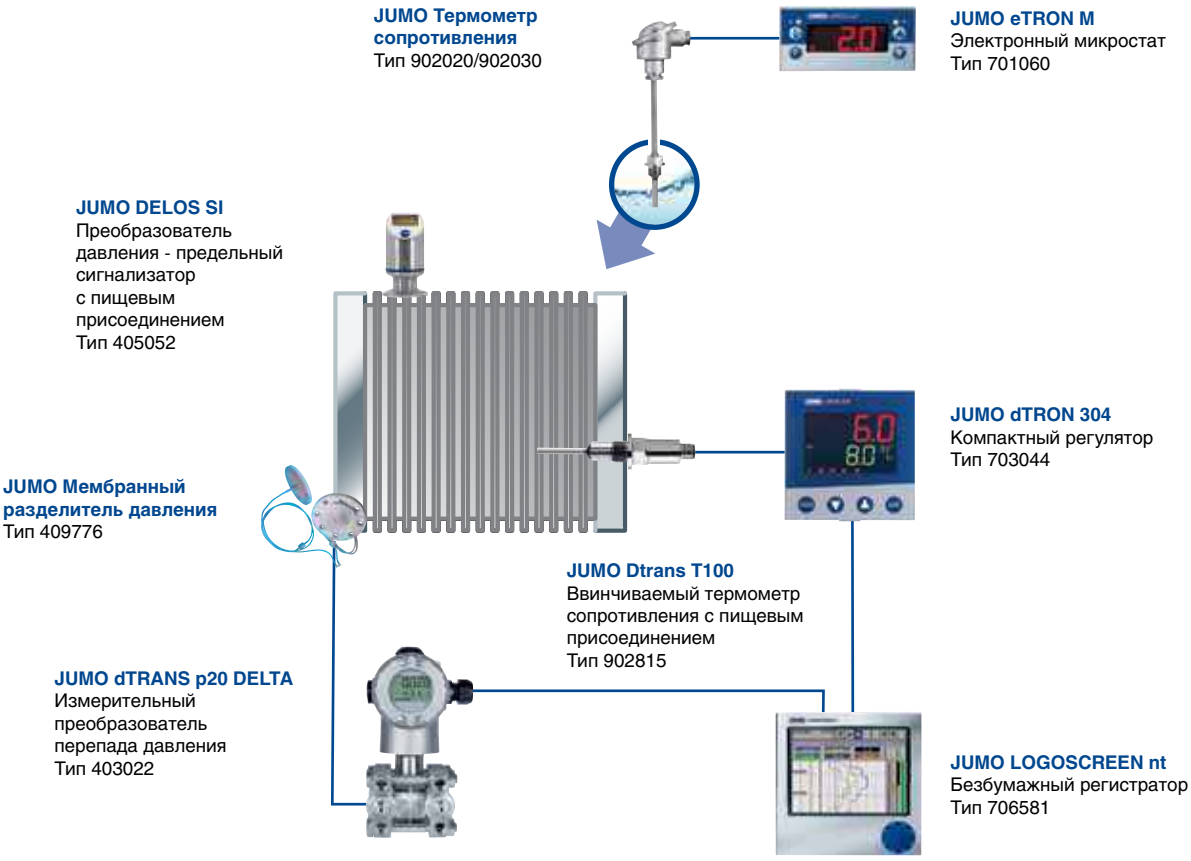
JUMO Dtrans T100
Ввинчиваемый термометр сопротивления с пищевым присоединением
Тип 902815

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447554780

Охлаждение сусла

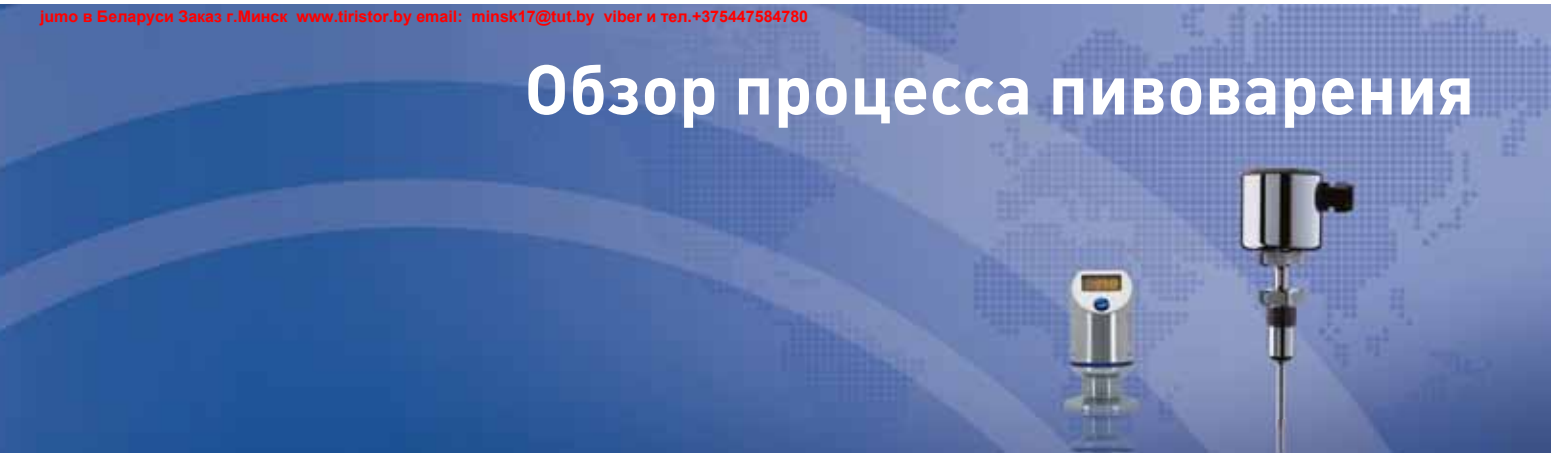
Управление охлаждением сусла при помощи JUMO dTRON

Скоростью протекания пива управляют изменением температуры пива.
Чем теплее пиво, тем медленнее оно течет через холодильный аппарат.
Температура пива и величина разницы давлений контролируются с помощью регистрирующего прибора. Для этой цели подходит безбумажный регистратор JUMO LOGOSCREEN nt, который может подавать сигнал тревоги при сбоях или повышении температуры.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса пивоварения



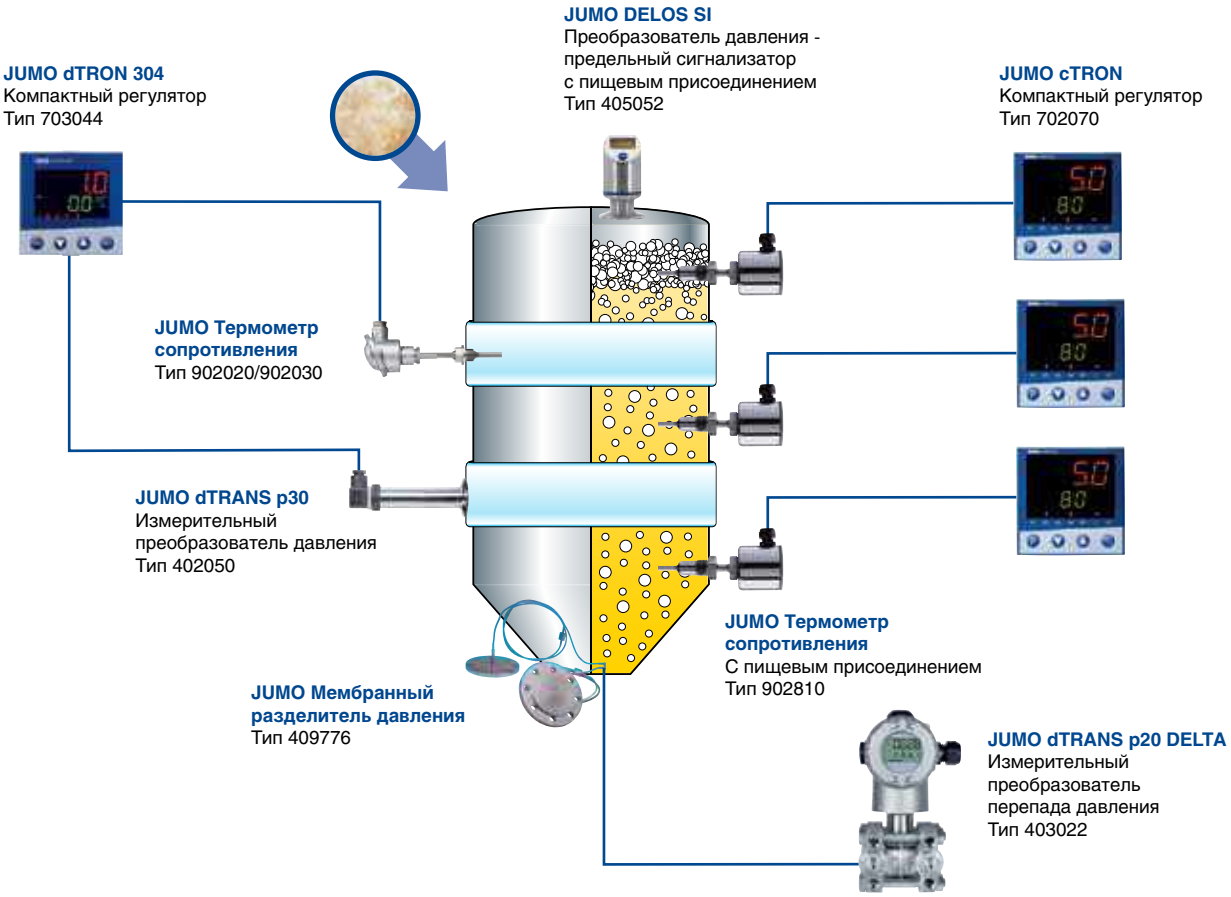
Брожение/выдержка

Определение значений давления углекислого газа CO_2 в верхней части цистерны при помощи измерительного преобразователя давления JUMO DELOS

Во время брожения возникает газ CO_2, который собирается в верхней части емкости и при определенном давлении отводится к регенерационной установке CO_2.
Для этих целей особенно подходит электронный измерительный преобразователь давления JUMO DELOS с дисплеем и пищевым присоединением.

Проверка зон охлаждения при помощи регулятора процесса JUMO cTRON

В цистернах имеется несколько зон охлаждения, которые необходимы для поддержания разных температур для циркуляции молодого пива во время выдержки. Для этого необходимо знать и устанавливать точную температуру отдельных зон охлаждения.

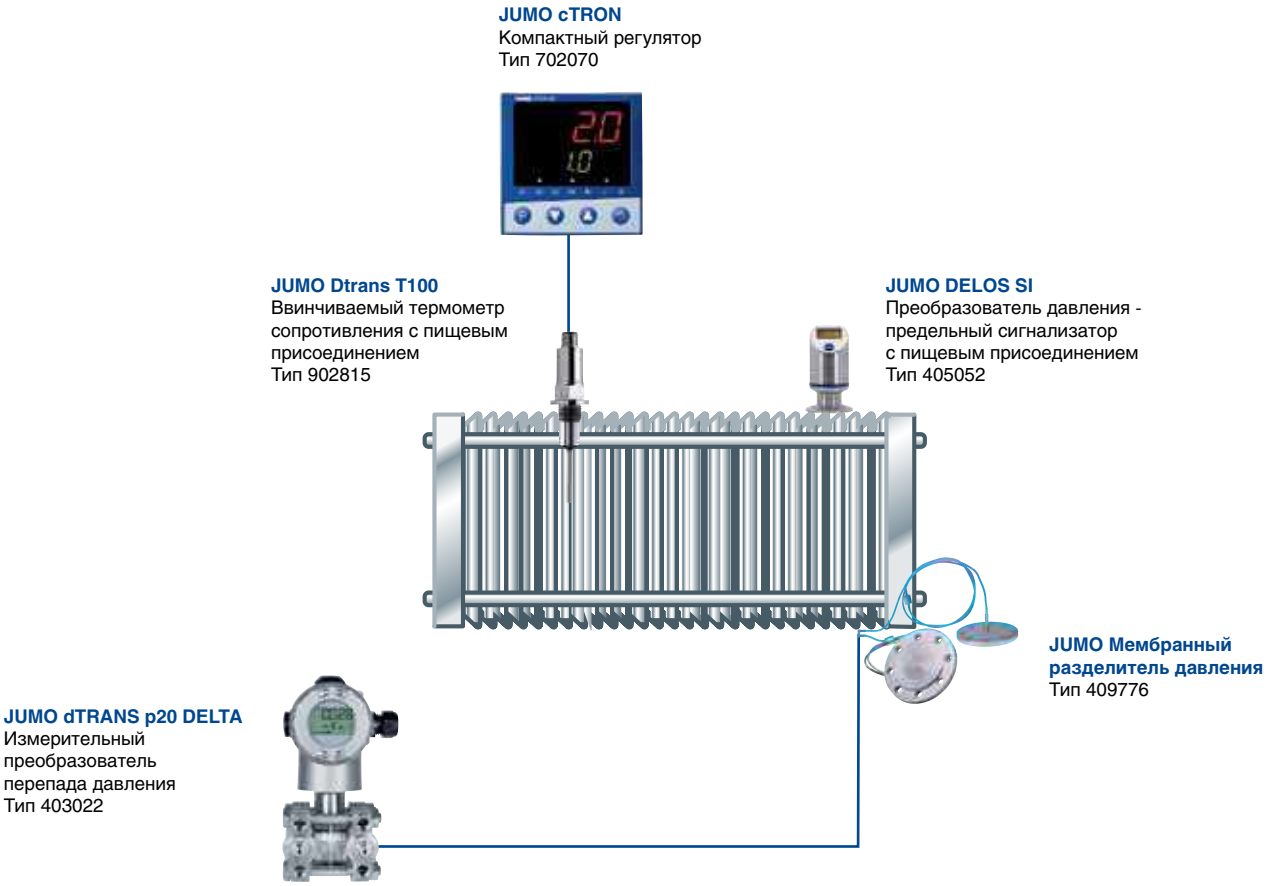


jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447554780

Фильтрация

Контроль процесса фильтрации при помощи измерительного преобразователя перепада давления JUMO dTRANS p20 DELTA

Во время фильтрации давление у кизельгурового фильтра увеличивается. От этого давления в определенной степени зависит чистота пива. Если определить, на какую величину возросло дифференциальное давление, то можно точно оценить период времени, в течение которого может использоваться фильтр.



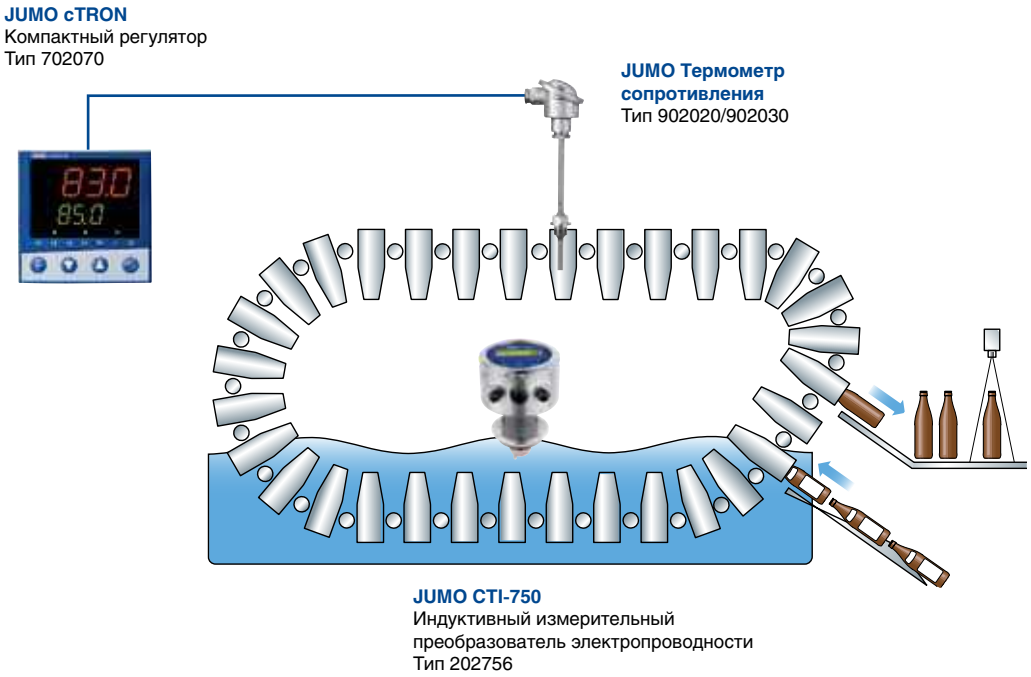
jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обзор процесса пивоварения

Мойка бутылок

Установка и контроль уровня концентрации натрового щёлока в бутылкомоечной машине при помощи с измерительного преобразователя электропроводности CTI-750 JUMO

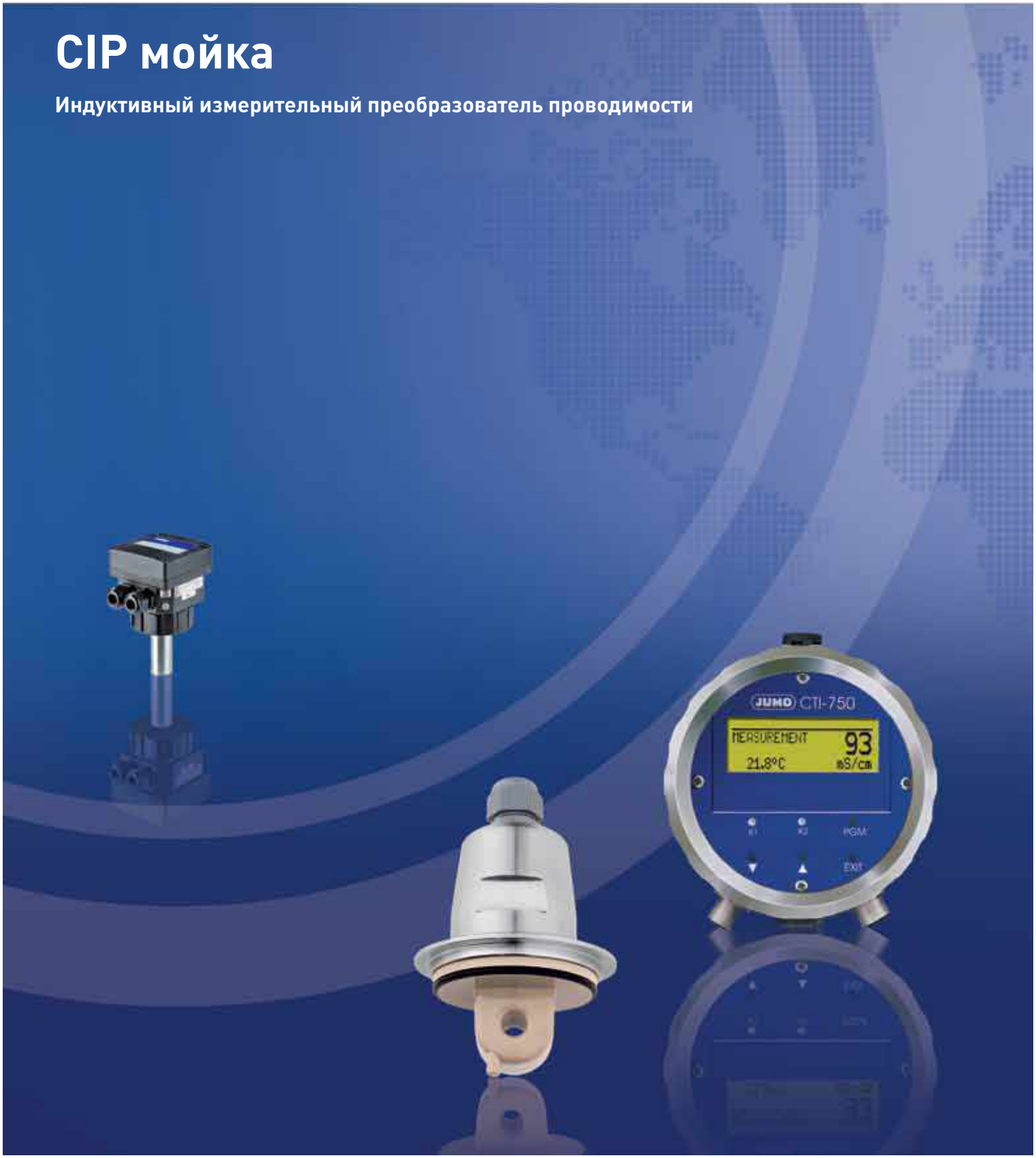
В CIP мойке стеклянные бутылки очищаются при помощи их перемещения через теплые щелочные ванны и последующего ополаскивания водой разной температуры. Во время перемещения раствора едкого натра постоянно вымывается и вследствие этого его концентрация изменяется. JUMO CTI-750 постоянно устанавливает при помощи анализа электропроводимости нужную концентрацию едкого натра и обеспечивает тем самым качественную очистку стеклянных бутылок.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

CIP мойка

Индуктивный измерительный преобразователь проводимости



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

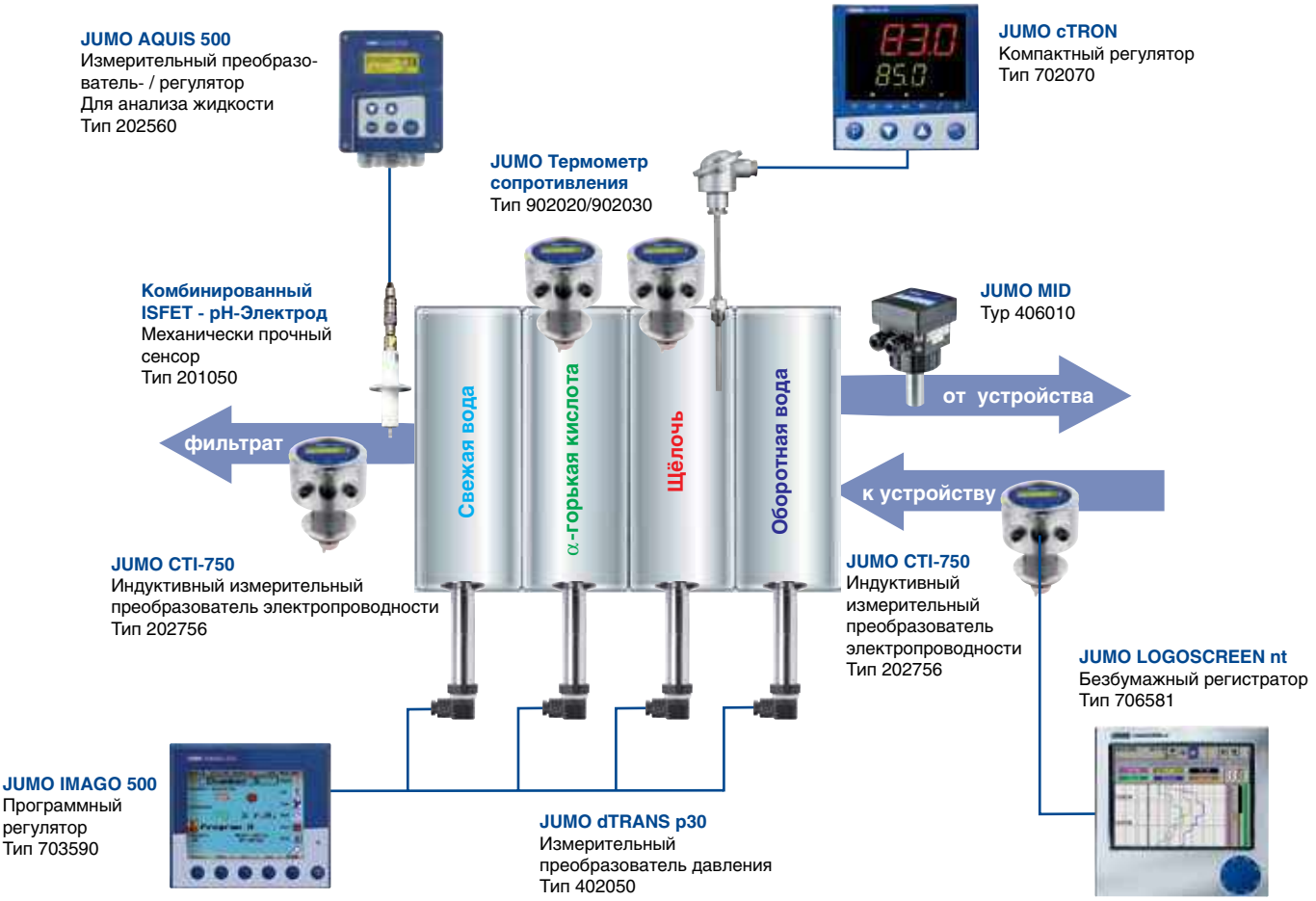
CIP мойка

Надежность и чистота вашего оборудования обеспечивается с помощью измерительного преобразователя проводимости CTI-750 JUMO

Сегодня CIP используется во всех наиболее распространенных установках. Это экономит время и персонал и, таким образом, деньги. JUMO CTI-750 поддерживает этот процесс и, являясь точным измерительным устройством, обеспечивает быстроту и безопасность процесса очистки. JUMO CTI-750 контролирует и регулирует концентрацию чистящих средств путем измерения электропроводности с помощью индуктивного зонда.

Надежность и быстрота контроля за CIP мойкой при помощи LOGOSCREEN nt

Чтобы иметь возможность наблюдать и задокументировать процесс CIP мойки, необходимо фиксировать и оценивать все важные результаты измерений регистрирующим прибором. Таким образом, процесс может оптимизироваться и контролироваться, и вследствие этого будут снижены издержки на чистящие средства и т.п..



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447554780

Современное оборудование для технологии пивоварения

JUMO JUMO LOGOSCREEN nt
Безбумажный регистратор с панелью из нержавеющей стали и сенсорной кнопкой

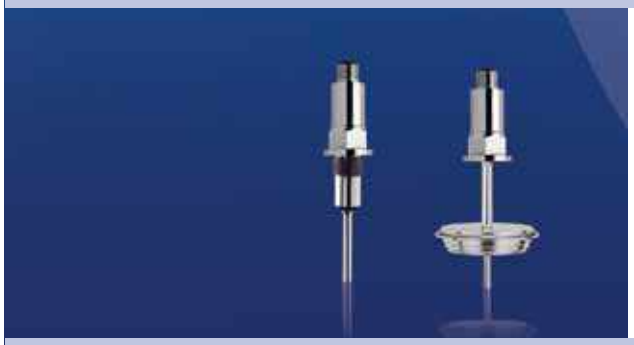
- простое интуитивное обслуживание
- высокая защищенность
- надежность процесса
- интегрированный WEB-сервер

JUMO CTI-750
С корпусом из нержавеющей стали
Индуктивный измерительный преобразователь проводимости/ Концентрации и температуры с коммутационными контактами

- оптимизация CIP мойки
- снижение издержек на чистку
- легкая очистка

JUMO DELOS
Преобразователь давления - Предельный сигнализатор с дисплеем и переключающим контактомвыходом

- простое обслуживание
- надежная эксплуатация в пищевом процессе
- легкая очистка



JUMO Dtrans T 100
Ввинчиваемый термометр сопротивления с измерительным преобразователем или без

- входы давления имеют сертификат консорциума EHEDG
- встроенный измерительный преобразователь, требующий минимального пространства при монтаже
- надежная передача результатов измерений на большие расстояния

JUMO PEKA
Присоединительный адаптер давления и температуры

- имеет сертификат консорциума EHEDG
- простой монтаж
- легкая очистка
- экономия на складских расходах

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Пояснения к фотографиям:
Фото-студия Merz-Tricot (Мерц-Трико)
с разрешения пивоварни Бишофф, Виннвайлер
Графика: © Союз пивоваров Германии, Берлин
Крис Бэй/ pixelio (надпись справа снизу)
Райнер Штурм/ pixelio (стр.2 вверху,
стр.3 в центре, стр.12 внизу)
Корнерстоун/ pixelio (стр.2 в центре)
KFM/ pixelio (стр.2 снизу)
Илона Краузе/ pixelio (стр.3 вверху)
tirot / pixelio (стр.3 внизу)
Верена Н./ pixelio (стр.5)
Бервис/ pixelio (стр.6 вверху)
Габи Шёнеманн/ pixelio (стр.7 вверху)
Мариа Ланцнастер/ pixelio (стр.7 внизу)
Крис/ pixelio (стр.11 вверху)

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

JUMO

Оборудование для химической промышленности

Измерительные, регулирующие и регистрирующие приборы и устройства

PR 00056 RU

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Продукты и услуги для профессионалов

Датчики температуры и влажности

- Термопары
- Термометры сопротивления
- Взрывозащищенные температурные датчики (ATEX)
- Термометры сопротивления с беспроводной связью
- Датчики влажности

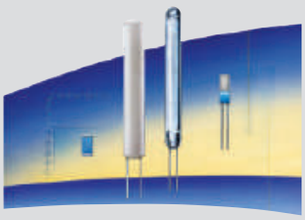
Электрохимический анализ жидких сред

- Измерение величины pH и редокс-потенциала: сенсоры, измерительные преобразователи/регуляторы
- Оборудование для измерения электропроводности: для подключения как кондуктометрических ячеек, так и индуктивных сенсоров
- Измерение растворенного кислорода
- Измерение концентрации хлора, диоксида хлора, озона, перекиси водорода и надуксусной кислоты
- Арматура и принадлежности

Регуляторы, силовые модули, самописцы и SKADA-система

- Регуляторы процесса и программирующие приборы
- Программное обеспечение для систем автоматизации
- Электронные термостаты/ микростаты
- Предохранительные реле температуры/ ограничители температуры
- Цифровые индикаторы
- Регуляторы процесса
- Регистрирующие приборы
- Температурные преобразователи
- Тиристорные силовые выключатели/ регуляторы мощности
- Программное обеспечение и принадлежности

Платиновые чувствительные элементы



Проволочные температурные сенсоры

- Стеклянные
- Стеклянные с удлинением
- Керамические
- Пленочные

Тонкопленочные температурные сенсоры:

- Чип с соединительными проводами
- Чип поверхностного монтажа на эпоксидной плате
- Чип с соединительными клеммами
- Чип цилиндрической формы
- Чип поверхностного монтажа

Термостаты и показывающие термометры

- Встраиваемые термостаты/ термостаты поверхностного монтажа
- Комнатные термостаты
- Взрывозащищенные термостаты (ATEX)
- Электронные термостаты
- Показывающие термометры для индикации температуры и управления
- Биметаллические температурные выключатели
- Электронные индикаторы температуры с преобразователем

Техника измерения давления

- Измерительные преобразователи давления
- Реле давления
- Датчики уровня
- Манометры
- Ячейки для измерения давления
- Мембранные разделители и принадлежности

Сервис

- Поддержка при вводе в эксплуатацию и оптимизации
- Всемирная сервисная сеть
- Техническая поддержка по телефону
- Семинары и тренинги
- Специализированная литература
- JUMO-Homepage: www.jumo.ru

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

Датчики температуры 4

Измерительные преобразователи температуры 4

Датчики влажности 5

Термостаты 5

Стрелочные термометры 5

Средства измерения давления 6

Анализаторы параметров жидкостей 7

Регулирование и индикация 8

Визуализация и архивирование 9

Разрешительные документы и директивы
по обеспечению безопасности 10

Средства коммуникации 10

Используемые материалы 10

Калибровка 10

Основные области применения 11

Пояснения к фотографиям:
Merck KGaA, месторасположение Гернсхайм
(Титульный лист: вверху слева, в центре, внизу справа)
Air Liquide (Титульный лист в середине слева)
JENAHEXAL Pharma GmbH, Йена,
(Титульный лист внизу слева, стр.2 в центре, стр.4 вверху)
Alfred Teske/pixelio (Титульный лист вверху в центре)
Sigrid Roßmann (стр.3 вверху)
Фотостудия Merz_Tricot,
(Титульный лист внизу в центре, стр. 5 внизу, стр.7 вверху)

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Точные и надежные устройства

Датчики температуры

Во многих областях химической промышленности и в различных технологических процессах необходимо производить измерение температуры.
Компания JUMO предлагает для этих целей широкий спектр температурных датчиков.
Мы можем учесть ваши пожелания при выборе необходимых термометров сопротивления или термопар и изготовить датчик температуры, который оптимальным образом будет соответствовать конкретным целям измерения температуры.

Измерительные преобразователи температуры

Вы можете выбрать преобразователь, подходящий именно для ваших производственных процессов.
Вы получаете необходимое именно вашему производству изделие, которое в комбинации с термометром сопротивления или термопарой обеспечит точное измерение необходимых параметров в критически важных зонах производства.

Температурные датчики

Термопара с покрытием
DIN 4370, DIN EN 60 584, тип 901221

Ввинчивающийся термометр сопротивления JUMO
со взрывонепроницаемой присоединительной головкой
Тип 902820.

Термометр сопротивления JUMO PROCESStemp,
для использования в технологических процессах.
Тип 902820.

Термометр сопротивления JUMO формы J
Тип 902030.

Измерительные преобразователи температуры

Программируемый четырехпроводный преобразователь JUMO dTRANS T02 Ex.
Тип 707025.

Программируемый двухпроводный преобразователь JUMO dTRANS T01.
Тип 707016.

HART ®

Ограничитель температуры и температурное реле JUMO TB/TW, в соответствии с DIN EN 14597.
Тип 701160.

Программируемый двухпроводный преобразователь JUMO dTRANS T01/T.
Тип 707013.

HART ®

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Надежные интеллектуальные устройства

Датчики влажности

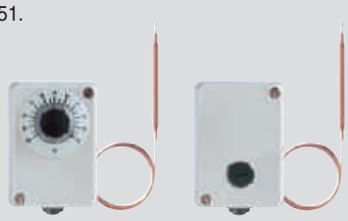
Промышленный датчик JUMO,
предназначенный для измерения влажности, температуры и производных величин DIN 43716, DIN EN 60584.
Тип 907023.

Емкостной гигротермодатчик JUMO
с интеллектуальными сменными зондами.
Тип 907027.

Термостаты и стрелочные термометры

Взрывозащищенный термостат навесного монтажа JUMO
с допуском ATEX PTB 03 ATEX 1187.
Степень защиты IP 65.
Тип 60 5051.

Одинарный термостат навесного монтажа JUMO
по DIN EN 14597.
Степень защиты IP 54.
Тип 60 3021.



Стрелочный термометр JUMO
с биметаллической измерительной системой.
Тип 608003.

Стрелочный контактный термометр JUMO,
выполненный в корпусе из высококачественной стали.
Тип 608521.

Датчики влажности

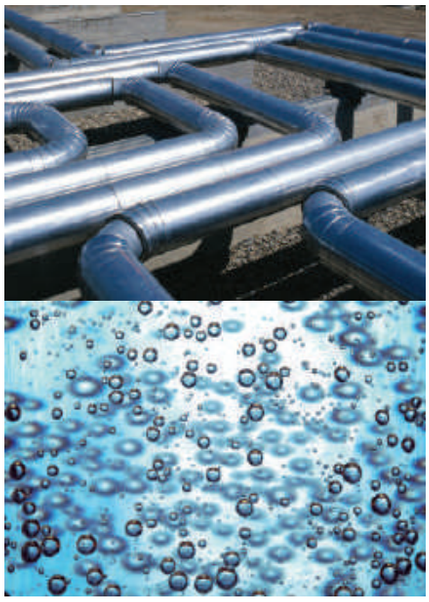
При изготовлении порошковых материалов, в особенности обладающих высокой гигроскопичностью, измерение влажности имеет большое значение. Если необходимо производить измерение влажности и температуры в экстремальных условиях технологических процессов, то идеальным решением является использование взрывозащищенных (искробезопасная цепь) гигротермодатчиков серии 907023. Емкостные гигротермометры снабжены интеллектуальными сменными зондами, которые можно заменить и отдельно откалибровать за считанные секунды. Датчик помещен в прочный металлический корпус, что обеспечивает долговечность прибора, в том числе и в тяжелых условиях эксплуатации.

Термостаты

Надежные термостаты JUMO с успехом могут использоваться в химической промышленности. Простота монтажа, легкость в обслуживании и надежность в эксплуатации гарантируют вам высокое качество и экономию затрат. Данные термостаты могут использоваться для нагрева вспомогательных труб, в магистральных трубопроводах, а также в качестве средства защиты при отрицательных температурах воздуха.

Стрелочные термометры

Нередко в химической промышленности требуется обеспечить точное измерение температуры без использования источника вспомогательной энергии. Для этих целей хорошо подойдут приборы компании JUMO, изготовленные с учетом экстремальных условий, характерных для химических производств.



jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Точные и надежные устройства

Средства измерения давления

Компания JUMO обеспечит вас необходимыми приборами, если требуется измерить давление в системе, уровень наполнения резервуаров или же величину расхода. Производимые нами приборы для измерения давления могут быть адаптированы для применения в любых процессах. Оборудование, которое предназначено для работы в коррозионных средах, изготавливается из специальных материалов разных видов. Для проведения измерений в средах с повышенной температурой до 200^0 С используются стандартные приборы. Для проведения измерений в экстремальных условиях используются мембранные разделители или же приборы в специальных пластмассовых корпусах.

Средства измерения давления

Программируемые измерительные преобразователи давления JUMO dTRANS p02/p20 delta/ p20
имеют допуск ATEX. HART. Корпус из алюминия или нержавеющей стали. Специальные материалы, мембранные разделители.
Тип 404382/404385/403025.

Измерительные преобразователи давления и зонды для измерения уровня.
Имеется допуск ATEX. Применяется при температуре среды до 200^0 С.
Тип 404753.

Измерительный преобразователь давления и зонд для измерения уровня.
Предназначен для работы в агрессивных средах. Корпус из искусственных полимеров.
Тип 404391.

Программируемое электронное реле давления JUMO DELOS.
Дисплей, корпус из нержавеющей стали.
Может работать в средах с высокой температурой.
Тип 405052.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Инновационные разработки, отвечающие требованиям рынка

Анализаторы жидкостей

Измерительный преобразователь проводимости JUMO CTI-750,
корпус из нержавеющей стали или пластмассы.
Тип 202756.

JUMO tecLine pH/JUMO tecLine Rd –
для измерения величин pH и Redox-потенциала
Тип 201020.

Кондуктометрические ячейки JUMO tecLine Lf-VA
Изготавливаются из нержавеющей стали и титана.
Тип 202924.

Серия измерительных преобразователей /регуляторов JUMO AQUIS 500
для определения величины pH, значения окислительного – восстановительного потенциала, концентрации аммиака, хлора, диоксида хлора, озона, кондуктивной и индуктивной проводимостей, а также температуры.
Тип 202560/202565/202570.

Измерительный преобразователь/регулятор JUMO dTRANS 02 01
для определения концентрации растворенного кислорода. Имеет автономный пульт управления.
Тип 202610.

Анализаторы жидкостей

При всех существующих различиях между химическими процессами, а также требованиями, предъявляемыми различными химическими производствами, у всех у них есть нечто общее, а именно – все эти производства характеризуются наличием сточных вод.

Электрическую проводимость сточных вод можно безопасно и надежно определять с помощью анализатора CTI-750; при необходимости с помощью этого прибора контролируется степень нейтрализации.

Существенное значение для очистки вод и водных сред и контроля их состояния имеет применение модулей измерения проводимости tecLine. Такие кондуктометрические ячейки являются важными элементами в процессе тонкой химической очистки.

Определение величины pH имеет большое значение для всей химической промышленности, в том числе для процесса водоочистки, конечного контроля производимых продуктов, а также при обработке сточных вод.
Компания JUMO предлагает широкий спектр электродов, отвечающих всем указанным требованиям.

Устройство dTRANS 02 01 позволяет определять и регулировать содержание растворенного кислорода в установках для обработки сточных вод или же в собственных очистных сооружениях предприятия.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Широкие возможности для применения регуляторов и индикаторов в промышленных системах

Регулирование и индикация

Для того, чтобы в некотором производственном процессе обеспечить контроль точных значений нескольких физических параметров, таких как, например, время, температура или давление, необходимо иметь высокоточные регуляторы.

Регулирование процесса охлаждения или термостатирования в нагревательных установках и других системах поддержания равномерной температуры может быть обеспечено с помощью наших электронных микростатов, отличающихся быстротой и точностью регулирующих воздействий.

Для решения более сложных задач были разработаны серии компактных регуляторов iTRON, cTRON и dTRON. С их помощью можно решить большинство задач регулирования. Через интерфейсы различного типа обеспечивается связь указанных регуляторов с системами управления производственными процессами.

Для специальных видов регулирования и более сложных технологических процессов применяется серия регуляторов IMAGO. Прибор IMAGO 500, оснащенный цветным дисплеем и 50-ю программами регулирования, имеет удобную систему управления и позволяет надежно регулировать самые различные процессы. Данное устройство является многоканальным, т.е. с помощью одного прибора возможно осуществлять регулирование, контроль и управление такими производственными параметрами, как величина потока, давление, температура или уровень заполнения некоторой системы. Точное регулирование особенно важно в химических процессах, например, чтобы избежать перегрева. Предотвратить такие ситуации позволяет система каскадного регулирования, встроенная в устройство JUMO IMAGO 500.

Устройства регулирования и индикации

Многоканальный регулятор производственного процесса и программный контроллер JUMO IMAGO 500.
Тип 703590.

Компактный регулятор JUMO cTRON,
оснащен таймером и функцией рампы.
Тип 702070.

Компактный регулятор JUMO dTRON,
оснащен функцией программирования.
Тип 703041.

Компактный лабораторный регулятор JUMO LR 316,
настольный вариант. Корпус прибора выполнен из синтетических материалов.
Тип 700703.

Цифровое индикаторное устройство JUMO di 308,
с микропроцессорным управлением.
Тип 701550.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Обеспечение высокой надежности производственных систем и процессов

Устройства для визуализации и архивирования

Экранный регистратор JUMO LOGOSCREEN nt
с TFT-дисплеем, компактной флэш -картой и USB-интерфейсом. Передняя панель выполнена из нержавеющей стали. Сенсорная кнопка управления.
Тип 706581.

Экранный регистратор JUMO LOGOSCREEN es
Обеспечивает надежный сбор и обработку информации в соответствии с требованиями FDA.
Тип 706560.

Экранный регистратор JUMO LOGOSCREEN 500 cf.
Имеет запоминающее устройство в виде компактной флэш-карты и систему управления жизненным циклом информации.
Тип 706510.

SCADA программа JUMO SVS3000
для визуализации производственных процессов. Протоколирование данных, ориентированное на партии выпускаемой продукции, и обработка данных в сети.
Тип 700755.

Визуализация и архивирование

Для обеспечения оптимальной надежности технологического процесса параметры этого процесса могут записываться с помощью регистрирующих приборов, предлагаемых нашей компанией.

Для снятия показаний процесса в экстремальных производственных условиях и при наличии агрессивных сред наилучшим решением является использование устройства JUMO LOGOSCREEN nt. Данный прибор имеет допуск ATEX, корпус прибора выполнен из высококачественной стали.

Программное обеспечение SVS 3000, используемое для визуализации производственного процесса, позволяет эффективно управлять процессом, осуществлять визуализацию и документирование параметров. Особенность состоит в том, что осуществляется документирование партий выпускаемой продукции, и параметры производственных процессов сохраняются в памяти с ориентацией на эти партии. С этой целью предусмотрен удобный интерфейс пользователя со многими опциями: Application-Explorer, журнал событий и перечень сигналов о нештатных ситуациях и т.д.
Имеется возможность быстро и просто выбрать нужную конфигурацию программного обеспечения, что позволяет избежать больших расходов на приобретение программ для каждого конкретного приложения.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Нам важна Ваша безопасность

Допуски и указания
Для того чтобы Вы целиком и полностью были уверены в надежности технологических процессов, мы постоянно работаем над тем, чтобынаши продукты соответствовали современным предписаниям и указаниям по безопасности.

Коммуникация
На сегодняшний день очень важно выбрать правильный способ передачи данных. Мы предлагаем Вам на выбор разнообразные виды интер-фейсов, например: Hart, Profibus, Canopen или RS485.

Материалы
Для химических процессов должны быть использованы химостойкие материалы (например: CrNi-сталь, титан, тантал, инконель, хастеллой).

Калибровка
JUMO располагает собственной лабораторией DKD[1], которая непосредственно подчиняется Физико-техническому институту (Германия).

[1]DKD. Немецкая калибровочная служба

Допуски и указания

Safety Integrity Level SIL

RoHS95

Коммуникация

CANopen

PROFI PROCESS FIELD BUS

HART®

RS 485

Analog

Материалы

Нержавеющая сталь
1.4404/1.4435 (316L),
EPDM, VMQ, NBR, FPM,
PEEK, PVDF

Калибровка

DKD

PTB

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Основные сферы применения

Нефтехимия

- Крекинг
- Риформинг
- Разделение на фракции

Тонкая химия

- Регенерация растворителей
- Дистилляция
- Выпаривание в тонком слое

Основная химия

- Фильтрация
- Вакуумная сушка
- Ректификация

Специальная химия

- Аналитика
- Центрифугирование
- Сушка

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

JUMO

Средства измерения температуры

PR 90024 RU

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Продукты и услуги для профессионалов

Датчики температуры и влажности

- Термопары
- Термометры сопротивления
- Взрывозащищенные температурные датчики (ATEX)
- Термометры сопротивления с беспроводной связью
- Датчики влажности

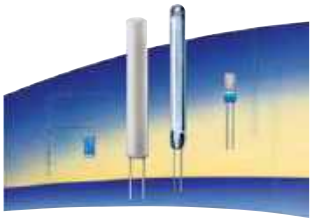
Электрохимический анализ жидких сред

- Измерение величины pH и редокс-потенциала: сенсоры, измерительные преобразователи/регуляторы
- Оборудование для измерения электропроводности: для подключения как кондуктометрических ячеек, так и индуктивных сенсоров
- Измерение растворенного кислорода
- Измерение концентрации хлора, диоксида хлора, озона, перекиси водорода и надуксусной кислоты
- Арматура и принадлежности

Регуляторы, силовые модули, самописцы и SCADA-система

- Регуляторы процесса и программирующие приборы
- Программное обеспечение для систем автоматизации
- Электронные термостаты/ микростаты
- Предохранительные реле температуры/ ограничители температуры
- Цифровые индикаторы
- Регуляторы процесса
- Регистрирующие приборы
- Температурные преобразователи
- Тиристорные силовые выключатели/ регуляторы мощности
- Программное обеспечение и принадлежности

Платиновые чувствительные элементы



Проволочные температурные сенсоры

- Стеклянные
- Стеклянные с удлинением
- Керамические
- Пленочные

Тонкопленочные температурные сенсоры:

- Чип с соединительными проводами
- Чип поверхностного монтажа на эпоксидной плате
- Чип с соединительными клеммами
- Чип цилиндрической формы
- Чип поверхностного монтажа

Термостаты и показывающие термометры

- Встраиваемые термостаты/ термостаты поверхностного монтажа
- Комнатные термостаты
- Взрывозащищенные термостаты (ATEX)
- Электронные термостаты
- Показывающие термометры для индикации температуры и управления
- Биметаллические температурные выключатели
- Электронные индикаторы температуры с преобразователем

Техника измерения давления

- Измерительные преобразователи давления
- Реле давления
- Датчики уровня
- Манометры
- Ячейки для измерения давления
- Мембранные разделители и принадлежности

Сервис

- Поддержка при вводе в эксплуатацию и оптимизации
- Всемирная сервисная сеть
- Техническая поддержка по телефону
- Семинары и тренинги
- Специализированная литература
- JUMO-Homepage: www.jumo.ru

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термоэлементы

- широкий диапазон температур –200...+1600°C
- термоэлементы соответствуют стандартам DIN EN 60 584 и DIN 43 710
- точечные измерения температуры
- короткое время отклика
- малый отвод тепла
- дополнительное техническое описание смотрите по номеру типового листа на сайте www.jumo.net

Область применения: печи, варочные аппараты, моторы, производство пластмасс и химия

Ввинчиваемые термоэлементы

С присоединительной головкой формы B

- для температур в диапазоне –200...+800°C
- защитная трубка из нержавеющей стали
- для термопар различных типов
- одинарные и двойные
- возможна поставка измерительным преобразователем

Типовой лист 90.1020 (90.1002)

С присоединительной головкой формы J

- для температур в диапазоне –200...+600°C
- защитная трубка из различных материалов

Типовой лист 90.1030 (90.1003)

С компенсационными проводами

- для температур в диапазоне –200...+600°C
- защитная трубка из различных материалов
- одинарные и двойные

Типовой лист 90.1050 (90.1005)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термоэлементы

Термоэлементы в соответствии со стандартом DIN EN 14 597 для аттестованных приборов

Ввинчиваемые и вставные исполнения

- для устройств теплопередачи по стандарту DIN 4754
- для температур до 1500°C
- одинарные и двойные
- для таких рабочих сред как вода, масло и воздух
- для аттестованных регулирующих приборов и ограничителей

Типовой лист 90.1006

Ввинчиваемые термоэлементы для измерения температуры расплава

Для производства пластмас

- для температур в диапазоне –40…+600°C
- защитная трубка и измерительный наконечник из нержавеющей стали
- различные измерительные наконечники
- термопроводка PTFE или металлическая оплетка
- установка изолированно или вместе с измерительным наконечником

Типовой лист 90.1090

Вставные термоэлементы

С присоединительной головкой формы A

- для температур в диапазоне –200...+1600°C
- защитная трубка из различных материалов
- одинарные и двойные

Типовой лист 90.1110 (90.1101)

С присоединительной головкой формы B

- для температур в диапазоне –200...+1600°C
- защитная трубка из различных материалов
- одинарные и двойные
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.1120 (90.1102)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термоэлементы

С компенсационными проводами

- для температур в диапазоне 0...600°C
- защитная трубка из нержавеющей стали
- возможен вывод кабеля под углом 90°

Типовой лист 90.1150 (90.1105)

С байонетным присоединением

- для температур в диапазоне 0...400°C
- защитная трубка из нержавеющей стали
- одинарные и двойные
- хорошая теплопередача, регулируемая увеличением давления пружины
- монтаж и демонтаж без использования инструментов

Типовой лист 90.1190 (90.1109)

Гибкие термоэлементы с защитной оболочкой в соответствии со стандартом DIN EN 60 584 и DIN 43 710

Различные модели

- для температур в диапазоне –200...+1150°C
- гибкий виброустойчивый провод с защитной оболочкой
- диаметр защитного кожуха от 0,5 мм
- малое время отклика
- специальные длины для различных применений

Типовой лист 90.1210 (90.1221)

Игольчатые термоэлементы

С несколькими точками измерения

- для температур в диапазоне –100 ...+260°C
- паронепроницаемый и герметичный
- высокая механическая прочность
- защитная трубка из нержавеющей стали
- до пяти точек измерения

JUMO FOODtemp

Типовой лист 90.1350 (90.1305)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

- для температур в диапазоне –200...+800°C
- сенсоры температуры в соответствии со стандартом DIN EN 60 751
- высокая точность измерений и стабильность
- исполнения, ориентированные на различные области применения
- калибруемые высокоточные термометры сопротивления
- взрывобезопасные термометры сопротивления
- дополнительное техническое описание смотрите по номеру типового листа на сайте www.jumo.net

Области применения: отопительные, климатические и вентиляционные системы, оборудование для производства пищевых продуктов, машиностроение, медицина, автомобильная промышленность, аппараты учета энергии и управляющая техника

Ввинчиваемые термометры сопротивления

С присоединительной головкой формы B

- для температур в диапазоне –50 (–200)...+600°C
- защитная трубка из различных материалов
- со сменной измеряемой вставкой
- с одним или двумя сенсорами
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.2020 (90.2002)

С присоединительной головкой формы J

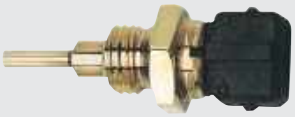
- для температур в диапазоне –50...+400°C
- защитная трубка из различных материалов
- с одним или двумя сенсорами
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.2030 (90.2003)

Со штекерным присоединением

- для температур в диапазоне –50...+300°C
- защитная трубка из различных материалов
- высокая виброустойчивость
- штекерное соединение фиксируется для надежности контакта, пылевлагозащита IP65
- штекер с позолоченными контактами

JUMO VIBROtemp



Типовой лист 90.2040 (90.2004)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

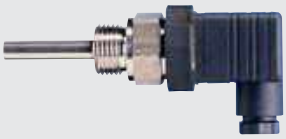
jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

Ввинчиваемые термометры сопротивления

Со штекерным соединением в соответствии со стандартом DIN EN 175301

- для температур в диапазоне –50...+260°C
- защитная трубка из различных материалов
- высокая виброустойчивость
- штекерное соединение фиксируется для надежности контакта, пылевлагозащита IP65
- возможна поставка с измерительным преобразователем
- допуск GL для типов 902044/20 и 902044/21



Типовой лист 90.2044 (90.2004)

С присоединительными проводами

- для температур в диапазоне –50...+400°C
- защитная трубка из различных материалов
- с одним или двумя сенсорами
- двух-, трех-, или четырехпроводная схема соединения
- соединительный провод в оболочке из ПВХ, силикона, PTFE или с металлической оплеткой

Типовой лист 90.2050 (90.2005)

Термометр сопротивления в соответствии со стандартом DIN EN 14597

Ввинчиваемые и вставные исполнения

- для устройств теплопередачи в соответствии со стандартом DIN 4754
- для температур до 700°C
- с одним, двумя или тремя сенсорами
- для таких рабочих сред как вода, масло или воздух
- для аттестованных регулирующих приборов и ограничителей

Типовой лист 90.2006

Ввинчиваемые термометры сопротивления для измерения температуры расплава

Для производства пластмасс

- для температур в диапазоне –40…+400°C
- защитная трубка и измерительный наконечник из нержавеющей стали
- различные измерительные наконечники
- соединительные провода, покрытые PTFE, PTFE с металлической оплеткой или металлической оплеткойt

Типовой лист 90.2090

Вставные термометры сопротивления

С присоединительной головкой формы B

- для температур в диапазоне –50(–200)...+600°C
- защитная трубка из различных материалов
- со сменной измерительной вставкой
- с одним или двумя сенсорами
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.2120 (90.2102)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

С присоединительной головкой формы J

- для температур в диапазоне –50...+400°C
- с одним или двумя сенсорами
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.2130 (90.2103)

С присоединительными проводами

- для температур в диапазоне –50...+400°C
- защитная трубка из различных материалов
- с одним или двумя сенсорами
- двух-, трех- или четырехпроводная схема соединения
- соединительный провод в оболочке из ПВХ, Силикона, PTFE или с металлической оплеткой

Типовой лист 90.2150 (90.2105)

С соединительным кабелем для применения в солнечных батареях

- для температур в диапазоне –50...+260°C
- для измерения температуры в коллекторах и аккумуляторах
- высокая стабильность по времени
- оптимизированная по стоимости конструкция для солнечной энергетики
- соединительный провод в оболочке из ПВХ, полиуретана, силикона, PTFE

Типовой лист 90.2153

С байонетным присоединением

- для температур в диапазоне –50...+350°C
- защитная трубка из различных материалов
- с одним или двумя сенсорами
- хорошая теплопередача, регулируемая давлением пружины
- монтаж и демонтаж без инструментов

Типовой лист 90.2190 (90.2109)

Гибкий термометр сопротивления с защитной оболочкой в соответствии со стандартом DIN EN 60751

Различные исполнения

- для температур в диапазоне –50 (–200)...+600°C
- гибкий провод с защитной оболочкой с виброустойчивой измерительной вставкой
- один или два сенсора по двух-, трех- или четырехпроводной схеме соединения
- малое время отклика
- специальные длины для различных применений

Типовой лист 90.2210 (90.2221)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

Игольчатые термометры сопротивления

Различные модели

- для температур в диапазоне –50...+260°C
- паронепроницаемые и герметичные
- высокая механическая прочность
- с одним или двумя сенсорами
- для использования в пищевой промышленности

JUMO FOODtemp

Типовой лист 90.2350 (90.2305)

Ввинчивающийся термометр сопротивления для счетчиков расхода тепла

С присоединительной головкой

- для температур в диапазоне 0...180°C
- удостоверение о допущении к эксплуатации для счетчиков расхода тепла, в соответствии с директивой по измерительным приборам (MID) и внутригосударственное разрешение на сменный температурный датчик
- удовлетворяет требованиям евростандартов EN 1434, AGFW 202 и FW211
- подобраны в пары и поверены в соответствии с немецкими стандартами проведения поверки
- продукция сертифицирована в соответствии с модулем D MID (имеются знак CE (соответствие нормам ЕС) и знак метрологического соответствия)

JUMO HEATtemp Typ DL

Типовой лист 90.2424

С присоединительными проводами

- для температур в диапазоне 0...180°C
- удостоверение о допущении к эксплуатации для счетчиков расхода тепла, в соответствии с директивой по измерительным приборам (MID) и внутригосударственное разрешение на сменный температурный датчик
- удовлетворяет требованиям евростандартов EN 1434, AGFW 202 и FW211
- разрешение для счетчиков холода и комбинированных счетчиков холода и расхода тепла
- подобраны в пары и поверены в соответствии с немецкими стандартами проведения поверки
- продукция сертифицирована в соответствии с модулем D MID (имеются знак CE (соответствие нормам ЕС) и знак метрологического соответствия)

JUMO HEATtemp Typ DS/DL

Типовой лист 90.2425

Вставной термометр сопротивления для счетчиков расхода тепла

С присоединительной головкой для погружных гильз

- для температур в диапазоне 0...180°C
- удостоверение о допущении к эксплуатации для счетчиков расхода тепла, в соответствии с директивой по измерительным приборам (MID) и внутригосударственное разрешение на сменный температурный датчик
- удовлетворяет требованиям евростандартов EN 1434, AGFW 202 и FW211
- разрешение для счетчиков холода и комбинированных счетчиков холода и расхода тепла
- подобраны в пары и поверены в соответствии с немецкими стандартами проведения поверки
- продукция сертифицирована в соответствии с модулем D MID (имеются знак CE (соответствие нормам ЕС) и знак метрологического соответствия)

JUMO HEATtemp Typ PL

Типовой лист 90.2434

Вставной термометр сопротивления

С присоединительным кабелем для погружных гильз

- для температур в диапазоне 0...180°C
- удостоверение о допущении к эксплуатации для счетчиков расхода тепла, в соответствии с директивой по измерительным приборам (MID) и внутригосударственное разрешение на сменный температурный датчик
- удовлетворяет требованиям евростандартов EN 1434, AGFW 202 и FW211
- разрешение для счетчиков холода и комбинированных счетчиков холода и расхода тепла
- подобраны в пары и поверены в соответствии с немецкими стандартами проведения поверки
- продукция сертифицирована в соответствии с модулем D MID (имеются знак CE (соответствие нормам ЕС) и знак метрологического соответствия)

JUMO HEATtemp Typ PS/PL

Типовой лист 90.2810

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

Поверхностные термометры сопротивления

Различные исполнения

- для температур в диапазоне –50...+260°C
- защитная арматура из различных материалов
- для круглых и плоских поверхностей
- простая и быстрая установка
- малая теплоемкость

Типовой лист 90.2550 (90.2522)

Термометры сопротивления в комнатном, наружном и канальном исполнени

Различные исполнения

- для температур в диапазоне –30...+80°C
- для применения в климатической технике
- пылевлагозащита от IP20 до IP65
- простая и быстрая установка
- двух-, трех- или четырехпроводная схема соединения

сбоку

спереди

Типовой лист 90.2520 (90.2523)

Устройство контроля температуры

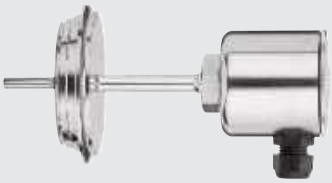
- прецизионный термометр сопротивления, с дисплеем и сертификатом калибровки DKD
- DKD-калибровка для термометров сопротивления, термоэлементов, устройств регистрации данных, измерительных цепей, элементов калибраторов
- диапазон калибровки –80...+1100°C
- заводская калибровка по месту

Типовой лист 90.2721

Исполнение для различных отраслей

Для пищевой и фармацевтической промышленности

- для температур в диапазоне –50...+250°C
- защитная трубка из нержавеющей стали с одним или двумя сенсорами
- для монтажа в CIP-мойки
- возможна поставка измерительным преобразователем



Типовой лист 90.2810

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

Исполнение для различных отраслей

Для пищевой и фармацевтической промышленности

- с измерительным преобразователем или без него
- для температур в диапазоне -50…+260°C
- защитная трубка из нержавеющей стали
- подключения к процессу для пищевой и фармацевтической промышленности
- конфигурация через ПК
- подключение через штекерное соедининение M12
- пылевлагозащита IP67 с присоединенным штекером

JUMO Dtrans T100

Типовой лист 90.2815

Для технологических процессов (допуском ATEX)

- для температур в диапазоне –200...+600°C
- материалы защитной трубки: нержавеющая сталь, титан, тантал, инконель и хастеллой
- свидетельство производителя/сертификат об испытаниях
- измерительный преобразователь искробезопасный Ex „i“
- взрывозащищенная присоединительная головка Ex „d“

JUMO PROCESStemp

Типовой лист 90.2820

Для стерилизаторов

- для температур в диапазоне –70...+200°C
- паронепроницаемый
- устойчивость к давлению до 5,0 бар
- с одним, двумя или тремя сенсорами
- двух-, трех-, или четырехпроводная схема соединения
- соединительный провод в оболочке из PTFE, FEP или силикона

JUMO STEAMtemp

Типовой лист 90.2830

Датчик температуры и уровня масла

- для температур в диапазоне –40...+140°C
- измерение уровня или комбинированное измерение уровня и температуры
- соединительный кабель - полиэстер
- рабочая часть от 52мм или 62мм
- принцип измерения: нагреваемая нить

Типовой лист 90.2880

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Термометры сопротивления

Игольчатый термометр сопротивления с беспроводной пераедачей данных измерений

Передатчик

- для температур в диапазоне –30…+260°C или –200... +600°C
- радиочастота 868 MHz, опционально 915 MHz
- беспроводная передача данных измерений
- питание от литиевой батареи с большим сроком службы
- дальность передачи – 300 метров открытого пространства

JUMO Wtrans Sender T01.G1

Типовой лист 90.2930

Игольчатый термометр сопротивления с беспроводной пераедачей данных измерений

Приемник

- максимум 16 передатчиков на один приемник
- четыре аналоговых выхода или два аналоговых выхода и два релейных выхода
- интерфейс RS 485 с протоколом Modbus
- настройка через клавиатуру или ПК (удобная программа конфигурации)
- монтаж на DIN-рейку
- Напряжение питания
  AC 110 ... 240В
  AC/DC 20 ... 30В

JUMO Wtrans Empfдnger T01

Типовой лист 90.2931

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Принадлежности

- арматура для монтажа термоэлементов и термометров сопротивления
- кабели для корректного подключения
- защитные гильзы и шаровые краны
- штекерный соединитель для удобной замены
- дополнительное техническое описание смотрите по номеру типового листа на сайте www.jumo.net

Принадлежности для монтажа датчиков температуры

- шаровые краны
- тройники
- защитные гильзы
- адаптеры с резьбовым присоединением
- принадлежности для монтажа

Типовой лист 90.2440

Ввинчиваемые и приварные защитные гильзы

- для термоэлементов и термометров сопротивления
- замена термометра без остановки процесса
- защитные гильзы из различных материалов
- рабочее давление до 320бар

Типовой лист 90.9710 (90.9721)

Присоединительные головки и цоколи

- для термоэлементов и термометров сопротивления
- присоединительные головки из различных материалов
- пылевлагозащита до IP67
- пломбируемые исполнения

Типовой лист 90.9715 (90.9722)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Принадлежности

Компенсационные и соединительные провода

- компенсационные провода по стандартам DIN EN 60584-3 и DIN 43 713
- соединительные провода для подключения по двух-, трех- или четырехпроводной схеме
- исполнения для температур –190...+400°C
- оболочка из тефлона, силикона, ПВХ или стекловолокна, с оплеткой из стали или нержавеющей стали
- для одинарных и двойных сенсоров

Типовой лист 90.9735 (90.9723)

Измерительные вставки для ввинчиваемых термоэлементов и термометров сопротивления с присоединительной головкой формы B

- для диапазона температур –200 ... +1150 °C
- для одного или двух чувствительных элементов
- возможна поставка с измерительным преобразователем

Типовой лист 90.9740 (90.9727)

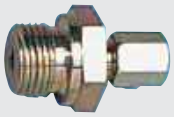
Термопары по стандарту DIN 43732

- для температур до +1600 °C
- нормированные таблицы линеаризации по стандартам DIN EN 60 584 часть 1 и DIN 43 710
- для вставных термоэлементов в соответствии со стандартом DIN 43 733

Типовой лист 90.9744 (90.9728)

Резьбовые присоединения и фланцы, ответные части для байонетных соединений

- для температур до 550°C
- для различных монтажных длин
- простая установка и замена
- герметичное уплотнение



Типовой лист 90.9750 (90.9725)

Штекерные соединения

- для диапазона температур –60...+260°C
- легкая замена при фиксированной проводке
- быстрое подключение к измерительному прибору в целях контроля
- фиксирующее устройство для надежного контакта

Типовой лист 90.9760(90.9726)

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Платиновые температурные сенсоры

- диапазон температур между –200...+800°C
- эталонные параметры и допуски по стандарту DIN EN 60751
- исполнения их проволоки в стекле, керамике или фольге
- тонкопленочные исполнения
- лабораторные термометры сопротивления
- характеристики: Pt100, Pt500 и Pt1000 (другие варианты по запросу)
- дополнительное техническое описание смотрите по номеру типового листа на сайте www.jumo.net

Области применения: отопление, климатическая техника, бытовая техника, лабораторное и медицинское оборудование, автомобильная техника

Проволочные температурные сенсоры по стандарту DIN EN 60751

Исполнения из платины и стекла

- диапазон температур –200...+400°C
- одинарные и двойные сенсоры/ лабораторные термометры сопротивления
- характеристики: Pt100, Pt500 и Pt1000
- возможно применение непосредственно в жидкостях
- размеры: диаметр 0,9...4,8мм; длина 8...45мм

Типовой лист 90.6021

Платиново-керамические исполнения

- диапазон температур –200...+800°C
- одинарные и двойные сенсоры
- характеристика: Pt100
- отличная температурная стабильность
- высокая стойкость к резким скачкам температуры
- размеры: диаметр 0,9...4,8мм; длина 6...30мм

Типовой лист 90.6022

Модели из платины и фольги

- диапазон температур –80...+180°C
- небольшая толщина (0,3мм)
- характеристика: Pt100
- для измерения на плоских и изогнутых поверхностях
- выдерживает напряжение до 3кВ
- размеры: ширина 21мм, длина 50мм, высота 0,3мм

Типовой лист 90.6023

Тонкопленочные температурные сенсоры по стандарту DIN EN 60751

Платиновые сенсоры с соединительными проводами

- диапазон температур между –70...+600°C
- эталонные значения от 20...5000 Ω
- малое время отклика
- исполнения по требованиям заказчика (по запросу)
- низкий ценовой сегмент
- размеры: ширина 1,5 до 2мм, длина 2,5 до 10мм
  высота 1,0 до 1,3мм

Типовой лист 90.6121

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Платиновые температурные сенсоры

Тонкопленочные температурные сенсоры по стандарту DIN EN 60751

Платиновые чипы на эпоксидной плате

- диапазон температур –20...+150°C
- характеристики: Pt100, Pt 500 и Pt1000
- смонтированная измерительная вставка
- пригоден для дальнейшего автоматизированного монтажа
- размеры: ширина 4,3мм, длина 15мм, высота 2,2мм
  и ширина 4,3мм, длина 28мм, высота 2,2мм

Типовой лист 90.6122

Платиновые чипы с выводами для подключения

- диапазон температур –30...+105°C
- характеристики: Pt100, Pt500 и Pt1000
- прочные выводы для подключения
- с дополнительным защитным лаковым покрытием
- размеры: ширина 4,3мм, длина 6,3 мм, высота 1,8мм

Типовой лист 90.6123

Исполнения из платины в корпусе цилиндрической формы

- диапазон температур –70...+300°C
- характеристики: Pt100, Pt 500 и Pt1000
- хорошо адаптированы для защитных трубок
- высокая механическая прочность
- размеры: диаметр 3,8/4,8мм, длина 15мм

Типовой лист 90.6124

Платиновые чипы в SMD-стиле

- диапазон температур –50...+150°C
- характеристики: Pt100, Pt500 и Pt1000
- доставка в блистерной ленте для автоматического монтажа
- гальванический контакт с диффузионным барьером
- размеры: ширина 1,5мм, длина 3,1мм, высота 0,8мм
  (конструктивный размер 1206)
  и ширина 1,3мм, длина 2,0 мм, высота 0,5мм
  (конструктивный размер 0805)

Типовой лист 90.6125

Устройства отображены в разном масштабе по отношению друг к другу.

JUMO

ООО Фирма «ЮМО»
Москва, 115162, ул. Люсиновская д.70, стр.5
Тел: (495) 961-32-44
Факс: (495) 911-01-86
email: jumo@jumo.ru
web: www.jumo.ru

Бюро «ЮМО», Санкт-Петербург
Тел./факс: (812) 718-36-30
Тел: (812) 718-36-30
Факс: (812) 327-19-00
email: perfect@mail.wplus.net
office@jumo.spb.ru

Обособленные подразделения:

«ЮМО-Волгоград»
400067, Волгоград, тел. (8442) 96-66-22,
факс: (8442) 96-66-22
email: volgograd@jumo.ru

«ЮМО-Пермь»
614600, Пермь, тел. (3422) 36-23-94,
факс: (3422) 19-68-29

«ЮМО-Уфа»
450005, Уфа, тел. (3472) 79-98-80,
факс: (3472) 79-98-81
email: ufa@jumo.ru

«ЮМО-Самара»
443030, Самара, тел./факс: (8462) 278-45-30
email: samara@jumo.ru

«ЮМО-Иркутск»
664075, Иркутск, тел. (3952) 55-46-98,
факс: (3952) 55-46-99
email: irkutsk@jumo.ru

Фирмы-партнеры в городах:
Екатеринбург, Кемерово, Набережные Челны, Нижний Новгород, Новосибирск, Саратов, Сургут, Тверь, Челябинск.

Контактную информацию Вы найдете на сайте www.jumo.ru

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Техника автоматического регулирования для практиков

Манфред Шляйхер

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Техника автоматического регулирования для практиков

Манфред Шляйхер

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780
каталог, описание, технические, характеристики, datasheet, параметры,
маркировка,габариты, фото , модуль, CTI-750 202756/65-607-0000-82/767. 941

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Предисловие и некоторые замечания по содержанию настоящей брошюры

Техника автоматического регулирования освещается в целом ряде книг и статей, которые зачастую содержат слишком много теории и поэтому труднопонятны. Настоящая брошюра позволяет сотрудникам, занимающимся планированием, вводом в эксплуатацию и обслуживанием установок, освоить практические основы техники автоматического регулирования.

Читатель должен обладать техническим образованием или пройти предварительную подготовку.

Все разъяснения ориентированы на практику и подкреплены примерами. Мы не пользуемся методами высшей математики, вместо этого мы прибегаем к эмпирическим формулам и стараемся сообщить интуитивное понимание техники автоматического регулирования. Даже в тех случаях, когда детально обсуждается техника фирмы JUMO (глава 1 и 7), большинство разъяснений остается в силе.

Чтобы облегчить вам ориентацию, мы приводим здесь краткую информацию о разделах настоящей книги:

В **главе 1** мы рассматриваем основные общие принципы техники автоматического регулирования. После сведений о замкнутом контуре регулирования и переходном процессе при регулировании, мы описываем различное оборудование.

Глава 2 описывает различные объекты регулирования и рассказывает о том, как можно характеризовать объект.

После чтения **главы 3** читатель должен в принципе уметь обращаться с параметрами ПИД-регулятора (X_P, T_n и T_V).

В **главе 4** мы описываем различные процедуры оптимизации и указываем структуры регуляторов, которые могут использоваться для различных регулируемых величин.

Сведения о принципе работы и конфигурировании двухточечных, трехточечных, трехточечных ступенчатых и позиционных регуляторов даны в **главе 5**.

Глава 6 рассматривает специальные схемы включения регуляторов – такие, как, например, каскадное регулирование, – которые обладают различными функциональными или коммерческими преимуществами.

Регуляторы фирмы JUMO включают дальнейшие функции, так, например, в **главе 7** описаны самооптимизация или программирование регулятора.

Семинары по технике автоматического регулирования

На момент издания данной брошюры по этой тематике проводятся три различных семинара. В качестве рабочего материла для обучения, ориентированного на практику, мы используем настоящую брошюру. Помимо изучения теории, участники имеют возможность проводить по отдельным главам практические занятия с объектами регулирования.

Дальнейшие сведения вы можете получить на нашем сайте www.jumo.net в разделе Support, а также вы можете просто позвонить нам.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Мы желаем вам приятного чтения данной брошюры и надеемся, что из нее вы получите все необходимые вам сведения. Мы с радостью рассмотрим ваши замечания.

Фульда, февраль 2006 г.

Манфред Шляйхер

Примечание:

Данная брошюра была составлена максимально добросовестно. Мы не берем на себя ответственности за возможные ошибки. В любом случае, авторитетными источниками являются инструкции по эксплуатации соответствующих устройств.

JUMO GmbH
Marksistskaya, 34/8
109147 Moskau
RUSSISCHE FÖDERATION
Телефон: +7 495 961 32 44
Факс: +7 495 911 01 86
E-mail: jumo@jumo.ru
Internet: www.jumo.ru

Перепечатка с указанием первоисточника разрешена!

Номер компонента: 00495055
Номер книги: FAS525
Отпечатано: 02.06

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

1 Основные понятия ... 9

1.1 Замкнутый контур регулирования ... 9

1.2 Переходной процесс при регулировании ... 11

1.3 Измерение фактического значения / датчики и преобразователи ... 11

1.3.1 Период дискретизации ... 14

1.4 Типы выходов регуляторов ... 14

1.5 Исполнительные элементы ... 15

1.5.1 Исполнительные элементы для двоичного управления ... 15

1.5.2 Исполнительные элементы для непрерывного управления ... 17

1.6 Типы регуляторов ... 19

1.7 Компактные регуляторы фирмы JUMO ... 19

2 Объект регулирования ... 21

2.1 Общие сведения об объектах регулирования ... 21

2.2 Объекты с выравниванием и без выравнивания ... 22

2.2.1 Объекты с выравниванием ... 22

2.2.2 Объекты без выравнивания ... 23

2.3 Объекты (звенья) статические, с запаздыванием и задержками ... 25

2.3.1 Статические объекты регулирования ... 25

2.3.2 Объекты с запаздыванием: PT_t –объекты ... 26

2.3.3 Объекты с задержкой: PT_n-объекты ... 28

2.4 Регистрация переходной характеристики для объектов с не менее чем двумя задержками и запаздыванием ... 32

3 Регуляторы непрерывного действия ... 35

3.1 П-регулятор ... 35

3.1.1 Зона пропорционального регулирования ... 36

3.2 И-регулятор ... 40

3.3 ПИ-регулятор ... 43

3.4 ПД-регулятор ... 46

3.4.1 Практическая дифференциальная составляющая – DT_1-элемент ... 51

3.5 ПИД-регулятор ... 53

3.5.1 Блок-схема ПИД-регулятора ... 54

4 Замкнутый контур регулирования / оптимизация ... 56

4.1 Поведение при задающем / возмущающем воздействии ... 56

4.2 Устойчивое и неустойчивое поведение при регулировании ... 57

4.3 Методы оптимизации ... 58

4.3.1 Метод незатухающих колебаний по Циглеру и Николсу ... 58

4.3.2 Метод переходной характеристики по Чину, Хронесу и Ресвику ... 59

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

4.3.3 Метод скорости нарастания ... 61
4.3.4 Эмпирический метод определения параметров регулирования ... 62
4.3.5 Контроль настройки регулятора для ПИД-структуры ... 64

4.4 Какая структура регулятора используется для различных регулируемых величин? ... 66

5 Регуляторы дискретного действия ... 68

5.1 Дискретные и квази-непрерывные регуляторы ... 68

5.2 Дискретный двухточечный регулятор ... 69
5.2.1 Дискретный двухточечный регулятор с объектом 1-го порядка ... 70
5.2.2 Дискретный двухточечный регулятор с объектом высшего порядка ... 71

5.3 Квази-непрерывный двухточечный регулятор: пропорциональный регулятор ... 72
5.3.1 Поведение интегральной и дифференциальной составляющих квази-непрерывного двухточечного регулятора ... 74

5.4 Трехточечный регулятор ... 76
5.4.1 Дискретный трехточечный регулятор ... 77
5.4.2 Квази-непрерывный трехточечный регулятор ... 78
5.4.3 Поведение интегральной и дифференциальной составляющих квази-непрерывного трехточечного регулятора ... 79

5.5 Регуляторы для управления исполнительными элементами с серводвигателями ... 80
5.5.1 Трехточечный ступенчатый регулятор ... 80
5.5.2 Позиционный регулятор ... 84

6 Схемы для улучшения качества регулирования ... 86

6.1 Базовая нагрузка ... 86

6.2 Режим разделения диапазона ... 87

6.3 Поддержание возмущения на постоянном уровне ... 88

6.4 Аддитивное и мультипликативное наложение возмущения ... 89
6.4.1 Аддитивное наложение возмущение ... 89
6.4.2 Мультипликативное наложение возмущение ... 91

6.5 Грубое / точное регулирование ... 93

6.6 Каскадное регулирование ... 94

6.7 Регулирование пропорции ... 97

7 Специальные функции регуляторов ... 99

7.1 Самооптимизация ... 99
7.1.1 Метод незатухающих колебаний ... 99
7.1.2 Метод переходной характеристики ... 101
7.1.3 Дальнейшие сведения о методах оптимизации ... 102

7.2 Startup и телесервис / диагностика ... 104

7.3 Функция регистрации ... 106

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

7.4 Функция рампы 108
7.5 Программный регулятор 109
7.6 Предельные компараторы 110
7.7 Двоичные функции 111
7.8 Ручной режим 111
7.9 Ограничение управляющего сигнала 112
7.10 Пользовательская линеаризация 113
7.11 Измерение влажности 114
7.12 Интерфейсы 115

Приложение: Использованные сокращения 117

Указатель 119

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Содержание

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Настоящая глава вводит основные понятия техники автоматического регулирования и описывает различные компоненты. Мы начинаем с замкнутого контура регулирования и даем определение переходного процесса. Далее мы описываем различную сенсорную технику, исполнительные элементы и регуляторы, отчасти на примерах компонентов, производимых фирмой JUMO.

1.1 Замкнутый контур регулирования

Замкнутый контур регулирования состоит из объекта регулирования, регулятора и исполнительного элемента:

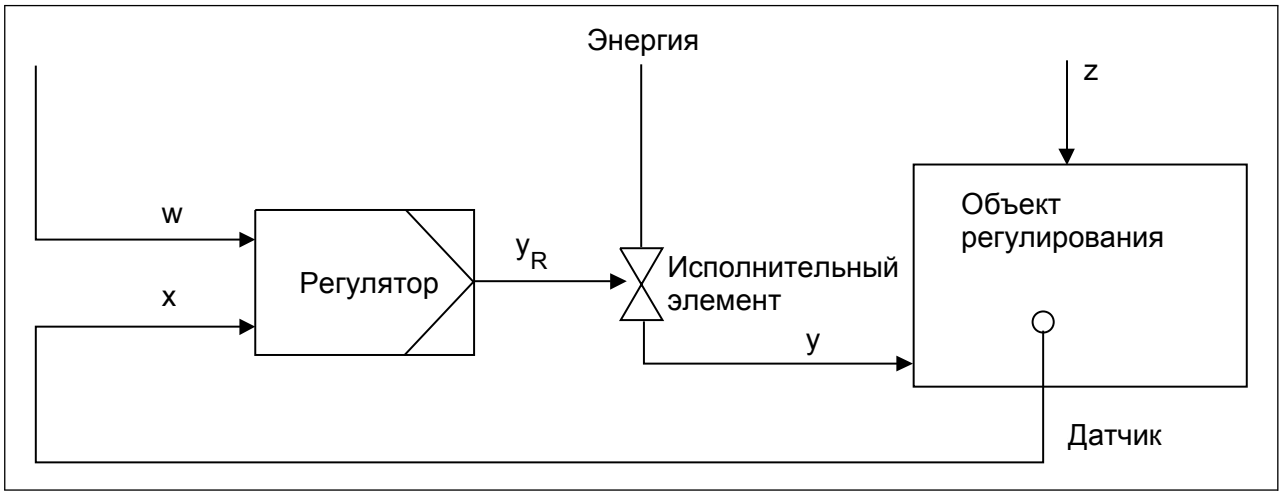


Рисунок 1: Замкнутый контур регулирования

На Рисунке 1 показан пример замкнутого контура регулирования: печь, работающая на газе.

Объект регулирования
Объект регулирования является той частью установки, где необходимо поддерживать **регулируемую величину (x)** на постоянном уровне. В нашем примере регулируемая, или фактическая величина – это температура; ее значение измеряется термометром сопротивления или термоэлементом и подается на вход регулятора.

В контуре регулирования можно влиять на фактическое значение при помощи **управляющего воздействия (y)**. Управляющее воздействие является энергией и в нашем примере оно представлено потоком газа.

Исполнительный элемент
В большинстве случаев регулятор не может непосредственно задавать управляющее воздействие, поэтому используются исполнительные элементы. Регулятор управляет исполнительными элементами посредством **управляющего сигнала y_R**. В нашем примере в качестве исполнительного элемента используется газовый клапан.

Если регулятор выдает управляющий сигнал 100 %, то на объект управления подается максимальное количество газа. Аналогично, при управляющем сигнале 50 % в объект подается вдвое меньшее количество газа.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Регулятор
При помощи управляющего сигнала (в нашем примере лежащего в диапазоне 0 … 100 %) регулятор добивается равенства фактического значения установленному в регуляторе **заданному значению (w)**. Разность между заданным и фактическим значением (w − x) называется **рассогласованием регулируемой величины (e)**.

Изменения **возмущающего воздействия z** приводят к нежелательным изменениям регулируемой величины. Дальнейшие сведения о возмущениях вы найдете в главе 2 *«Объект управления»*.

Из предыдущего обсуждения следует, что необходимо проводить различие между управляющим (выходным) сигналом регулятора и управляющим воздействием (энергией, подаваемой в объект управления). Для специалиста по автоматическому регулированию важно, какой процент энергии подается в управляемый процесс. Поэтому для него решающей величиной является управляющий сигнал y_R.

На Рисунке 2 показано изображение на экране регулятора JUMO IMAGO 500.
Здесь выводятся важнейшие величины:

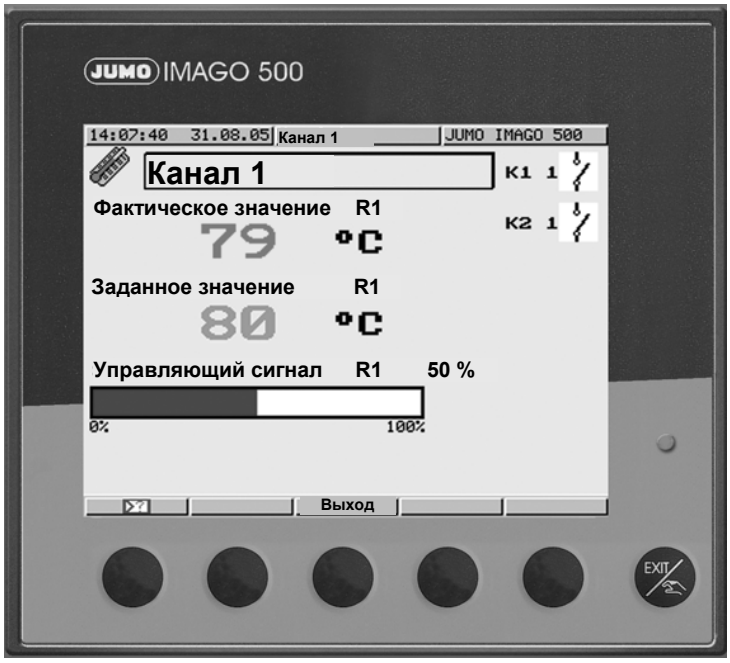


Рисунок 2: Изображение на экране регулятора JUMO IMAGO 500

В данной главе были введены некоторые величины, используемые в технике автоматического регулирования, и их краткие обозначения. Далее, большинство используемых в данной книге обозначений с кратким пояснением приведено в разделе *«Приложение: используемые обозначения»*.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1.2 Переходной процесс при регулировании

Для регулятора следует определить параметры его переходного процесса. Какого результата следует ожидать от регулятора в замкнутом контуре, если, например, происходит переключение к новому заданному значению?

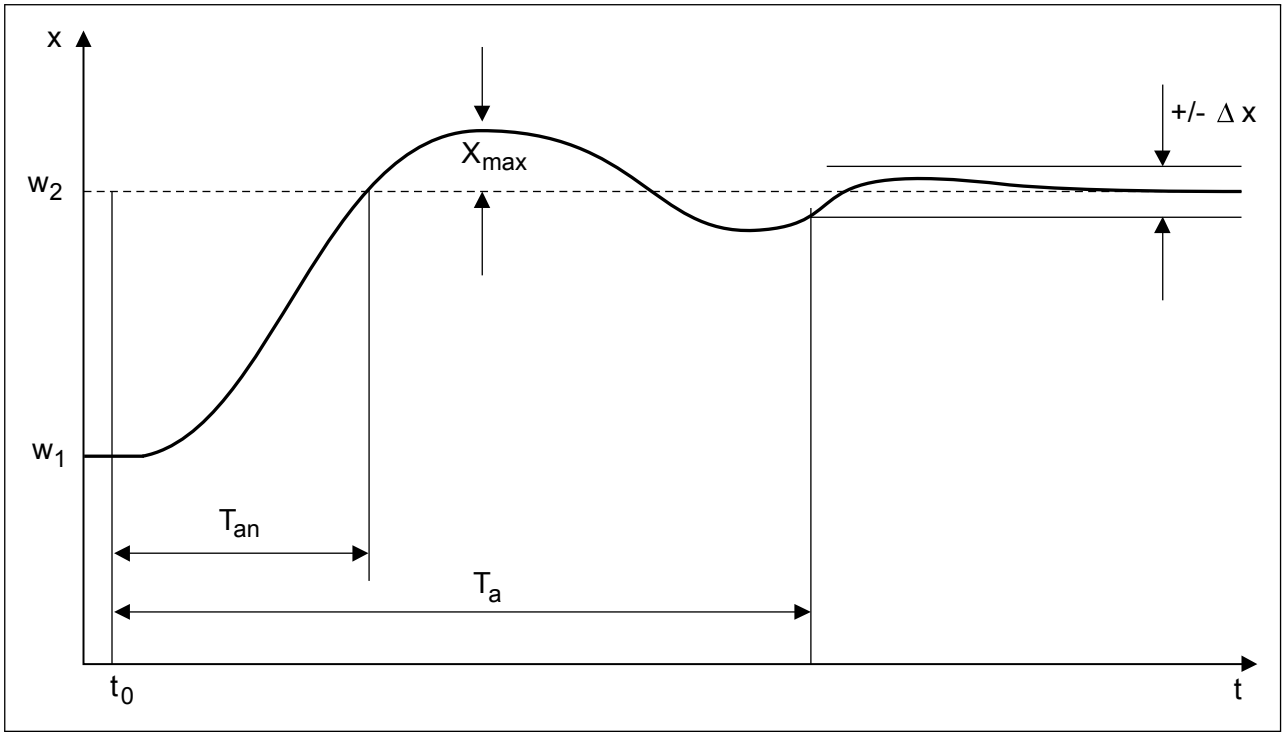


Рисунок 3: Критерии переходного процесса

Пройдет некоторое время, пока фактическое значение не станет постоянно находиться в некотором интервале вокруг заданного значения (+/− Δx). Это время называется временем переходного процесса (**T_a**). Сколь широк предписанный интервал, зависит от требований к системе управления.

Если при переходе к новому заданному значению происходит перерегулирование, то максимальное отклонение фактического значения от заданного называется пиком перерегулирования (**X_{max}**). Время, в течение которого фактическое значение впервые достигает заданного, называется временем регулирования (**T_{an}**).

В данной книге мы будем рассматривать исключительно пик перерегулирования и время переходного процесса. Здесь будет уместно заметить, что контур регулирования работает тем лучше, чем меньше величины T_a и X_{max}.

1.3 Измерение фактического значения / датчики и преобразователи

Для электрического измерения температуры очень часто применяют термометры сопротивления (например, Pt 100). Они обладают сопротивлением, зависящим от температуры, и их характеристики известны. Вход регулятора, используемый для подключения термометра сопротивления, следует программным образом настроить и активировать подходящую характеристику. В регуляторах фирмы JUMO хранятся характеристики различных термометров сопротивления.

Если характеристика термометра активирована, регулятор преобразует измеренную величину сопротивления в соответствующую ей температуру.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Кроме этого, прежде всего, для высоких температур, находят применение термоэлементы, которые выдают напряжение, растущее при увеличении температуры. Здесь также линеаризация производится при помощи регулятора.

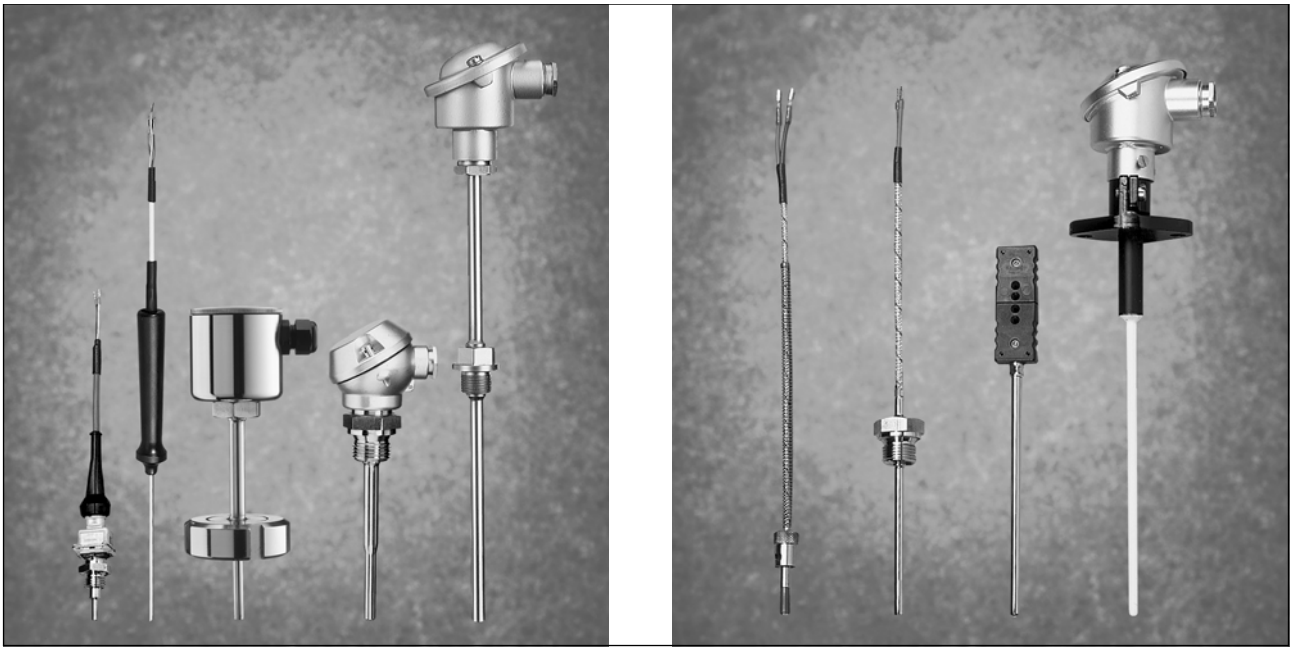


Рисунок 4: Термометры сопротивления и термоэлементы фирмы JUMO

При больших расстояниях между датчиком и регулятором применяются измерительные преобразователи. Они преобразуют измерения термометра сопротивления / термоэлемента, подключенного к их входу, в линеаризованный выходной сигнал (например, 4...20 мА). В регуляторе остается лишь масштабировать этот сигнал в соответствии с заданными верхним и нижним пределами измеряемой величины:

Рисунок 5: Измерительно-преобразовательная головка JUMO dTRANS T01 для подключения к термометрам сопротивления или термоэлементам

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Рисунок 6: **Четырехпроводной измерительный преобразователь JUMO dTRANS T02 LCD с дисплеем**

Кроме этого, фирма JUMO предлагает различные исполнения измерительных преобразователей, которые выдают уже линеаризованный сигнал.

Рисунок 7: **Измерительные преобразователи JUMO MIDAS и dTRANS p02**

В заключение необходимо упомянуть, что фирма JUMO производит множество датчиков и преобразователей для измерения аналитических величин (уровень pH, окислительно-восстановительный потенциал, проводимость, растворенный кислород и т.д.)

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Рисунок 8: Индуктивный измерительный преобразователь проводимости JUMO CTI-500 и одностержневая измерительная цепь JUMO tecLine pH

1.3.1 Период дискретизации

Работа названных измерительных преобразователей основана на использовании микропроцессоров, которым требуется время на вычисления. Измеряемое значение регистрируется датчиком и после внутренней обработки выдается как аналоговая величина. После обновления состояния выхода снова происходит измерение входного сигнала. Время между считываниями входного сигнала называется периодом дискретизации.

Период дискретизации важен для регуляторов, в особенности, при обработке фактического значения. В этом случае период дискретизации равен времени считывания входного сигнала, вычисления и выдачи управляющего сигнала до нового считывания.

Типичные периоды дискретизации у регуляторов фирмы JUMO лежат в диапазоне 50…250 мс. Для большинства применений в технике управления процессов достаточно уже 250 мс. Для быстрых процессов (например, в технике измерения давления) регулятор должен работать с очень малым периодом дискретизации.

1.4 Типы выходов регуляторов

При регулировании температуры в качестве выходов часто применяются **реле**. Управляющие контакты чаще всего бывают выполнены как переключающие, но иногда также и как замыкающие контакты. Регулятор управляет, например, силовым контактором, который направляет энергию в процесс.

Чтобы добиться удовлетворительного результата для относительно быстрых объектов, где регулируется температура, двоичный выход должен переключаться достаточно часто. Механический узел будет в этом случае довольно быстро изнашиваться. По этой причине JUMO поставляет регуляторы с **выходами на полупроводниковыми реле** и **логическими выходами** для коммутации, например, ~230 В или =24 В.

В случае быстрых объектов регулирования (давление, расход жидкости, скорость вращения и т.д.) чаще всего оказывается невозможным применять управление при помощи двоичного сигнала – это привело бы к колебаниям регулируемой величины. Для таких применений регуляторы можно оснастить **непрерывными выходами**, которые могут на выбор выдавать

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

сигналы по току или по напряжению.

1.5 Исполнительные элементы

В большинстве случаев регулятор не формирует непосредственно управляющее воздействие на объект управления, вместо этого он при помощи своего выходного сигнала управляет исполнительным элементом. Исполнительный элемент обеспечивает подачу энергии для процесса пропорционально управляющему сигналу. Рассмотрим некоторые важные типы исполнительных элементов:

1.5.1 Исполнительные элементы для двоичного управления

Простейший исполнительный элемент, управляемый двоичным выходным сигналом регулятора (=24 В, ~230 В и т.д.), – это **силовой контактор**. Если регулятор замыкает свой контакт, контактор срабатывает, и электрическая энергия начинает подаваться на объект управления. Силовые контакторы подходят для медленных процессов, не требующих высокой частоты переключений.

Если для более быстрых объектов переключения должны производиться чаще, то необходимо применять электронные переключатели. Примером являются **тиристорные силовые переключатели**. Их управляющие напряжения (как, например, у показанной здесь серии TYA) лежат в диапазоне 4…32 В, при этом они могут коммутировать напряжения до 660 $В_{эфф}$.

Переключения производятся без механических деталей. В силу этого можно выбрать очень высокую частоту переключений. Необходимо учитывать, что, с одной стороны, переключатель в открытом состоянии обладает определенной мощностью потерь, а, с другой стороны, нагрузка, даже если переключатель закрыт, не будет полностью обесточена (существуют токи утечки).

Рисунок 9: Тиристорный силовой переключатель серии TYA фирмы JUMO

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Для техники аналитических измерений часто применяются **дозировочные насосы**. Эти исполнительные элементы ожидают импульсов на входе. С каждым импульсом насос выдает определенное количество жидкости. Увеличение управляющего сигнала регулятора соответствует повышению частоты импульсов на его выходе. Фирма JUMO поставляет регуляторы для применения с дозировочными насосами.

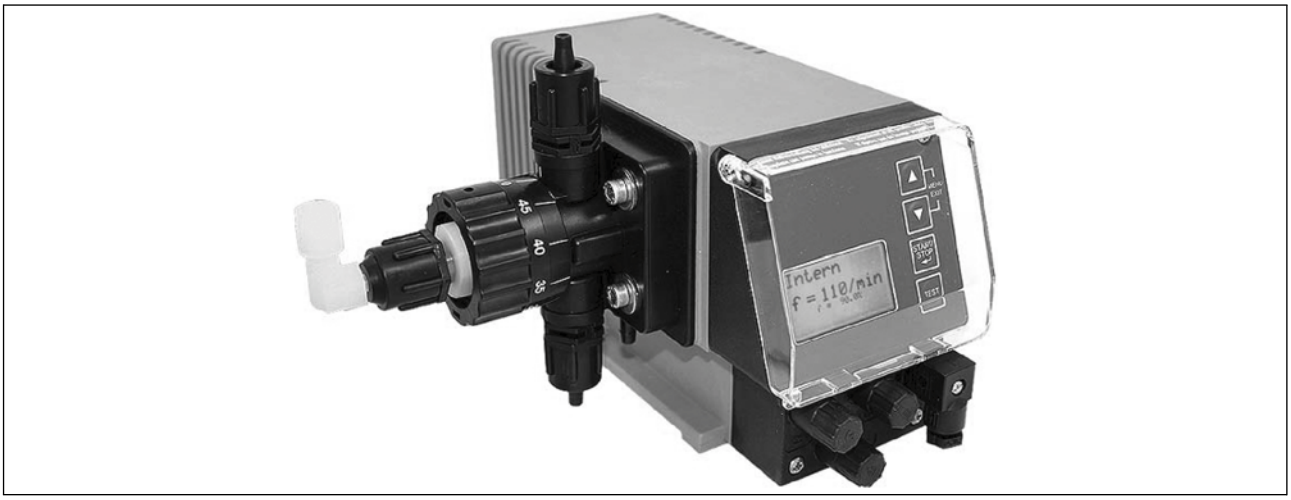


Рисунок 10: Дозировочный насос

Магнитные клапаны, по сигналу регулятора, либо полностью открываются, либо, в состоянии покоя, закрываются.

Исполнительные элементы с сервомоторами управляются двумя реле регулятора. В течение времени, когда реле 1 подает напряжение в соответствующую цепь, исполнительный элемент (на Рисунке 11 – клапан) постепенно открывается. Аналогично, реле 2 закрывает исполнительный элемент. Преимущество этого исполнительного элемента: при имеющемся сервомоторе он может быть легко оборудован собственно исполнительным элементом (клапан, задвижка, заслонка и т.д.). Монтаж выполняется достаточно просто. Даже если исполнительный элемент с сервомотором управляется двоичным сигналом, он формирует непрерывное управляющее воздействие.

Дальнейшие сведение об этих исполнительных элементах и соответствующих регуляторах вы найдете в главе 5.5.1 «*Трехточечный регулятор*» и главе 5.5.2 *«Позиционный регулятор»*.

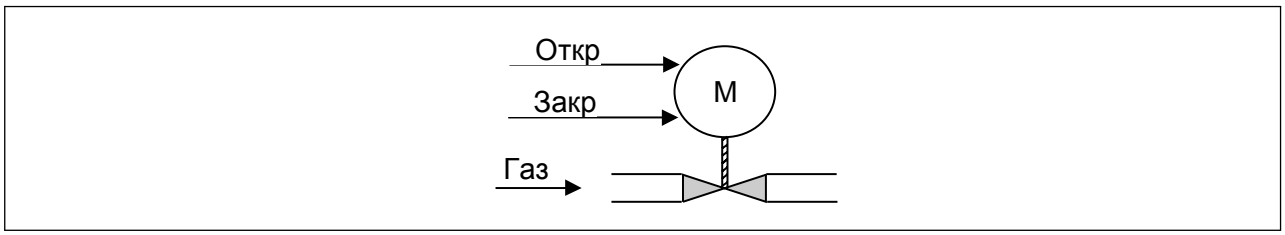


Рисунок 11: Схематическое изображение исполнительного элемента с сервомотором, состоящего из сервомотора и клапана в качестве исполнительного элемента

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1.5.2 Исполнительные элементы для непрерывного управления

Во многих приложениях управляющее воздействие должно быть непрерывным. Причиной является то, что у очень быстрых объектов управления при двоичном управлении фактическое значение оказывается неустойчивым.

Для непрерывного управления при помощи электрической энергии фирма JUMO предлагает два типа (квази-)непрерывных исполнительных элементов:

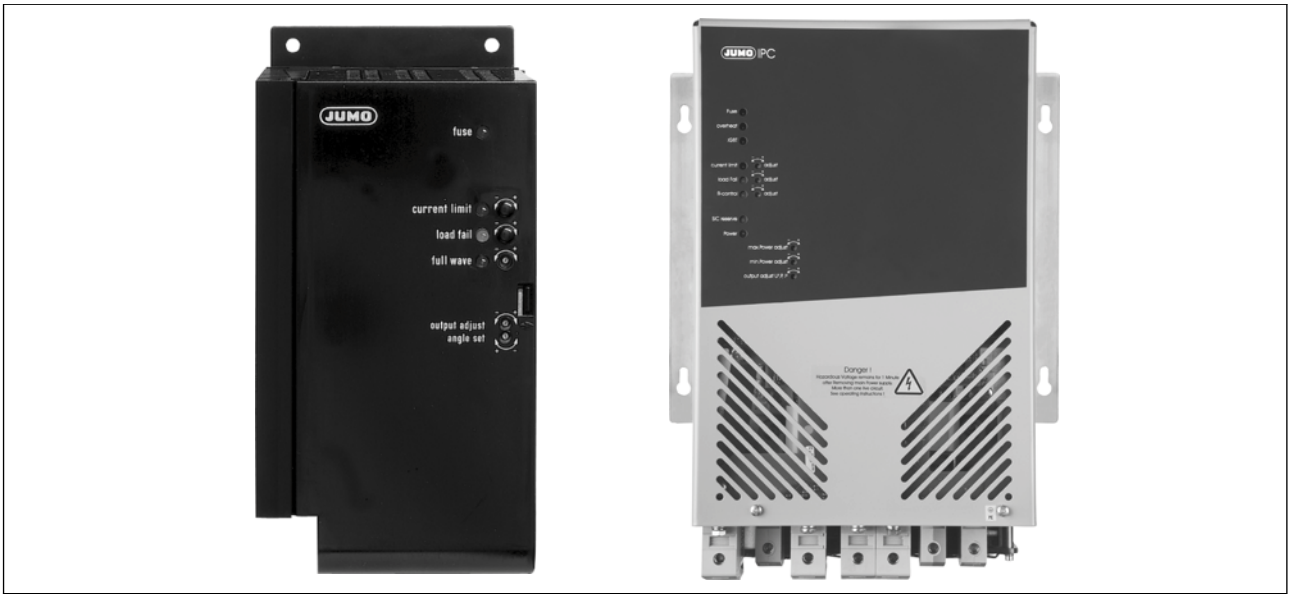


Рисунок 12: Тиристорный силовой исполнительный элемент и силовой преобразователь на биполярных транзисторах с изолированным затвором с амплитудным регулированием

На тиристорный силовой исполнительный элемент, помимо сетевого напряжения, подается управляющий сигнал регулятора. Упрощенно его можно представить как быстрый переключатель, относительная длительность включения которого пропорциональна управляющему сигнала регулятора.

Тиристорный силовой исполнительный элемент может работать в двух режимах:
В импульсно-групповом режиме он подает на нагрузку определенное количество периодов сетевого напряжения, а остальные перекрывает (Рисунок 13):

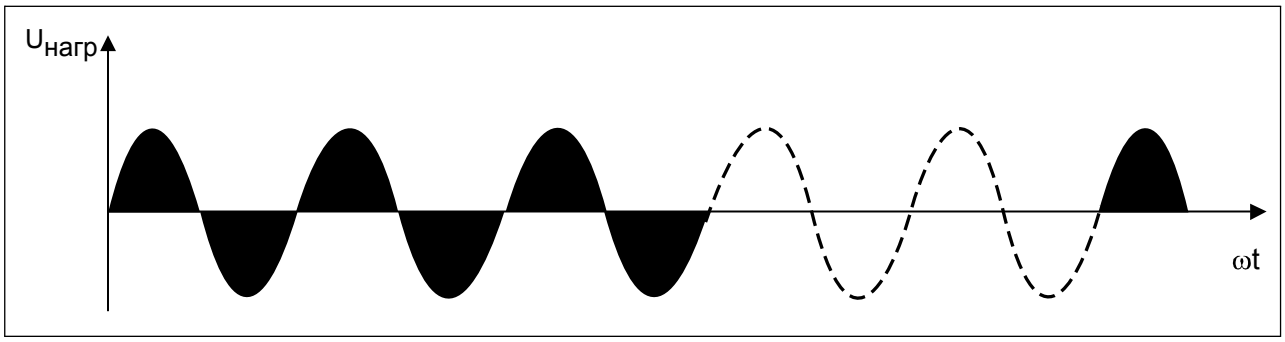


Рисунок 13: Выходной сигнал тиристорного силового исполнительного элемента в импульсно-групповом режиме при управляющем сигнале 60 %.

Время включения и выключения настолько мало, что для многих объектов управление может рассматриваться как непрерывное.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Для более быстрых объектов (например, для регулировки силы света) тиристорный силовой исполнительный элемент можно включить в режиме фазовой отсечки: В этом случае он подает определенную часть полупериодов на нагрузку и при большем управляющем сигнале уменьшает угол отсечки α (рисунок 14).

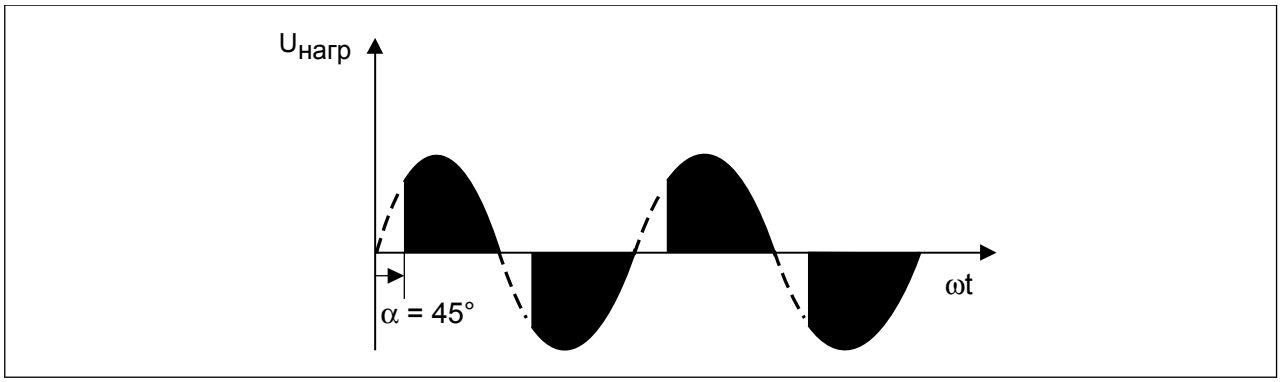


Рисунок 14: Выходной сигнал тиристорного силового исполнительного элемента в режиме фазовой отсечки

Силовой преобразователь на биполярных транзисторах с изолированным затвором, по сравнению с тиристорным исполнительным элементов, является настоящим непрерывным исполнительным элементом. Он варьирует амплитуду своего выходного напряжения пропорционально управляющему воздействию, задаваемому регулятором.

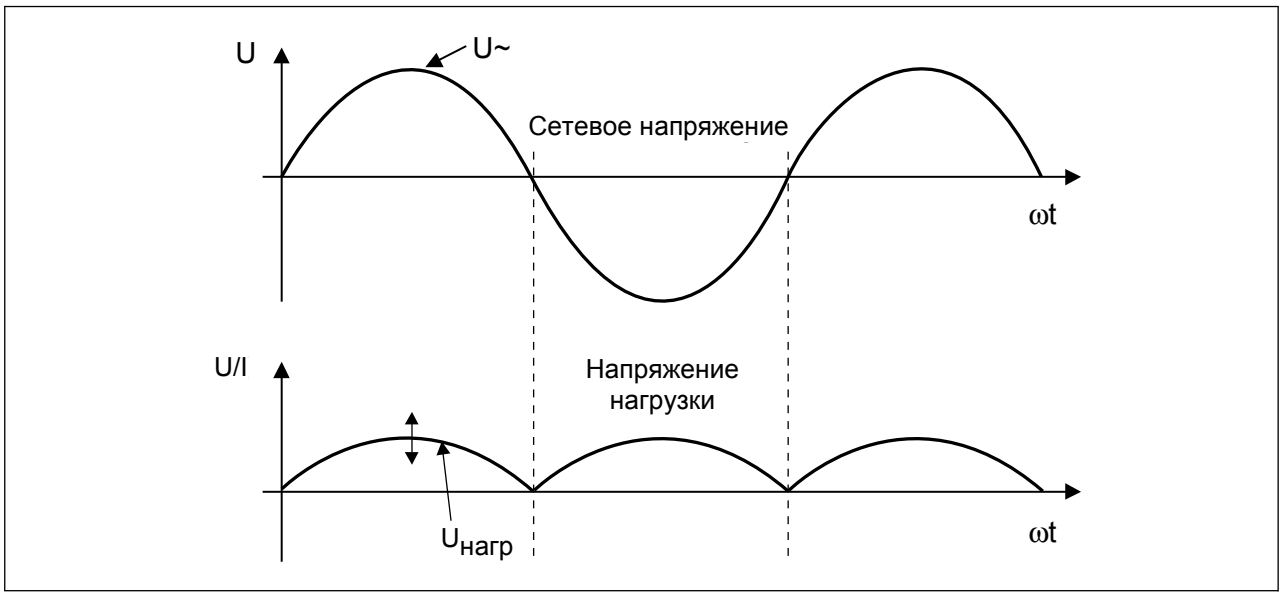


Рисунок 15: Амплитудное регулирование в случае силового преобразования на биполярном транзисторе с изолированным затвором

Для непрерывного управления потоками газов или жидкостей имеются **пропорциональные клапаны**. Они открываются пропорционально управляющему сигналу (например, 4…20 мА).

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1.6 Типы регуляторов

Описанные исполнительные элементы требуют определенных типов регуляторов, которые будут представлены ниже:

Регуляторы непрерывного действия выдают непрерывный выходной сигнала (обычно 0/4... 20 мА или 0/2... 10 В). Их управляющий сигнал может находиться в диапазоне 0…100 %, при этом выходной сигнал пропорционален управляющему сигналу.

Двухточечные регуляторы оснащены коммутирующим или двоичным выходом. Хотя такой регулятор направляет в нагрузку либо полную, либо нулевую мощность, здесь также может выдаваться управляющий сигнал 0…100%. В этом случае регуляторы варьируют относительную длительность включения выходов пропорционально управляющему сигналу.

Трехточечные регуляторы можно представить как два отдельных двухточечных регулятора: Первый регулятор управляет, например, нагревом посредством одного выхода, а второй регулятор включает охлаждение при помощи второго выхода.

Трехточечные шаговые и **позиционные** регуляторы лучше всего подходят для управления исполнительными элементами с сервомоторами. Два выхода регулятора посредством сервомотора управляют открыванием и закрывание исполнительного элемента.

1.7 Компактные регуляторы фирмы JUMO

Фирма JUMO поставляет четыре основных серии компактных регуляторов и, кроме этого, специализированные приборы для различных отраслей. В качестве иллюстрации рассмотрим здесь некоторые свойства наиболее дешевого регулятора (серия iTRON) и регулятора с наибольшим набором функций (IMAGO 500).

Рисунок 16: JUMO iTRON

Регуляторы серии JUMO iTRON можно сконфигурировать как двух- или трехточечные. Для измерения фактического значения можно подключить датчик (термометр сопротивления или термоэлемент) или типовой сигнал. Регулятор обладает двоичными выходами, на которых выдается управляющий сигнал или результат контроля фактического значения. В так называемом автоматическом режиме регулятор на своем дисплее выводит фактическое значение. При помощи двоичных входов можно активировать двоичные функции, как, например, переключение заданного значения. При помощи клавиш или прилагаемой программы Setup прибор можно конфигурировать.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

1 Основные понятия

Ниже приводится небольшой обзор возможностей регулятора JUMO IMAGO 500.

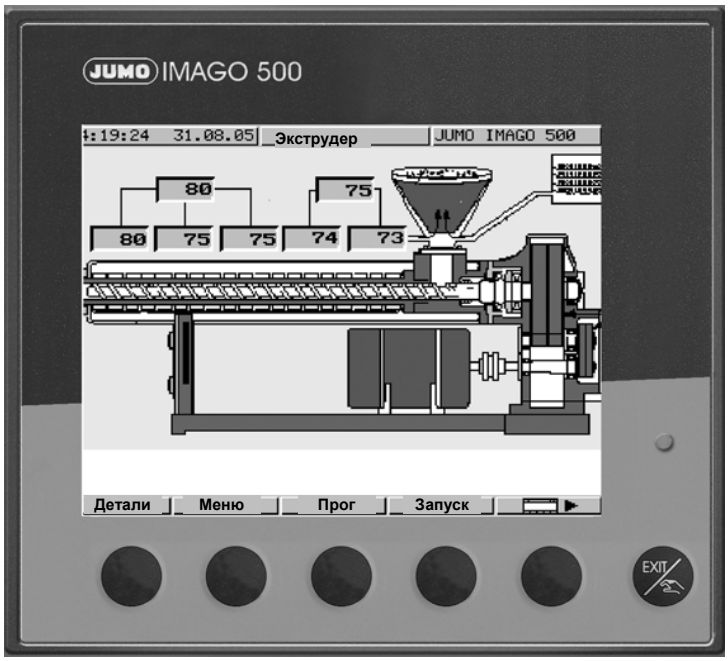


Рисунок 17: Пользовательское изображение на экране регулятора JUMO IMAGO 500

JUMO IMAGO 500 является 8-канальным регулятором, и к нему возможно подключение 8 датчиков. Можно задавать все типы регуляторов, приведенные в главе 1.6 *«Типы регуляторов»*. Регулятор построен по модульному принципу: Можно добавлять новые или заменять имеющиеся узлы. К этому прибору возможно подключение по протоколу MOD-Bus или PROFI-BUS-DP. Можно подключать релейные модули, которые делают доступными до 28 выходов. Регулятор может выполнять запись данных, и измеренные данные можно считывать при помощи ПК через интерфейс. Изображения на экране и тексты сообщений (Рисунок 17) можно свободно задавать, что позволяет обеспечить привязку к конкретной установке. При помощи различных функций регулятор способен брать на себя решение многих задач по управлению процессами.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

Данная глава посвящена свойствам объектов регулирования с выравниванием и без выравнивания. Вы познакомитесь со статическими объектами с запаздыванием и задержками. В конце главы будет продемонстрировано, как можно охарактеризовать объект регулирования.

2.1 Общие сведения об объектах регулирования

Объектом регулирования является та часть установки, где необходимо добиться равенства регулируемой величины заданному значению. С точки зрения техники автоматического регулирования, объект регулирования начинается там, где подается управляющий сигнал регулятора (включение исполнительного элемента в состав объекта является некоторым упрощением, которое, однако, вполне пригодно для практических целей!). Объект регулирования заканчивается там, где должно измеряться фактическое значение, то есть у датчика. На объект действуют возмущения, которые влияют на регулируемую величину, когда меняется их значение. Рисунок 18 показывает объект регулирования на примере печи, работающей на газе:

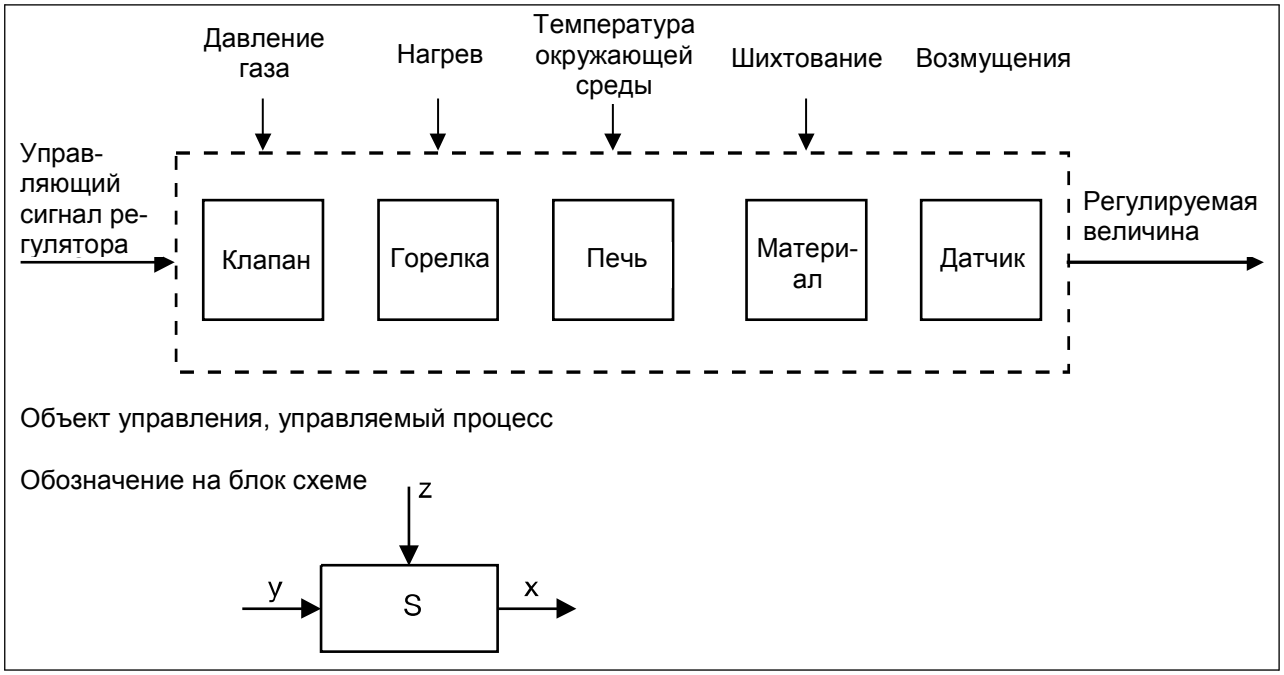


Рисунок 18: Входные и выходные величины объекта регулирования

Управляющий сигнал регулятора в этом примере подается на клапан. Здесь начинается объект регулирования. В печи находится материал, в котором помещен датчик температуры. Здесь заканчивается объект регулирования.

Рассмотрим теперь поток энергии:
Если регулятор меняет величину управляющего сигнала, клапан относительно быстро перемещается в новое положение. Немедленно изменяется и поток газа к горелке. Внутренняя область печи медленно нагревается, и через некоторое время температура материала повышается. В нашем объекте регулирования имеются замедляющие звенья или накопители энергии, которые замедляют ее передачу.

Возмущения, также и в этом примере, – это те величины, при изменении которых и при неизменном управляющем сигнале устанавливается другая температура.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

Пример:
Если задан именно такой управляющий сигнал, при котором устанавливается требуемая температура материала, а возмущающее воздействие – температура окружающей среды меняется в сторону понижения, то при том же управляющем сигнале температура материала также уменьшится. В замкнутом контуре управления регулятор может противодействовать возмущению, формируя больший управляющий сигнал.

2.2 Объекты с выравниванием и без выравнивания

2.2.1 Объекты с выравниванием

Объект регулирования, показанный на Рисунке 18, является так называемым объектом регулирования с выравниванием, что означает следующее. Если задать произвольный управляющий сигнал при помощи регулятора, переведенного в ручной режим, и дождаться устойчивого фактического значения, то всегда установится значение регулируемой величины, пропорциональное управляющему сигналу.

Если измерить так называемую статическую характеристику объекта (фактическое значение в зависимости от управляющего сигнала), то в большинстве случаев она окажется нелинейной.

Пример:
При измерении статической характеристики для объекта, показанного на Рисунке 18, мы повышаем управляющий сигнал шагами по 10 % и дожидаемся установления устойчивой температуры печи. При этом мы увидим, что при том же изменении управляющего сигнала прирост температуры будет больше при низких температурах, чем при высоких. Характеристика нелинейна!

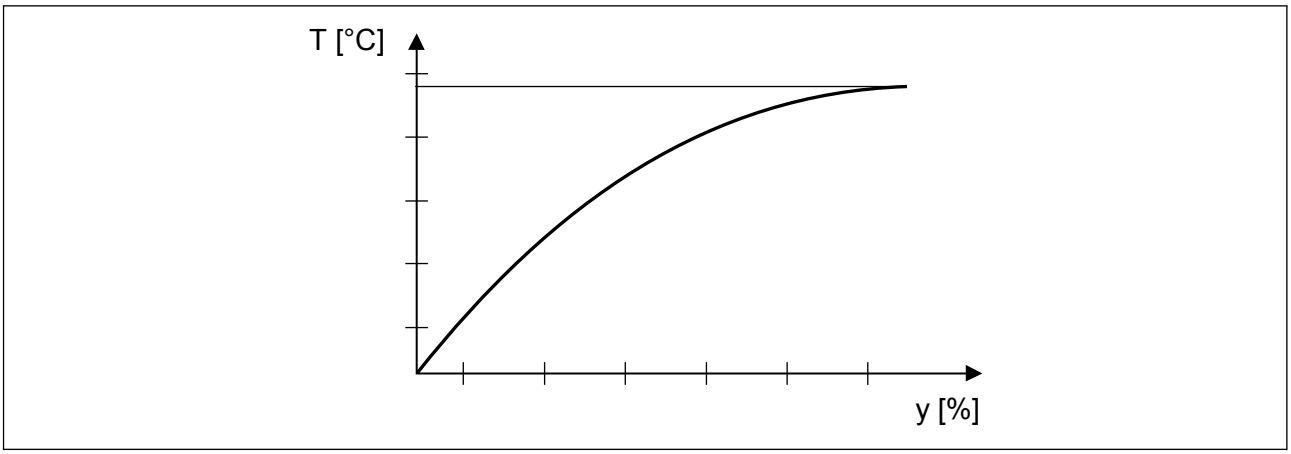


Рисунок 19: Нелинейная характеристика

Нелинейность является одной из причин того, что может оказаться необходимым менять параметры регулятора при различных заданных значениях, чтобы улучшить поведение системы при регулировании.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2.2.2 Объекты без выравнивания

Объект регулирования без выравнивания реагирует на управляющий сигнал постоянным изменением фактического значения. Отклонение фактического значения зависит от свойств объекта и пропорционально величине управляющего сигнала и времени.

На Рисунке 20 показано поведение объекта без выравнивания, не содержащего задержек или звеньев с запаздыванием:

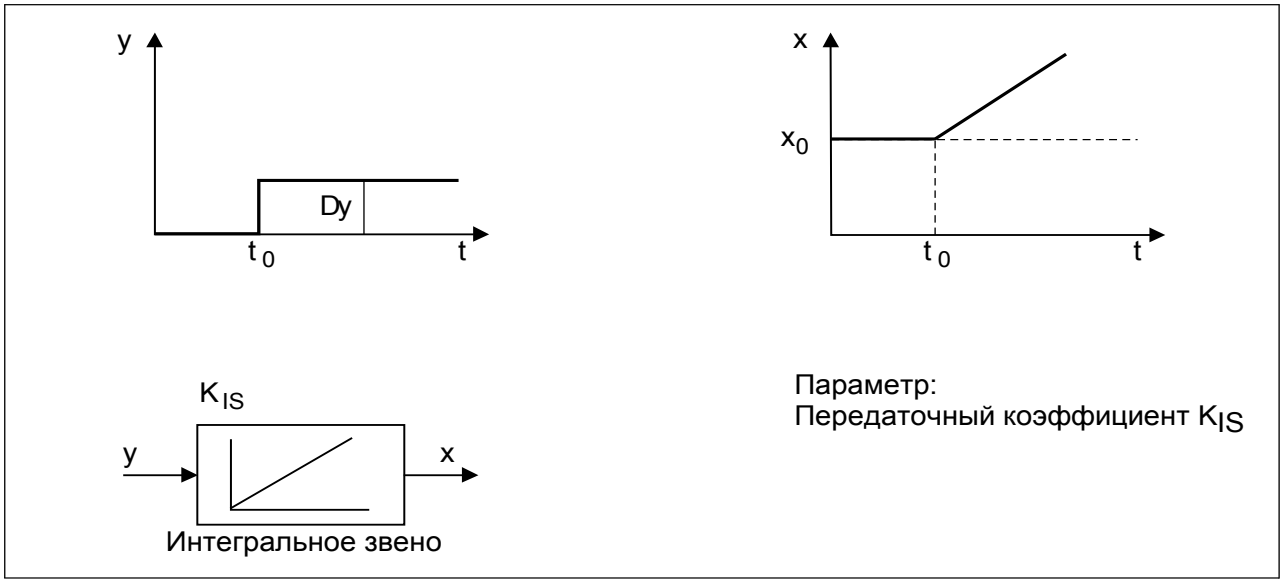


Рисунок 20: Переходная характеристика объекта без выравнивания и его условное обозначение

Если управляющий сигнал равен 0 % (Рисунок 20), то фактическое значение остается неизменным. Если, например, управляющий сигнал меняется скачком, то фактическое значение начинает равномерно меняться. Изменение тем быстрее, чем больше подаваемый управляющий сигнал. В силу их интегрирующего поведения такие объекты называются интегрирующими или И-объектами.

Если на объект без выравнивания подается управляющий сигнал, фактическое значение будет непрерывно меняться, пока не достигнет границы допустимого диапазона.

При постоянном управляющем сигнале имеет место следующее соотношение:

$$\Delta x = K_{IS} \bullet \Delta y \bullet t \qquad (1)$$

K_{IS} называется передаточным коэффициентом объекта регулирования без выравнивания.

Для меняющегося управляющего сигнала формула принимает следующий вид:

$$\Delta x = K_{IS} \bullet \int_{t_0}^{t} y \, dt \qquad (2)$$

Примерами объектов без выравнивания являются:

- позиционирования
- регулирования уровня жидкости (Рисунок 21)

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

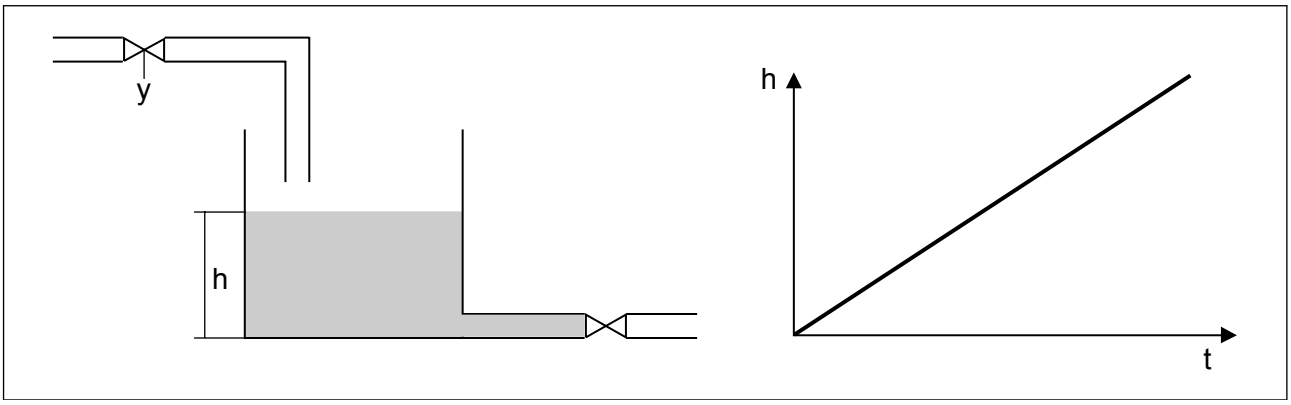


Рисунок 21: Объект с регулированием уровня жидкости

Самый известный пример объекта регулирования без выравнивания – это, пожалуй, резервуар с жидкостью, обладающий впускным и выпускным штуцером. Пусть выпускной клапан, представляющий возмущение, закрыт. Если открыть впускной клапан и поместить его в фиксированное положение, то уровень жидкость в резервуаре (регулируемая величина) будет непрерывно и равномерно расти со временем.

Уровень в резервуаре растет тем быстрее, чем больше количество жидкости, впускаемой в единицу времени. Уровень растет до высоты перепускной трубы резервуара. Автоматическая стабилизация здесь отсутствует. Даже при появлении возмущения, т.е. открытии выпускного клапана, не будет устанавливаться новое равновесное состояние, как у объекта регулирования с выравниванием (исключение: поток на впуске = потоку на выпуске).

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2.3 Объекты (звенья) статические, с запаздыванием и задержками

В данной главе мы рассмотрим объекты или звенья, демонстрирующие один из названных выше типов поведения. Все рассуждения относятся к объектам с выравниванием.

Вначале мы рассмотри звенья «в чистом виде», но дальше мы увидим, что большинство объектов объединяют в себе все виды звеньев.

2.3.1 Статические объекты регулирования

Статические объекты регулирования усиливают заданный управляющий сигнал в число раз, равное передаточному коэффициенту K_S, без какой-либо временной задержки.

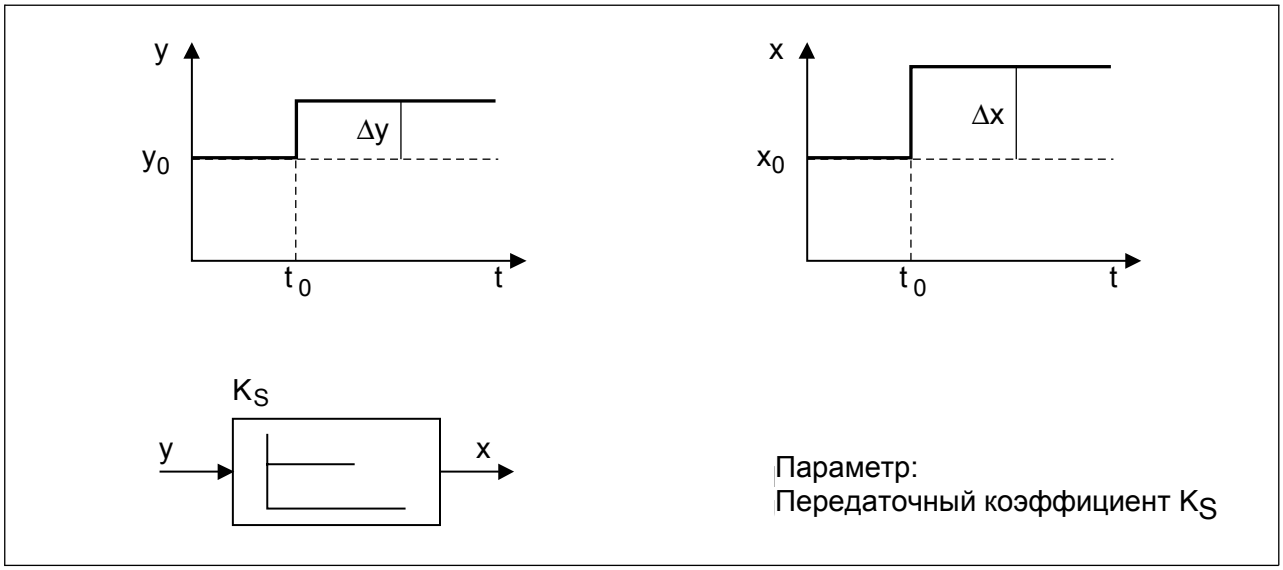


Рисунок 22: Переходная характеристика статического объекта и его обозначение

Если на такой объект подан управляющий сигнал, то немедленно устанавливается устойчивое фактическое значение (управляющий сигнал, умноженный на передаточный коэффициент K_S).

При скачкообразном повышении управляющего сигнала фактическое значение увеличивается пропорционально управляющему сигналу без временной задержки.

Соотношение между изменением регулируемой величины Δx и изменением управляющего сигнала описывается следующей формулой:

$$\Delta x = K_S \bullet \Delta y \qquad (3)$$

Статические объекты регулирования, работающие абсолютно без задержек, не встречаются на практике. Статическое поведение имеется всегда в комбинации с временными звеньями, которые мы опишем в следующих разделах.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2.3.2 Объекты с запаздыванием: PT_t –объекты

Статический объект или звено может, например, работать в комбинации с элементом запаздывания. Так возникает PT_t -объект.

Этот объект задается, с одной стороны, передаточным коэффициентом, а с другой стороны, временем запаздывания.

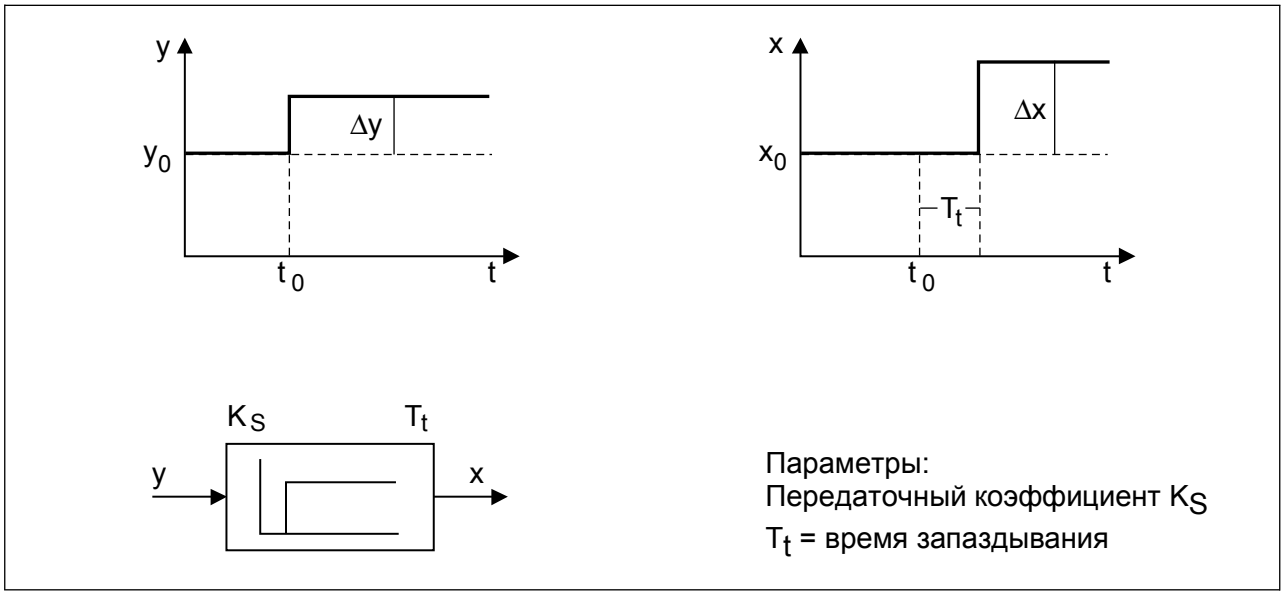


Рисунок 23: Переходная характеристика PT_t -объекта и его обозначение

Объект ведет себя как статический, однако, меняет фактическое значение при скачке управляющего сигнала лишь после истечения времени запаздывания. Для связи между фактическим значением изменением управляющего сигнала получается следующая формула:

$$\Delta x = K_S \bullet \Delta y, \text{ однако, с запаздыванием } T_t \qquad (4)$$

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Примером PT_t –объекта является ленточный транспортер, где целью регулирования является поддержание постоянного количества транспортируемого сыпучего материала:

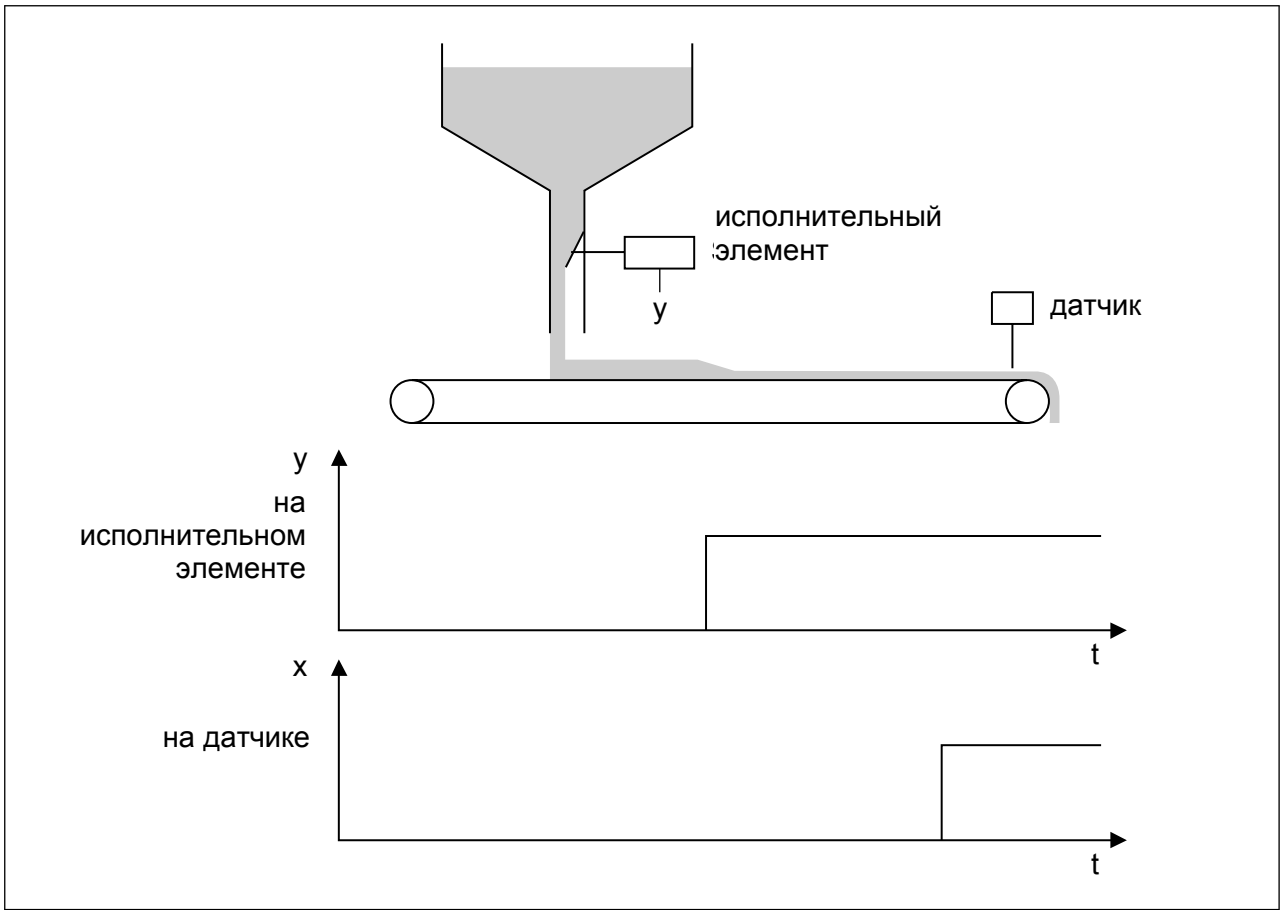


Рисунок 24: Регулирование количества материала на ленточном транспортере

Регулятор при помощи своего сигнала управляет заслонкой. Если управляющий сигнал скачкообразно повышается, и предполагается, что заслонка также открывается без задержки, то определенное количество сыпучего материала в единицу времени начинает падать на ленту транспортера. Транспортеру, однако, потребуется некоторое время, пока материал достигнет датчика. Время, через которое датчик зарегистрирует изменение фактического значения, является временем запаздывания данного объекта регулирования.

Численный пример:
Если исходить из того, что управляющий сигнал повышается скачком от 0 до 50 %, и датчик через 10 с регистрирует количество транспортируемого материала 100 т/ч, то время запаздывания будет равно 10 с.

Наш объект помимо этого характеризуется передаточным коэффициентом. Что определить его, мы можем повысить управляющий сигнал скачком с 50 до 75 %. В нашем примере должно получиться фактическое значение 150 т/ч.

Передаточный коэффициент получается из изменения фактического значения, поделенного на изменение управляющего сигнала:

$$K_S = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{150\,\frac{т}{ч} - 100\,\frac{т}{ч}}{75 - 50\%} = \frac{50\,\frac{т}{ч}}{25\%} = 2\,\frac{т}{ч \bullet \%} \qquad (5)$$

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

Что означает в нашем примере передаточный коэффициент $2\,\frac{т}{ч \bullet \%}$?

Если повысить управляющий сигнал на 1 %, количество транспортируемого материала возрастет на $2\,\frac{т}{ч}$.

В нашем примере объект регулирования можно задать передаточным коэффициентом K_S $2\,\frac{т}{ч \bullet \%}$ и временем запаздывания 10 с.

Запаздывания затрудняют оптимизацию контура регулирования, и при проектировании их следует по возможности минимизировать.

2.3.3 Объекты с задержкой: PT_n-объекты

У объектов с задержками фактическое значение после задания управляющего сигнала устанавливается через некоторое время. Задержка объясняется тем, что энергия в контуре регулирования проходит через несколько накопителей, которые необходимо заполнить.

Такие объекты можно математически описать уравнением, которое для каждого накопителя энергии содержит (экспоненциальный) член. В силу этого соотношения, подобные объекты называются объектами первого, второго, третьего и т.д.

В данной главе мы рассмотрим, какое поведение получается вследствие задержек.

Объекты с одной задержкой (1-й порядок)
У объектов с одной задержкой, т.е. с одним накопителем энергии, регулируемая величина при скачкообразном изменении управляющего сигнала начинает меняться немедленно и все медленней стремится к конечному значению (Рисунок 25).

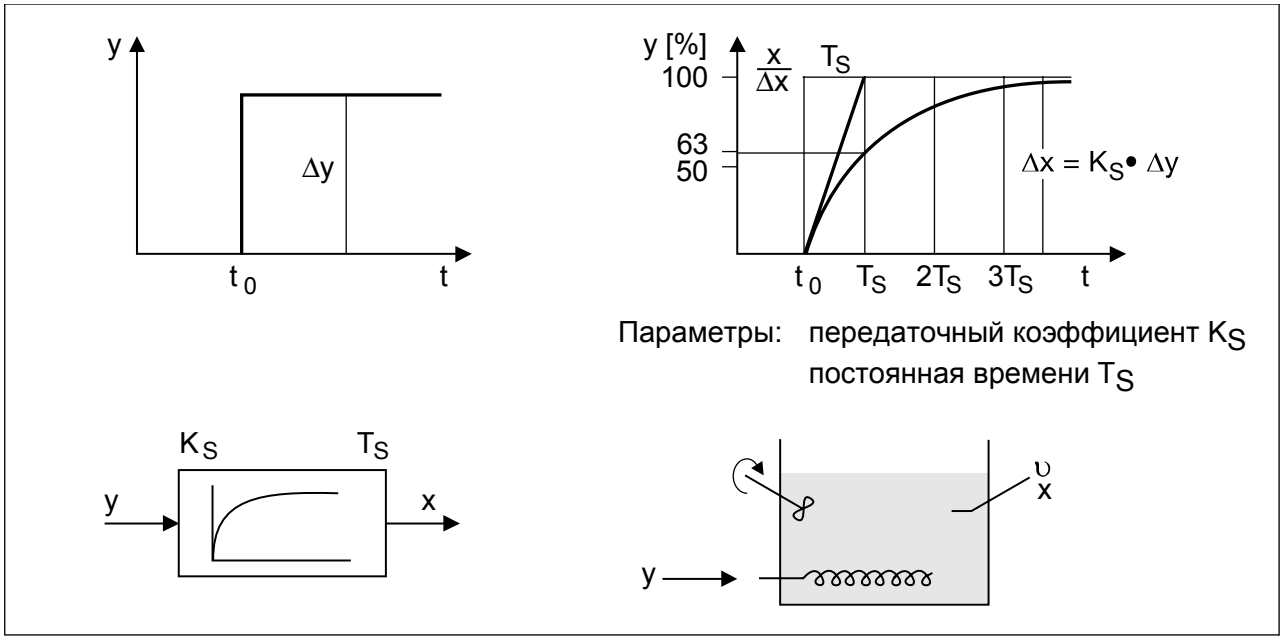


Рисунок 25: Объект 1-го порядка: PT_1-объект

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

На Рисунке 25 справа показан пример, приближенно изображающий объект 1-го порядка:

В водяной ванне имеется только один накопитель энергии, это вода. Энергия, поступающая от исполнительного элемента (скажем, тиристорного силового исполнительного элемента), немедленно преобразуется нагревательной спиралью в тепловую энергию (нагревательная спираль не накапливает энергию, она нагревается без задержки). Тепловая энергия немедленно передается воде. Вода тут же начинает нагреваться. Мы считаем, что используемый датчик обладает очень малой массой, и теплопроводность между водой и датчиком является очень хорошей.

Если мы повышаем мощность нагрева (управляющее воздействие) скачком, то температура воды будет меняться в соответствии со следующим уравнением:

$$\Delta x = K_S \bullet \Delta y \bullet \left(1 - e^{\frac{-t}{T_S}}\right) \qquad (6)$$

Как нам определить для этого объекта 1-го порядка параметры K_S и T_S?

Мы скачкообразно повышаем мощность, скажем, на 5 кВт и записываем фактическое значение (температуру воды) при помощи самописца. Таким образом, мы имеем:

$$\Delta y = 5 \text{ кВт} \qquad (7)$$

Перед скачком фактическое значение было 20 °C, после скачка, допустим, оно достигло 80 °C. Отсюда получаем:

$$\Delta x = 60 \text{ К} \qquad (8)$$

После записи переходной характеристики мы определяем передаточный коэффициент объекта регулирования по следующей формуле:

$$K_S = \frac{\text{Изменение регулируемой величины}}{\text{Изменение управляющего сигнала}} = \frac{60 \text{ К}}{5 \text{ кВт}} = 12 \frac{\text{К}}{\text{кВт}} \qquad (9)$$

Упрощенным образом передаточный коэффициент можно истолковать следующим образом: Если мы повышаем мощность на 1 кВт, то температура возрастет на 12 К.

Теперь определим постоянную времени объекта регулирования:
Из протоколированного фактического значения мы можем определить время, которое должно пройти, прежде чем изменение фактического значения составит 63 %. Изменение фактического значения 63 % в данном примере имеет место при температуре

$$20 \text{ °C} + 60 \text{ К} \bullet 63\% \approx 58 \text{ °C} \qquad (10)$$

Время, по истечении которого достигается температура воды 58 °C, соответствует постоянной времени T_S – примем, что в нашем примере эта температура была достигнута за 100 с.

$$\Delta x = 12 \frac{\text{K}}{\text{kW}} \bullet 5 \text{ kW} \bullet \left(1 - e^{\frac{-t}{100 \text{ s}}}\right) \qquad (11)$$

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

На Рисунке 26 показана переходная характеристика нашего объекта регулирования:

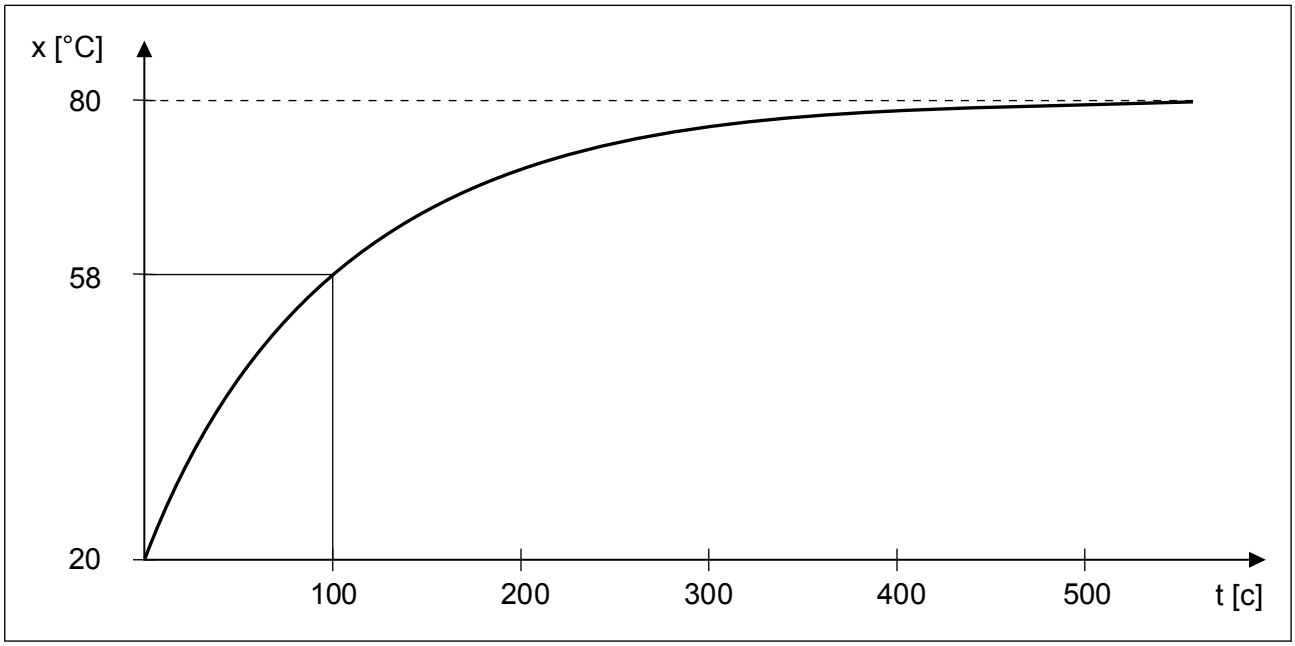


Рисунок 26: Примерный график переходной характеристики объекта 1-го порядка

Объекты с двумя задержками (2-й порядок)
У объекта с двумя задержками имеются два накопителя энергии:

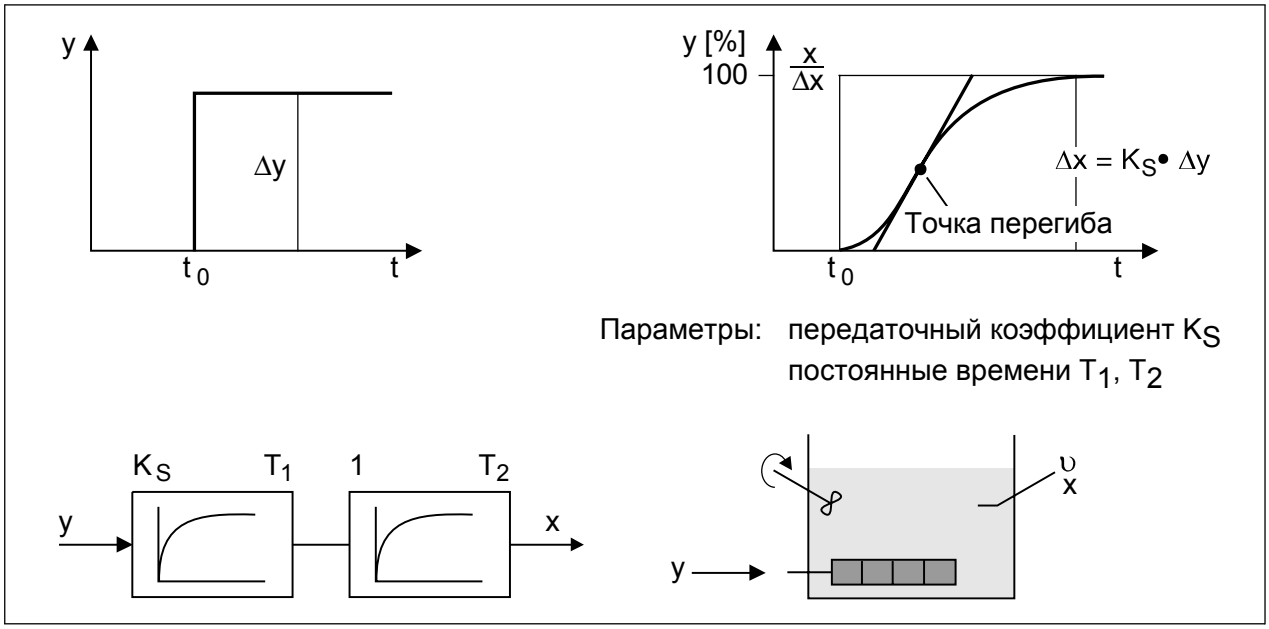


Рисунок 27: Объект 2-го порядка: PT_2-объект

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Объект с двумя задержками называется PT_2-объектом и определяется постоянными времени обоих накопителей энергии и передаточным коэффициентом.

Как видно из обозначения (Рисунок 27), для практического рассмотрения принимается, что первый передаточный коэффициент равен K_S, а второй равен 1.

На Рисунке 27 показан пример объекта 2-го порядка, у которого энергия проходит через два накопителя. Если в водяной ванне в примере PT_1-объекта нагреватель состоял из спирали, то здесь она заменена нагревательным стержнем. Нагревательный стержень обладает относительно большой массой, поэтому он представляет собой второй накопитель энергии.

Если мощность нагревателя меняется скачком с 0 до 5 кВт, то первая задержка потребуется энергии для того, чтобы нагреть стержень. Лишь когда температура стержня станет заметно выше температуры воды, вода начнет нагреваться.

По этой причине у таких объектов фактическое значение после скачка управляющего сигнала возрастает с задержкой (Рисунок 27), и его скорость возрастания сначала растет, затем падает, пока не будет достигнуто конечное значение. Переходная характеристика обладает областью с максимальным наклоном, в которой на Рисунке 27 показана касательная.

С математической точки зрения, максимальный наклон имеется только в одной точке, точке перегиба. На практике считается, что наклон остается постоянным в некоторой области вокруг точки перегиба, так как саму точку перегиба трудно определить. В дальнейшем мы будем рассматривать «область максимального наклона», а не точку перегиба.

Если на объект 2-го порядка подан скачок управляющего сигнала, то фактическое значение меняется согласно следующему уравнению:

$$\Delta x = K_S \bullet \Delta y \bullet \left(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{\frac{-t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{\frac{-t}{T_2}}\right) \quad \text{для } T_1 \neq T_2 \qquad (12)$$

В этой формуле можно увидеть обе постоянные времени и передаточный коэффициент K_S.

Определение обеих постоянных времени по переходной характеристике сопряжено с очень сложными математическими вычислениями. На практике объекты 2-го и высшего порядка характеризуются эквивалентными параметрами (см. главу 2.4 *«Регистрация переходной характеристики для объектов с не менее чем двумя задержками и запаздыванием»*).

Объекты высшего порядка

На практике объекты регулирования обладают более, чем двумя, накопителями энергии. Их переходные характеристики, однако, имеют тот же характер, как и у рассмотренных ранее объектов 2-го порядка: У них также имеется время задержки и область с максимальным наклоном.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

2.4 Регистрация переходной характеристики для объектов с не менее чем двумя задержками и запаздыванием

Объекты регулирования чаще всего состоят из нескольких элементов с задержками и запаздыванием:

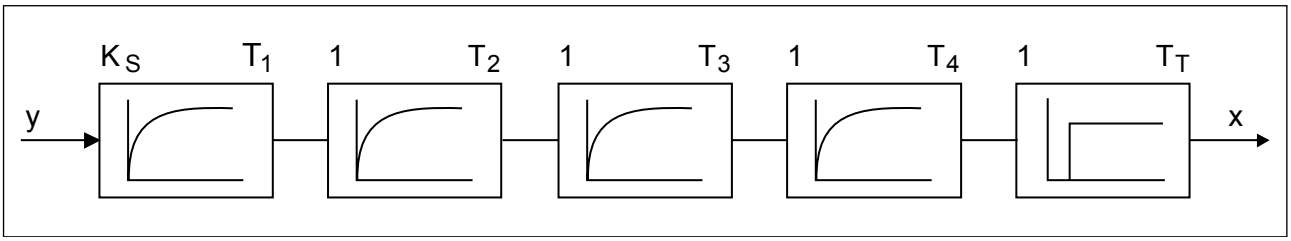


Рисунок 28: Блок-схема объекта регулирования с несколькими задержками и запаздыванием

Приведенная блок-схема объекта регулирования состоит из четырех задержек и одного элемента с запаздыванием. О реальном объекте практик не знает, какого порядка этот объект и сколько элементов с задержками он включает. Тем более, ему неизвестны соответствующие постоянные времени.

Объекты, начиная со 2-го порядка (включая звенья с запаздыванием) характеризуются при помощи вспомогательных величин. Пользуясь эквивалентными параметрами и эмпирическими формулами, в дальнейшем можно определять параметры регулирования, близкие к оптимальным.

Упомянутыми эквивалентными параметрами являются уже известные нам передаточный коэффициент (K_S) и, кроме этого, время задержки (T_u) и время выравнивания (T_g).

Для определения этих параметров необходимо записать переходную характеристику.
Для этой цели на объект регулирования подается скачок управляющего сигнала и регистрируется временной ход фактического значения (см. Рисунок 29). Строя касательные к графику фактического значения, определяют область, в которой он обладает наибольшим наклоном. Касательную наносят на график. Время от скачка управляющего сигнала до точки пересечения касательной в точке перегиба с временной осью является временем задержки (T_u); время от точки пересечения этой касательной с временной осью до точки ее пересечения с максимальным фактическим значением соответствует времени выравнивания (T_g).

Передаточный коэффициент получают как изменение фактического значения, деленное на скачок управляющего сигнала.

Пример:
Следует определить K_S, T_u и T_g для промышленной печи. Печь охладилась, внутри нее температура составляет 20 °C. Теперь при помощи регулятора, переведенного в ручной режим, задается скачок управляющего сигнала от 0 до 50 %, и строится график фактического значения. На Рисунке 29 показан временной ход фактического значения:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

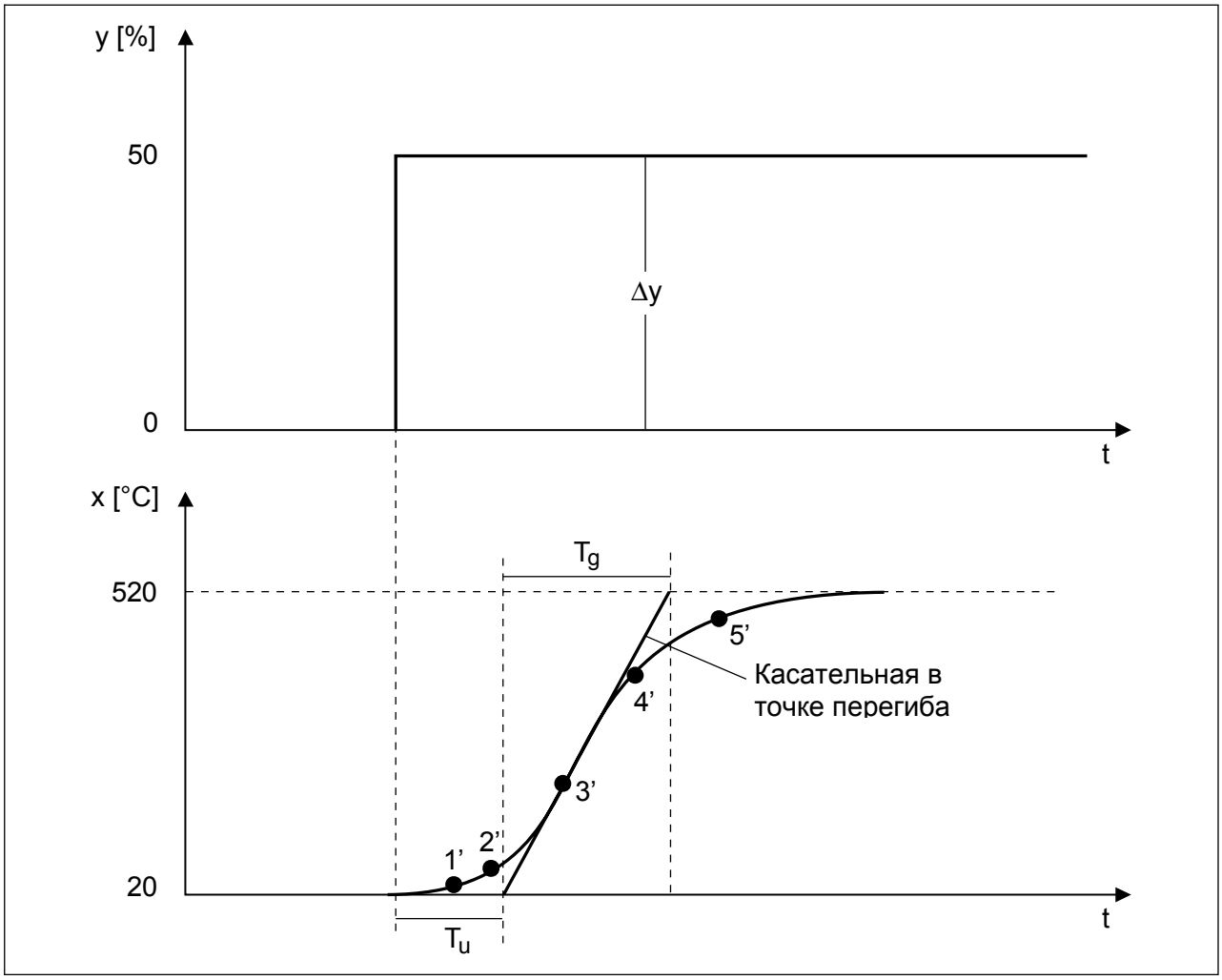


Рисунок 29: Определение времени задержки и выравнивания

Проведем на уровне максимального фактического значения (520 °C) прямую, параллельную оси времени. Теперь можно определить передаточный коэффициент объекта:

$$K_S = \frac{\text{Изменение регулируемой величины}}{\text{Изменение управляющего сигнала}} = \frac{500\ \text{K}}{50\%} = 10\ \frac{\text{K}}{\%} \qquad (13)$$

Теперь нужно построить касательную в точке перегиба: Рассмотрим на графике фактического значения слева направо после скачка точки (1', 2' и т.д.). Начиная с 1', мы наносим касательные. Касательная в точке 1' идет относительно полого. Если мы перейдем к точкам, расположенным правее (2', 3'), то мы увидим, что касательные становятся все круче.

Двигаясь далее направо (4', 5'), мы видим, что касательные становятся положе. Таким образом, определяется область максимального наклона. На Рисунке 29 касательная в точке 3' обладает максимальным наклоном.

Теперь можно определить временные параметры описанным выше способом.

В дальнейшем мы увидим, что эти три параметра объекта могут быть использованы для определения параметров регулирования, близких к оптимальным.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

2 Объект регулирования

Соотношение T_g/T_u может служить мерой управляемости объекта:

$T_g/T_u > 10$	хорошо управляемый
$T_g/T_u = 10...3$	управляемый
$T_g/T_u < 3$	плохо управляемый

Как мы могли заметить уже в главе 2.2.1 *«Объекты с выравниванием»*, характеристики объектов регулирования обычно нелинейны. Это означает, что при K_S низких температурах больше, чем при высоких. Для нашей промышленной печи мы определили некоторый усредненный K_S, поскольку мы задали очень большой скачок управляющего сигнала. На практике, по этой причине задаются такие скачки, после которых фактическое значение устанавливается на уровне дальнейшей рабочей точки.

Дальнейшие сведения по этой теме вы найдете в главе 4.3.2 *«Метод Чина, Хронеса и Ресвика»*.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

Данная глава дает наглядное объяснение работы ПИД-регулятора.

Одно за другим следуют рассмотрения пропорциональной (П), интегральной (И) и дифференциальной (Д) составляющих на примере регулятора непрерывного действия (0/2... 10 В, 0/4... 20 мА). Этот же принцип действия может быть применен и к регулятору с двоичными выходами. Необходимый дополнительный материал мы дадим в главе 5 *«Регуляторы дискретного действия»*.

3.1 П-регулятор

П-регулятор (пропорциональный регулятор) вычисляет рассогласование из заданного и фактического значения, которое умножается на некоторый множитель. Усиленный сигнал выдается в качестве управляющего сигнала (см. Рисунок 30).

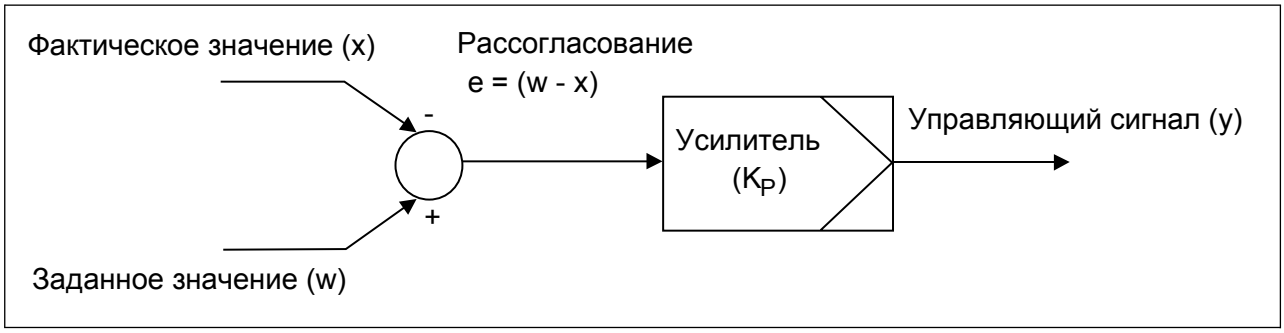


Рисунок 30: Принцип действия П-регулятора

Усиление называется пропорциональным передаточным коэффициентом, оно может свободно задаваться на регуляторе. Уравнение регулятора имеет следующий вид:

$$y = K_P \bullet (w - x) \qquad (14)$$

Единицей измерения K_P всегда является %, поделенный на единицу регулируемой величины (Кельвин, бар, об/мин и т.д.).

Примеры:
П-регулятор для объекта, где регулируется температура, с K_P, равным 10 %/К, при рассогласовании 5 К выдает управляющий сигнал 50 %.

Еще одним примером является П-регулятор давления с K_P, равным 4 %/бар. При рассогласовании 20 бар он выдаст управляющий сигнал 80 %.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

На Рисунке 31 приводится переходная характеристика П-регулятора. Для ее измерения задают скачок рассогласования (путем повышения заданного значения) и наблюдают за тем, как на выходе меняется управляющий сигнал.

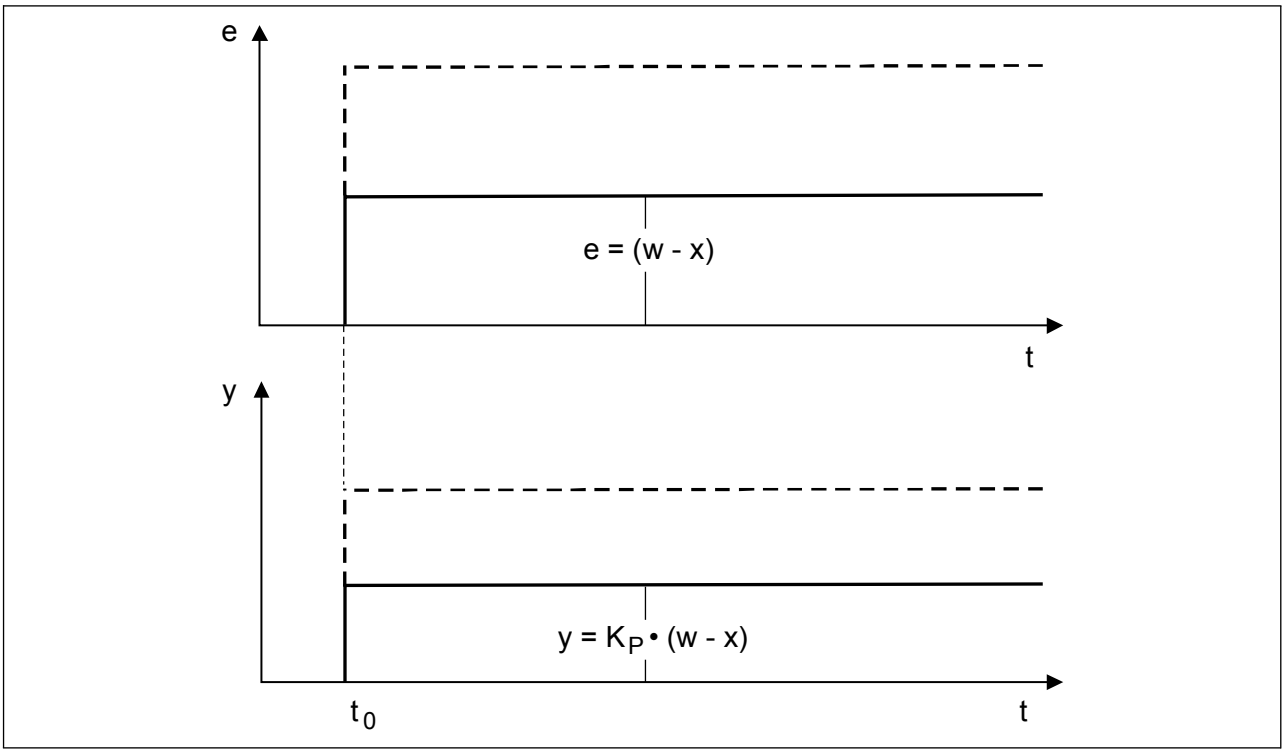


Рисунок 31: Переходная характеристика П-регулятора

Рисунок 31 показывает, что П-регулятор изменяет свой выходной сигнал пропорционально рассогласованию регулируемой величины, без задержки.

3.1.1 Зона пропорционального регулирования

В регуляторах фирмы JUMO пропорциональная составляющая характеризуется не передаточным коэффициентом, а шириной зоны пропорционального регулирования (X_P). Зона пропорционального регулирования задает диапазон – по необходимости выше или ниже заданного значения, – в котором управляющий сигнал пропорционален рассогласованию:

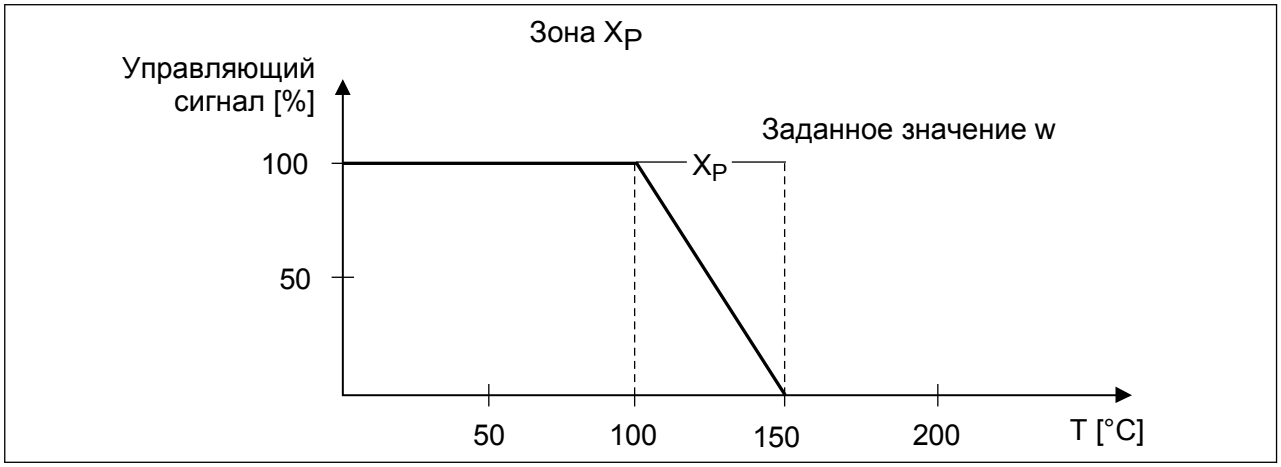


Рисунок 32: Характеристика пропорционального регулятора

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Рисунок 32 показывает характеристику пропорционального регулятора, который, например, используется для нагрева. На оси Y нанесен управляющий сигнал. По оси X отложено заданное значение (здесь характеристика касается оси X). На Рисунке 33 также нанесены фактические значения.

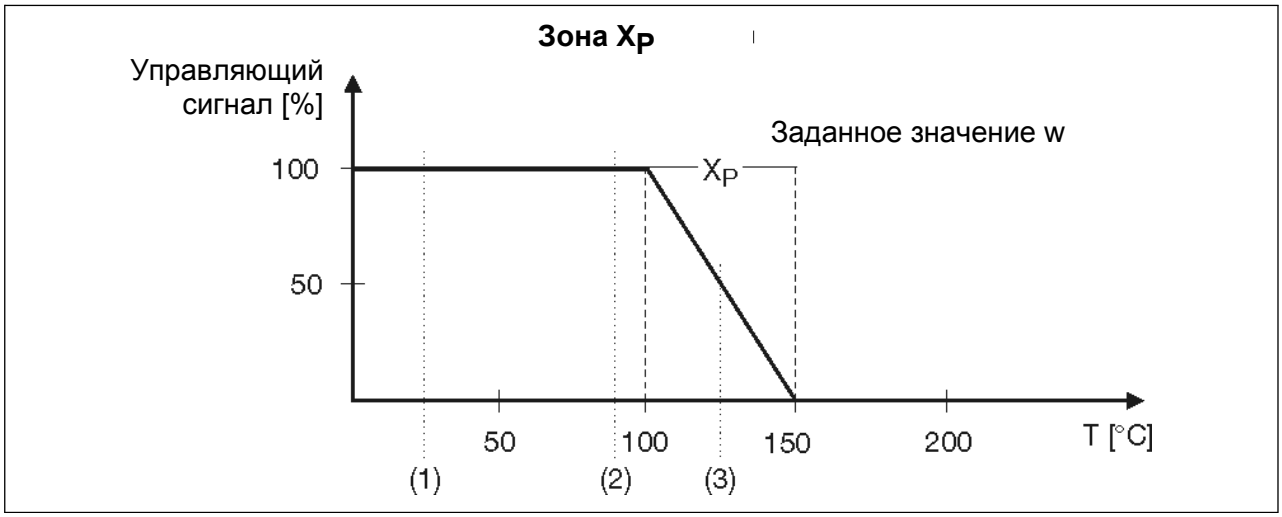


Рисунок 33: Характеристика пропорционального регулятора с нанесенными фактическими значениями

В нашем примере зона пропорционального регулирования составляет 50 К. Это означает следующее. При рассогласовании регулируемой величины более 50 К управляющий сигнал равен 100 %. Если рассогласование меньше, чем зона пропорционального регулирования, то управляющий сигнал уменьшается пропорционально рассогласованию.

Если мы рассмотрим фактическое значение около 25 °C (1), то из точки пересечения с характеристикой видно, что в этом случае регулятор выдаст управляющий сигнал 100 %.

Фактическое значение, в виду высокого управляющего сигнала, будет повышаться и через некоторое время будет лежать около 90 °C (2). Управляющий сигнал будет все еще равен 100 % и начнет уменьшаться лишь после достижения температуры 100 °C. С этого момента мы находимся в зоне пропорционального регулирования (X_P).

Если температура лежит в середине зоны пропорционального регулирования (125 °C), то управляющий сигнал составляет 50 % (3). Если же фактическое значение равно 150 °C, то рассогласование отсутствует, и управляющий сигнал будет 0 %.

При приближении к заданному значению, зона пропорционального регулирования X_P позволяет с первого взгляда определить, когда регулятор начнет уменьшать управляющий сигнал.

Установившаяся погрешность

Если в нашем примере достигнуто заданное значение 150 °C, и мы рассматриваем печь, то в этом случае во внутреннюю область печи мощность нагрева больше не подается. Температура станет меньше 150 °C, и управляющий сигнал возрастет. Процесс достигнет некоторого равновесия (если для этого при фактическом значении 125 °C потребуется управляющий сигнал 50 %, то это соответствует нашему примеру).

Недостатком П-регулятора является установившаяся погрешность. Поэтому такой регулятор используется крайне редко. Пропорциональная составляющая чаще всего комбинируется с интегральной, а, в дополнение к этому, часто также и с дифференциальной составляющей.

Установившуюся погрешность в нашем случае можно было бы сократить, уменьшая X_P, и,

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

следовательно, увеличивая передаточный коэффициент. В нашем примере процесс должен был достигнуть равновесия при фактическом значении 125 °C и управляющем сигнале 50 %. Если задать зону пропорционального регулирования 25 K, то управляющий сигнал составит 100 %, и фактическое значение начнет увеличиваться в сторону заданного значения.

При задании меньших значений X_P фактическое значение, однако, будет все больше проявлять склонность к осцилляциям:

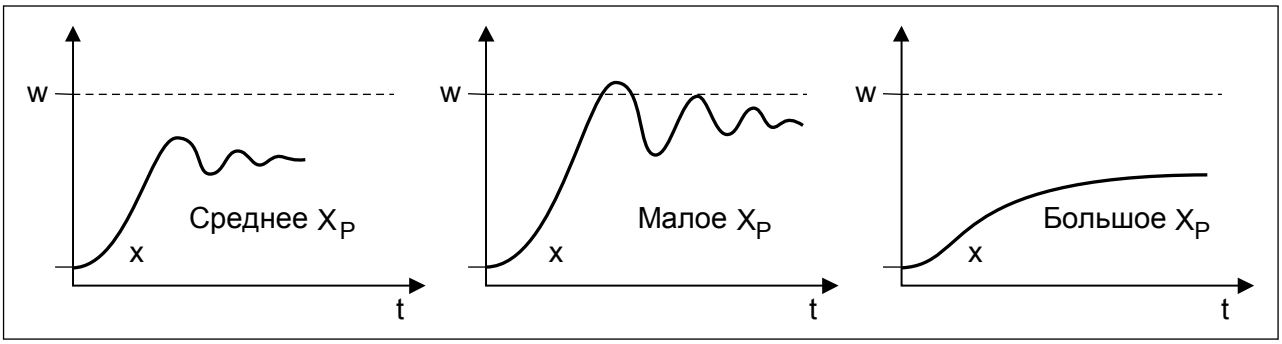


Рисунок 34: Переходная характеристика при различных X_P

Сильные осцилляции при малом X_P объясняются тем, что в нашем случае при попадании фактического значения в зону пропорционального регулирования мощность будет очень быстро уменьшаться, и поэтому будет невозможно немедленно достичь состояния равновесия.

Соотношение между передаточным коэффициентом и зоной пропорционального регулирования

Между передаточным коэффициентом и зоной пропорционального регулирования имеется следующее соотношение:

$$K_P = \frac{1}{X_P} \bullet 100\% \text{ или } X_P = \frac{1}{K_P} \bullet 100\% \qquad (15)$$

Регулятор, изображенный на Рисунке 32 с X_P, равным 50 K, будет, таким образом, соответствовать регулятору с K_P, равным 2 %/K.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Прямое и обратное рабочее направление, коррекция рабочей точки

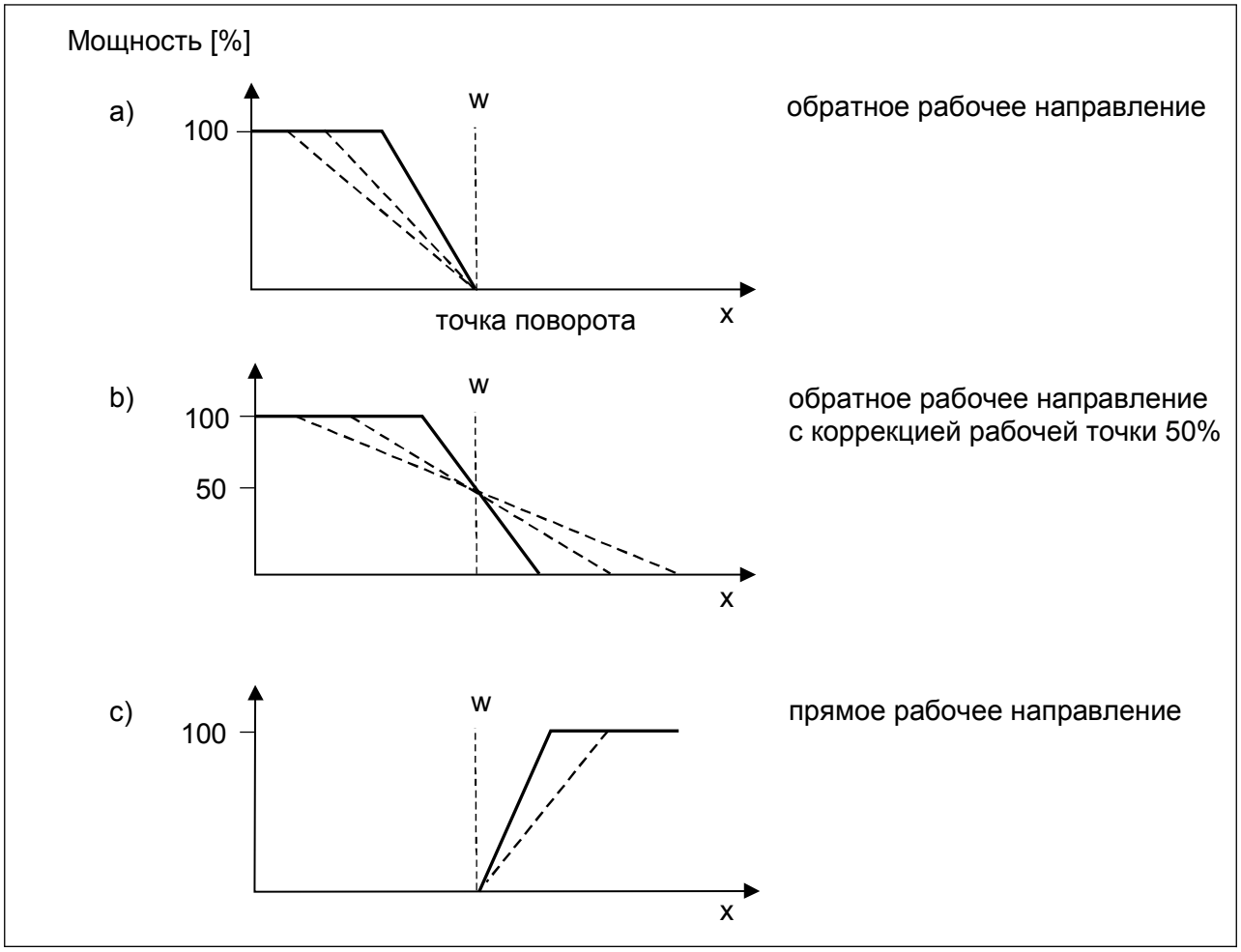


Рисунок 35: Различные характеристики для П-регуляторов

a) На рисунке показана характеристика П-регулятора, как мы с ней уже познакомились. Если фактическое значение находится ниже зоны пропорционального регулирования, управляющий сигнал равен 100 %. Если же фактическое значение попадает в зону пропорционального регулирования, управляющий сигнал уменьшается, пока при достижении заданного значения он не составит 0 %. Если управляющий сигнал требуется тогда, когда фактическое значение лежит ниже заданного, то следует активировать обратное рабочее направление. Примером такой ситуации является нагрев или увлажнение.

b) В этом случае при помощи так называемой коррекции рабочей точки было введено смещение управляющего сигнала. Это значение в регуляторах фирмы JUMO обозначается Y0, и в данном примере оно составляет 50 %. При рассогласовании 0 K управляющий сигнал составляет, следовательно, 50 %. Меняя значение Y0 можно добиться для П-регулятора равенства установившейся погрешности 0. Это относится, однако, только к одной рабочей точки и исключительно к тому случаю, когда условия в контуре регулирования не меняются. На практике за устранение рассогласования отвечает интегральная составляющая, рассмотрением которой мы займемся ниже в этой главе. По этой причине коррекция рабочей точки используется очень редко.

c) Если управляющий сигнал требуется тогда, когда фактическое значение лежит выше заданного, то регулятор работает в прямом рабочем направлении. Такой режим реализуется при охлаждении или удалении влаги. При больших фактических значениях управляющий

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

сигнал остается равным 100 %, пока фактическое значение не попадет в зону пропорционального регулирования. После этого управляющий сигнал будет уменьшаться, пока рассогласование не станет равным 0.

3.2 И-регулятор

С математической точки зрения, характеристика И-регулятора образует поверхности, ограниченные осями рассогласования и времени:

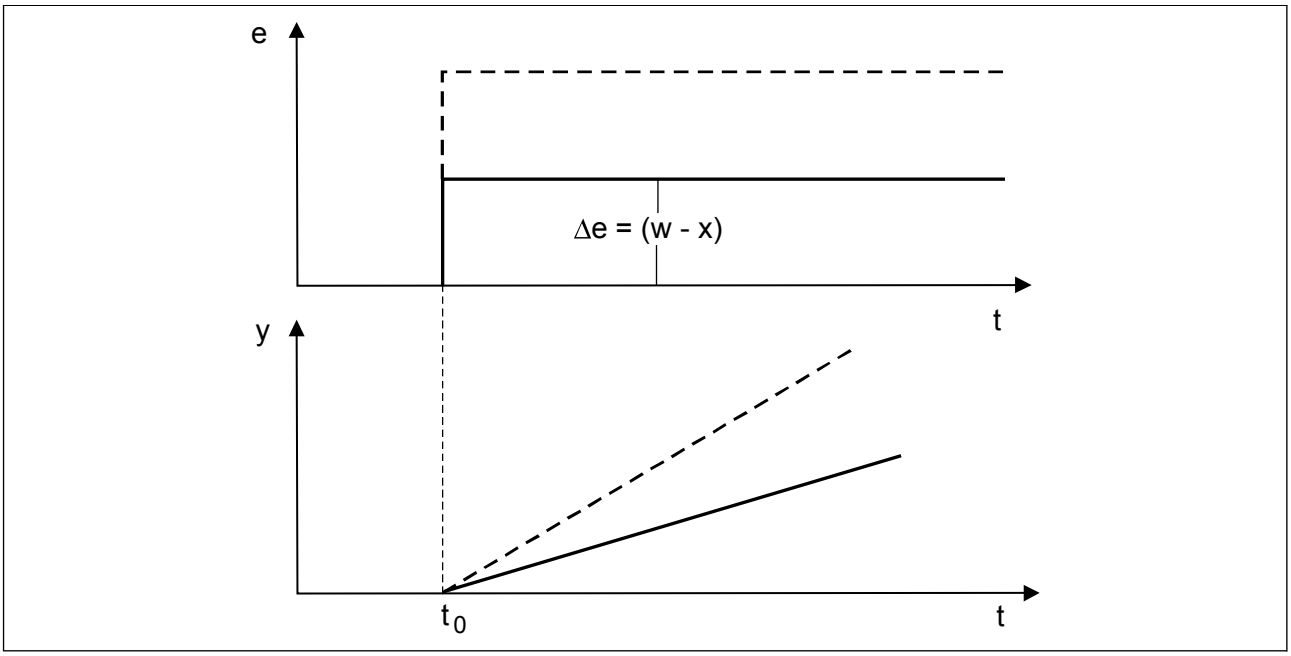


Рисунок 36: Переходная характеристика И-регулятора

На Рисунке 36 показана переходная характеристика И-регулятора. Перед скачком рассогласование равно 0, в этом случае И-регулятор сохраняет текущее значение управляющего сигнала. Если управляющий сигнал был перед этим равен 0 %, он продолжает оставаться на этом уровне. Если рассогласование скачком изменяется до некоторого положительного значения, то регулятор образует упомянутые выше поверхности, которым следует его управляющий сигнал. Иными словами регулятор увеличивает управляющий сигнал, пока не будет достигнуто положительное рассогласование. Если рассогласование остается постоянным, то управляющий сигнал, аналогично функции рампы, возрастает до 100 % и остается на этом уровне. Если имеющееся рассогласование вдвое больше, то регулятор будет наращивать управляющий сигнал вдвое быстрее (штриховая линия на Рисунке 36). Если фактическое значение больше, чем заданное (отрицательное рассогласование), то, соответственно этому, управляющий сигнал будет уменьшаться.

Рассмотрим И-регулятор в замкнутом контуре регулирования:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

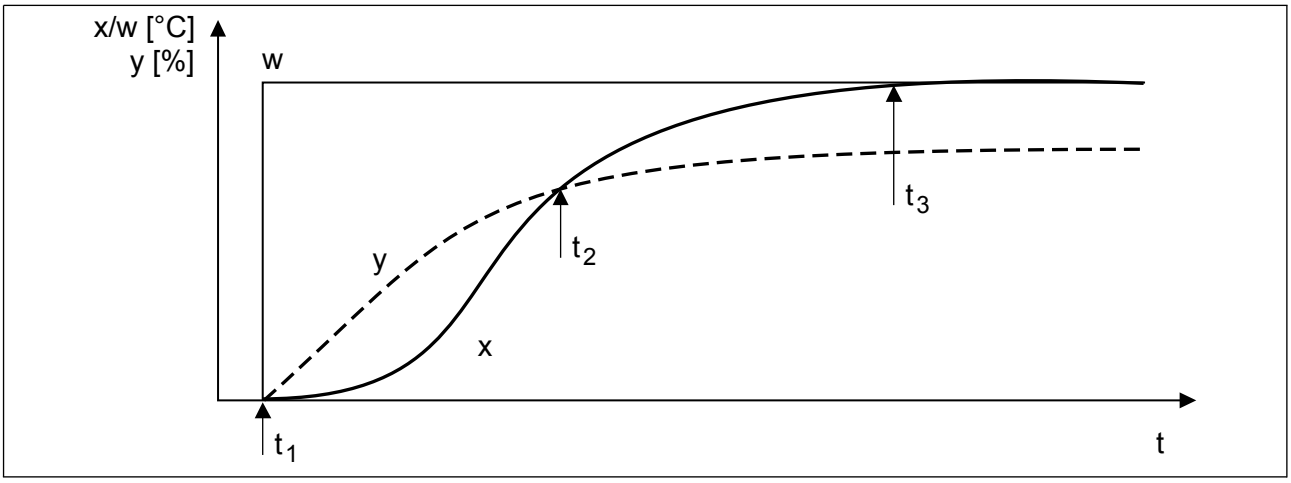


Рисунок 37: И-регулятор в замкнутом контуре регулирования

На Рисунке 37 показано заданное значение, фактическое значение и управляющий сигнал для И-регулятора в замкнутом контуре управления:

t_1: Происходит переход к новому заданному значению, И-регулятор немедленно начинает увеличивать управляющий сигнал, изменение фактического значения происходит лишь через некоторое время.

t_2: Фактическое значение становится все больше, и, следовательно, рассогласование, становится все меньше. Поэтому кривая изменения управляющего сигнала становится все более пологой.

t_3: Регулятор довел рассогласование до 0. И-регулятор сохраняет уровень управляющего сигнала, которого он достиг.

Общим преимуществом И-регуляторов является то, что они устраняют рассогласование. Отрицательное воздействие оказывает их инерционность.

Постоянная времени интегрирования (T_I)

При помощи постоянной времени интегрирования можно менять скорость И-регулятора. Для остающегося постоянным рассогласования уравнение регулятора имеет следующий вид:

$$\Delta y = \frac{1}{T_I} \bullet \Delta e \bullet t + y_{t_0} \qquad (16)$$

y_{t_0}: управляющий сигнал к началу рассмотрения

Это означает, что чем меньше T_I, тем быстрее И-регулятор меняет свой управляющий сигнал.

Из формулы видно, что T_I является как раз тем временем, которое требуется регулятору, чтобы увеличить управляющий сигнал на величину имеющегося рассогласования (мы не рассматриваем размерность).

Пример:

Представим себе И-регулятор для печи. Пусть T_I составляет 60 с, и рассогласование равно 2 К. Для увеличения управляющего сигнала на 2 % регулятору требуется 60 с.

При меняющемся рассогласовании управляющий сигнал будет образован в соответствии со следующим уравнением:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

$$y = \frac{1}{T_I} \bullet \int_{t_0}^{t} e \bullet dt + y_{t_0} \qquad (17)$$

t_0: Время в начале рассмотрения

При другой величине постоянной времени интегрирования И-регулятор ведет себя следующим образом:

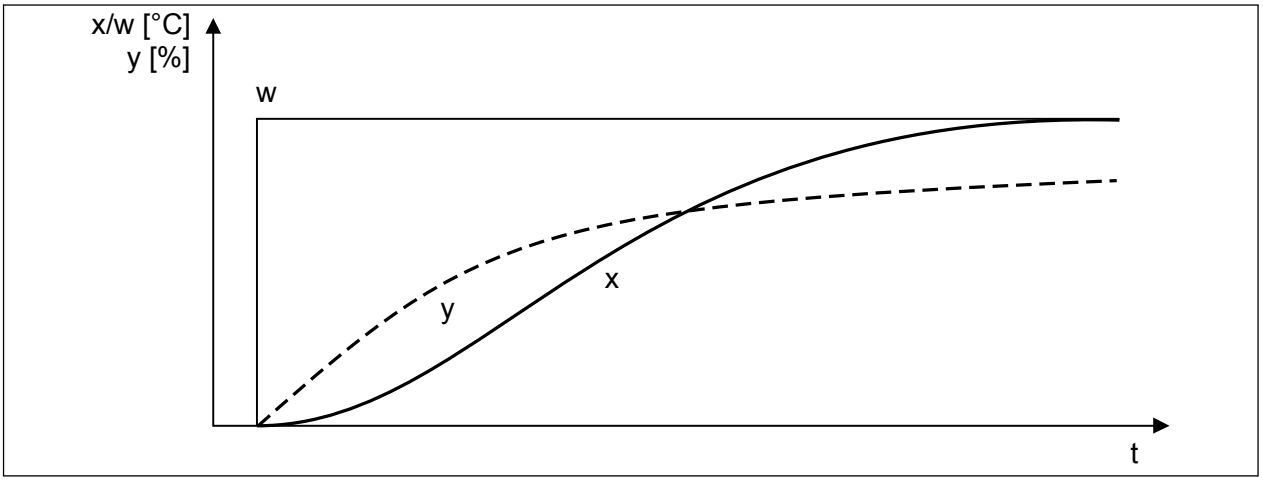


Рисунок 38: И-регулятор с большим T_I

Как видно из Рисунка 38, при задании большой постоянной времени интегрирования И-регулятор медленно меняет управляющий сигнал. Фактическое значение движется устойчиво, но очень медленно, в направлении заданного значения.

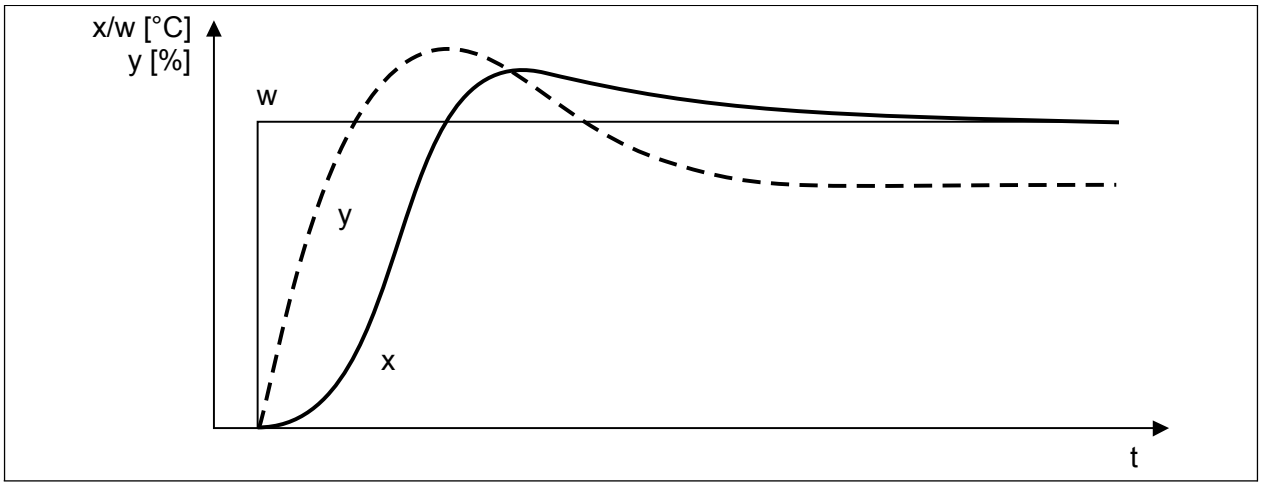


Рисунок 39: И-регулятор с малым T_I

Рисунок 39 показывает, что регулятор при задании малой постоянной времени интегрирования слишком быстро меняет управляющий сигнал. Когда фактическое значение оказывается равным заданному, регулятор успел сформировать слишком большой управляющий сигнал, и фактическое значение продолжает расти и превышает заданное.

T_I и T_n

Если, как описано в следующей главе, интегральная составляющая комбинируется с

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

пропорциональной, то, чтобы охарактеризовать интегрирующее поведение, говорят о времени отставания (T_n). Для интегрирующего поведения интегральной составляющей для И-, ПИ- или ПИД-регулятора должен быть только один параметр. Поэтому у регуляторов фирмы JUMO с интегрирующей структурой описанная выше постоянная времени интегрирования определяется через время отставания. Сам параметр T_I не используется.

Применение И-регуляторов
И-регуляторы применяются для пульсирующих величин (регулировки давления) и объектов, которые обладают небольшим временем выравнивания относительно времени задержки (T_g/T_u < 3). Чтобы добиться того, чтобы регулятор реагировал быстрее, при управлении быстро реагирующими объектами задаются малые величины для времени отставания.

3.3 ПИ-регулятор

ПИ-регулятор можно представлять как комбинацию пропорциональной (П) и интегральной (И) составляющих. Он объединяет в себе преимущества обеих составляющих: Быстрота (П) и отсутствие рассогласования (И). Если при использовании ПИ-регулятора возникает большое рассогласование, пропорциональная составляющая усиливает его и выдает относительно большой управляющий сигнал. Интегральная составляющая в течение времени положительного рассогласования увеличивает свой управляющий сигнал и обеспечивает, чтобы рассогласование стало равно 0.
На Рисунке 40 показана переходная характеристика ПИ-регулятора.

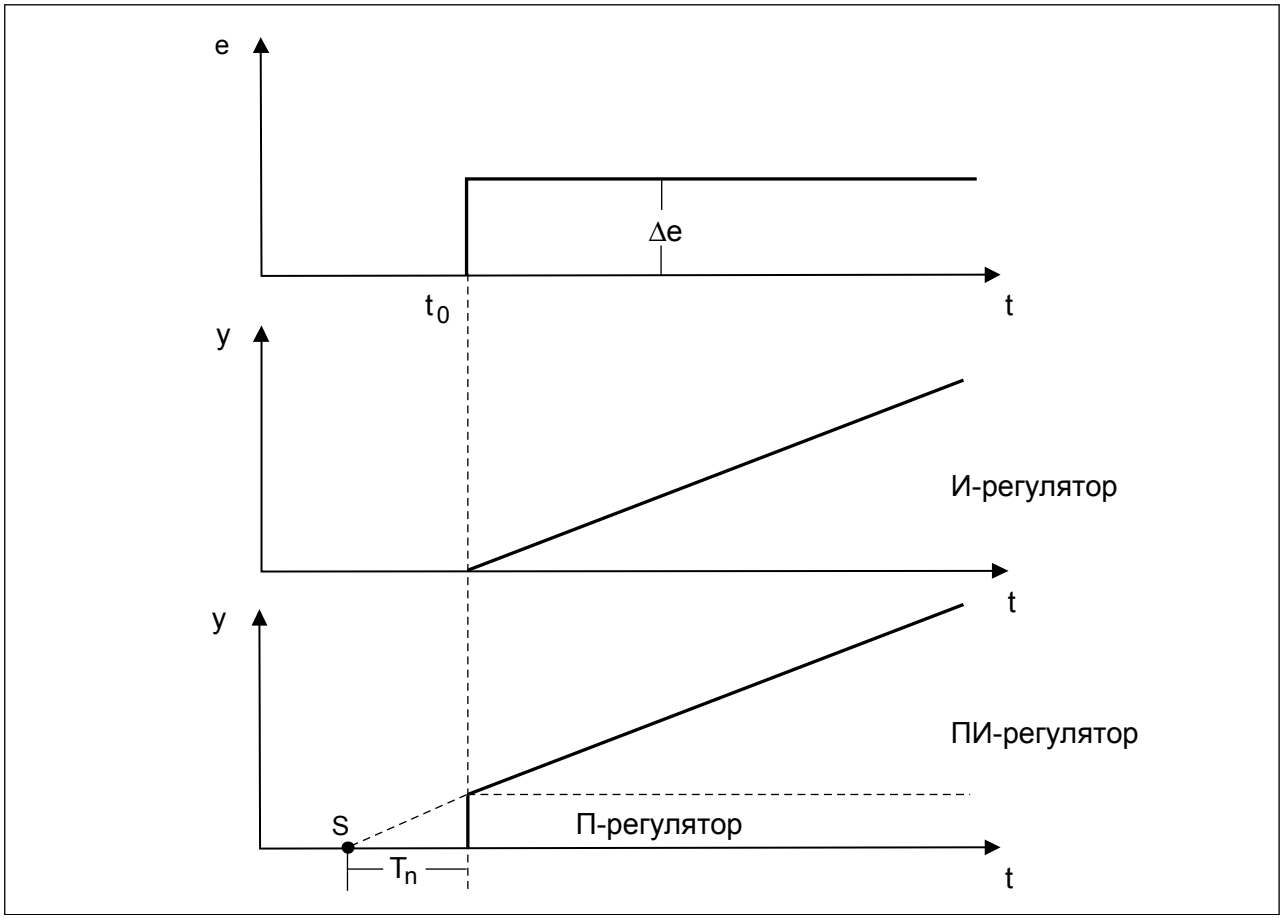


Рисунок 40: Переходная характеристика ПИ-регулятора

У ПИ-регулятора можно настраивать два параметра: Чем меньше X_P, тем больше вклад пропорциональной составляющей. Вклад интегральной составляющей также становится

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

больше, если задавать меньшие значения T_n.

Если записать переходную характеристику ПИ-регулятора (Рисунок 40), то по графику управляющего сигнала можно определить заданное на регуляторе T_n. Линейный ход управляющего сигнала следует продолжить влево. Время от точки пересечения с временной осью до скачка является временем отставания.

При постоянном рассогласовании управляющий сигнал меняется в соответствии со следующим уравнением:

$$\Delta y = \frac{1}{X_P} \bullet 100\% \bullet \left(\Delta e + \frac{1}{T_n} \bullet \Delta e \bullet t \right) \qquad (18)$$

или, раскрывая скобки:

$$\Delta y = \underbrace{\frac{100\%}{X_P} \bullet \Delta e}_{\text{пропорциональная составляющая}} + \underbrace{\frac{100\%}{X_P} \bullet \frac{1}{T_n} \bullet \Delta e \bullet t}_{\text{интегральная составляющая}} \qquad (19)$$

Как можно увидеть из уравнения, задание параметра X_P также влияет на интегрирующее поведение: Если уменьшить X_P, то интегральная составляющая будет также работать быстрее. Эта тема будет рассмотрена более детально в главе 3.5.1 *«Блок-схема ПИД-регулятора»*.

Для практиков здесь важно следующее. Чем меньше задаются X_P и T_n, тем больше передаточный коэффициент (уменьшение X_P), и тем быстрее работает интегральная составляющая (уменьшение T_n).

Если рассогласование не остается постоянным, то регулятор работает в соответствии со следующим уравнением:

$$\Delta y = \frac{100\%}{X_P} \bullet \left(e + \frac{1}{T_n} \bullet \int_{t_0}^{t} e \bullet dt \right) \qquad (20)$$

ПИ-регулятор в замкнутом контуре регулирования
На Рисунке 41 показано поведение ПИ-регулятора в замкнутом контуре регулирования:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

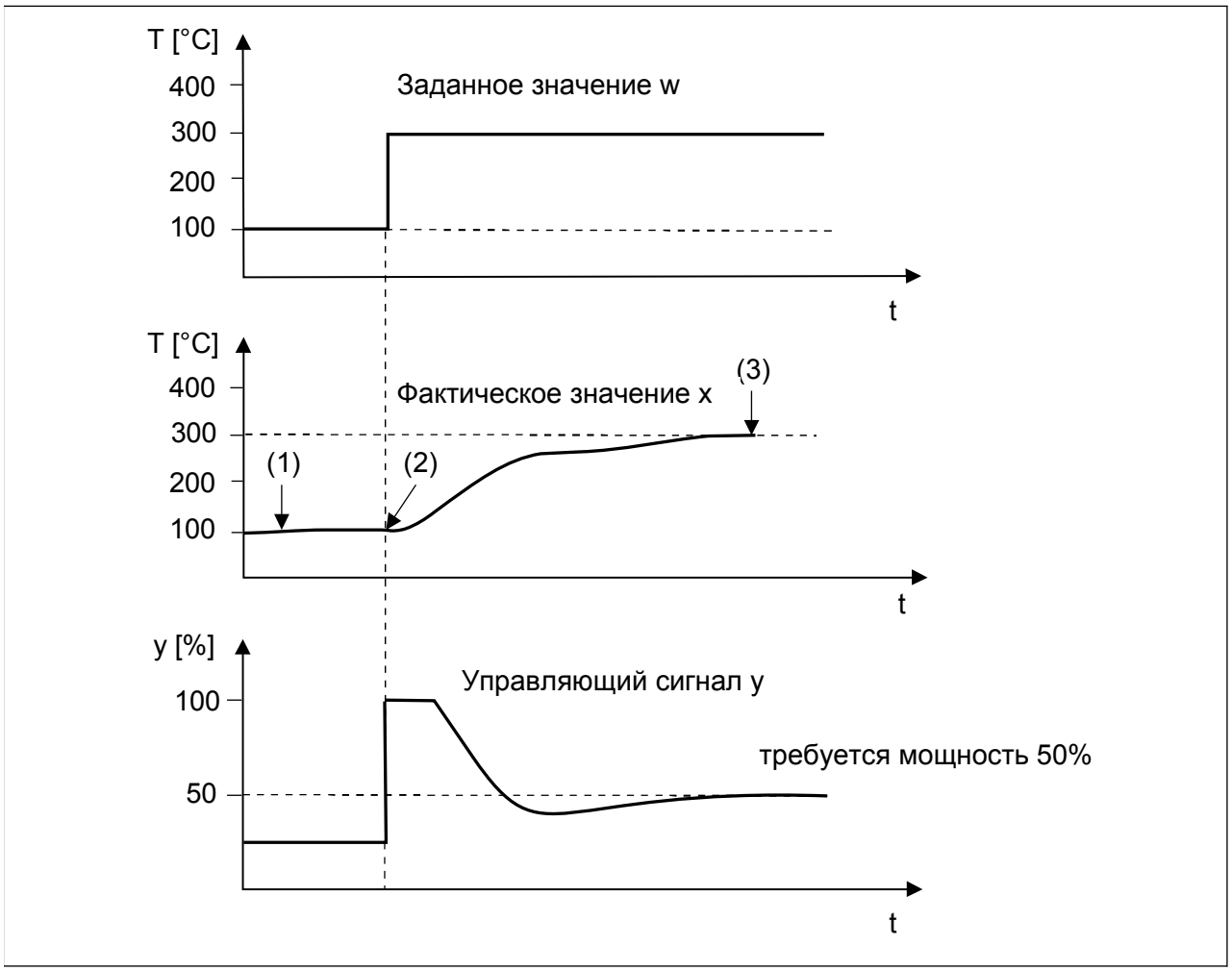


Рисунок 41: ПИ-регулятор в замкнутом контуре регулирования

На Рисунке 41 показаны фактическая величина, заданная величина и управляющий сигнал для ПИ-регулятора, используемого для регулирования температуры:

(1) Заданная величина составляет 100 °C, регулятор довел рассогласование до 0 и выдает управляющий сигнал 25 %. Управляющий сигнал может выдаваться только интегральной составляющей, так как пропорциональная составляющая не работает (рассогласование равно 0).

(2) Заданное значение меняется до 300 °C, управляющий сигнал подскакивает до 100 %. Изменение управляющего сигнала в первый момент задается пропорциональной составляющей, которая усиливает большое рассогласование. Управляющий сигнал пропорциональной составляющей уменьшается, поскольку рассогласование становится все меньше. Одновременно интегральная составляющая продолжает интегрировать рассогласование и увеличивает свой управляющий сигнал до тех пор, пока рассогласование не будет равно 0.

(3) В отрегулированном состоянии интегральная составляющая продолжает выдавать накопленный управляющий сигнал (в данном примере 50 %).

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

3.4 ПД-регулятор

Дифференциальная составляющая реагирует на изменения регулируемой величины и противодействует им.
По этой причине дифференциальная составляющая никогда не используется сама по себе, а только в комбинации пропорциональной или пропорционально-интегральной составляющей. В этой главе мы рассмотрим, как действует регулятор вместе с дифференциальной составляющей.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

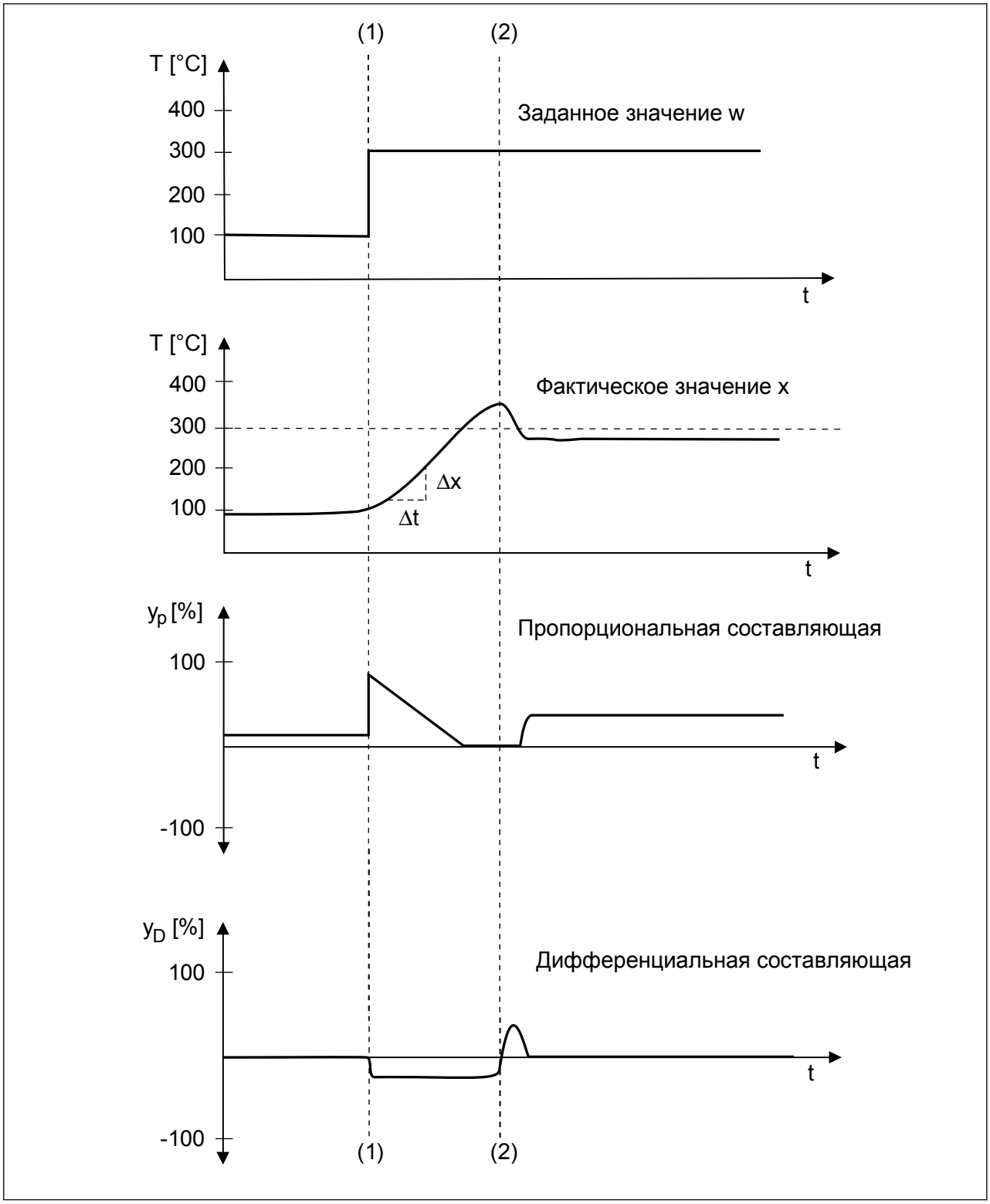


Рисунок 42: ПД-регулятор в замкнутом контуре регулирования

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

В отношении действия дифференциальной составляющей следует рассмотреть две ситуации:

- В контуре регулирования фактическое значение достигло устойчивого конечного значения. Из-за возмущения фактическое значение становится меньше. Тогда дифференциальная составляющая дает дополнительный положительный вклад в управляющий сигнал, который помогает изменить фактическое значение в сторону больших значений.
- Если же происходит увеличение заданного значения, то фактическое значение в контуре регулирования также увеличивается. Дифференциальная составляющая распознает увеличение фактического значения и при помощи отрицательного управляющего сигнала тормозит изменение в направлении нового конечного значения. Этот случай показан на Рисунке 42.

На Рисунке 42 показаны фактическое и заданное значение для ПД-регулятора в замкнутом контуре регулирования. Кроме этого, приведены графики управляющих сигналов, формируемых пропорциональной и дифференциального составляющими.

Пропорциональная составляющая
В начале графика установлено заданное значение 100 °C, фактическое значение лежит немного ниже 100 °C. Этим определяются рассогласование и управляющий сигнал пропорциональной составляющей.
Если теперь в момент (1) установлено заданное значение 300 °C, то сначала возникает большое рассогласование, из-за чего формируется большой пропорциональный управляющий сигнал. Через небольшое время рассогласование становится меньше, и, следовательно, уменьшается также пропорциональный управляющий сигнал. Когда фактическое значение становится больше заданного, то пропорциональный управляющий сигнал становится равным 0 %. Когда через некоторое время фактическое значение оказывается лежащим ниже заданного значения, то снова устанавливается пропорциональный управляющий сигнал > 0 %.

Рассмотрим теперь дифференциальную составляющую:
В начале графика фактическое значение остается постоянным. Поэтому дифференциальная составляющая не формирует никакого управляющего сигнала. Начиная с момента времени (1) фактическое значение возрастает: Дифференциальная составляющая распознает возрастающее фактическое значение и формирует отрицательный управляющий сигнал. Этот управляющий сигнал вычитается из пропорционального сигнала, и суммарный управляющий сигнал становится меньше, а возрастание фактического значения – медленнее.
Дифференциальная составляющая постоянно следит за фактическим значением и определяет его крутизну. Чем круче изменяется фактическое значение, тем выше становится сигнал дифференциальной составляющей. В момент (2) наклон фактического значения равна 0. это означает, что дифференциальная составляющая также равна 0 %. После момента (2) фактическое значение начинает падать. Здесь дифференциальная составляющая также противодействует изменению, формируя положительный управляющий сигнал, который добавляется к пропорциональной составляющей.

Пользователь может менять силу дифференциальной составляющей. Чем больше постоянная дифференцирования T_V, тем интенсивнее описанное действие.

Поясним еще раз действие дифференциальной составляющей в замкнутом контуре регулирования. Сначала рассмотрим поведение ПД-регулятора, в котором дифференциальная составляющая отключена (T_V = 0 с), см. Рисунок 43:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

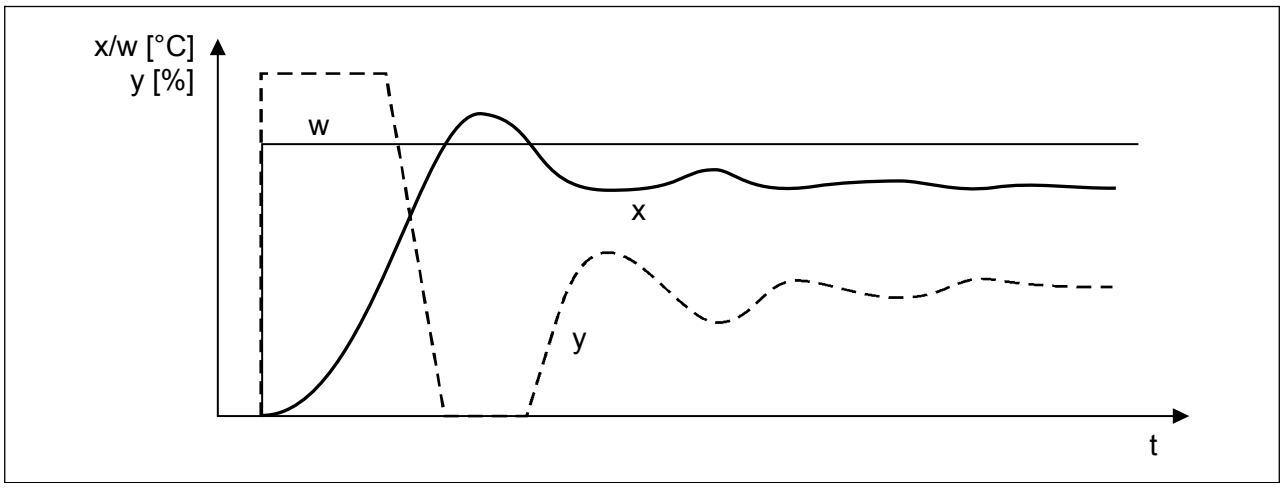


Рисунок 43: ПД-регулятор с T_V = 0 с (дифференциальная составляющая отключена), П-регулятор

На Рисунке 43 показано, что поведение контура регулирования носит осциллирующий характер (причина: задано относительно маленькое значение X_P, а T_V равно 0 с).

При помощи Рисунка 44 a) мы хотим продемонстрировать, как, выбирая хорошее значение T_V, обеспечивающее демпфирование, можно добиться гораздо более спокойного поведения:

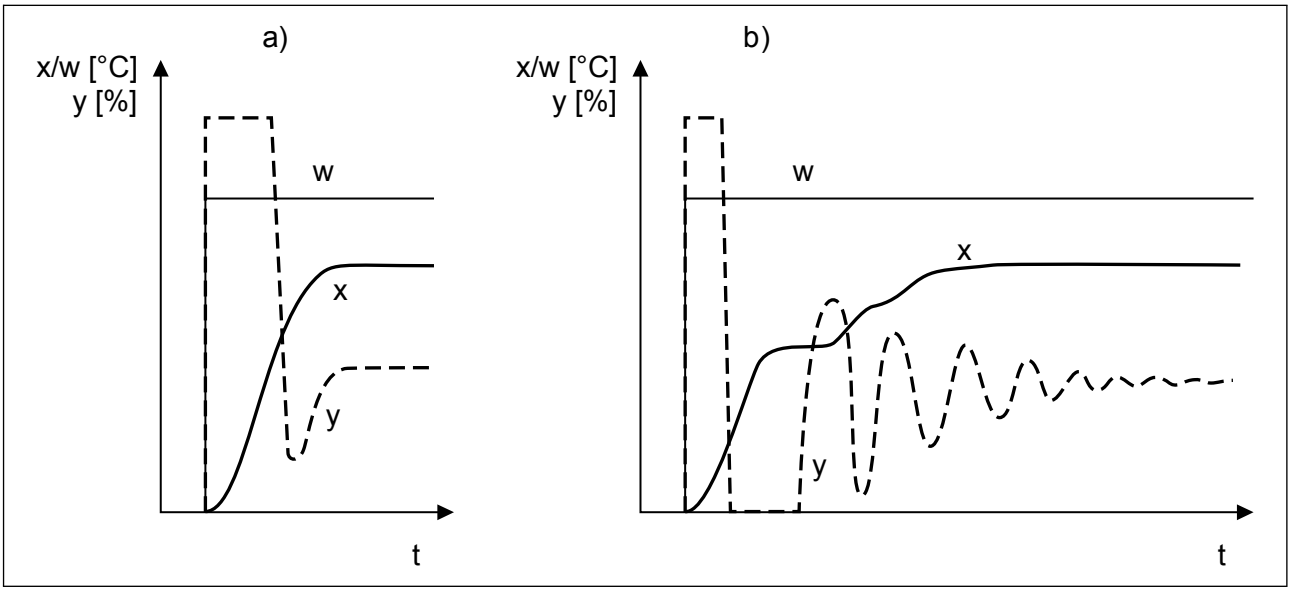


Рисунок 44: ПД-регулятор a) с оптимальным значением T_V и b) со слишком большим значением T_V

Дифференциальная составляющая следит за фактическим значением (Рисунок 44 a) и уменьшает суммарный управляющий сигнал тем больше, чем быстрее меняется фактическое значение (демпфирующее действие).

На Рисунке 44 b) задано слишком большое значение T_V: После изменения заданного значения пропорциональная компонента формирует управляющий сигнал 100 %. Когда дифференциальная составляющая распознает возрастание фактического значения, она уменьшает суммарный управляющий сигнал (в данном примере до 0 %), в результате чего график фактического значения приближается к горизонтальному. Ввиду меньшей скорости

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

изменения фактического значения дифференциальная составляющая снижает свой отрицательный управляющий сигнал, и в результате фактическое значение снова начинает нарастать быстрее. Ввиду увеличения скорости роста фактического значения дифференциальная составляющая снова начинает менять суммарный управляющий сигнал…

На Рисунке 44 показана реакция ПД-регулятора на линейно нарастающее воздействие, по которой можно определить заданное T_V:

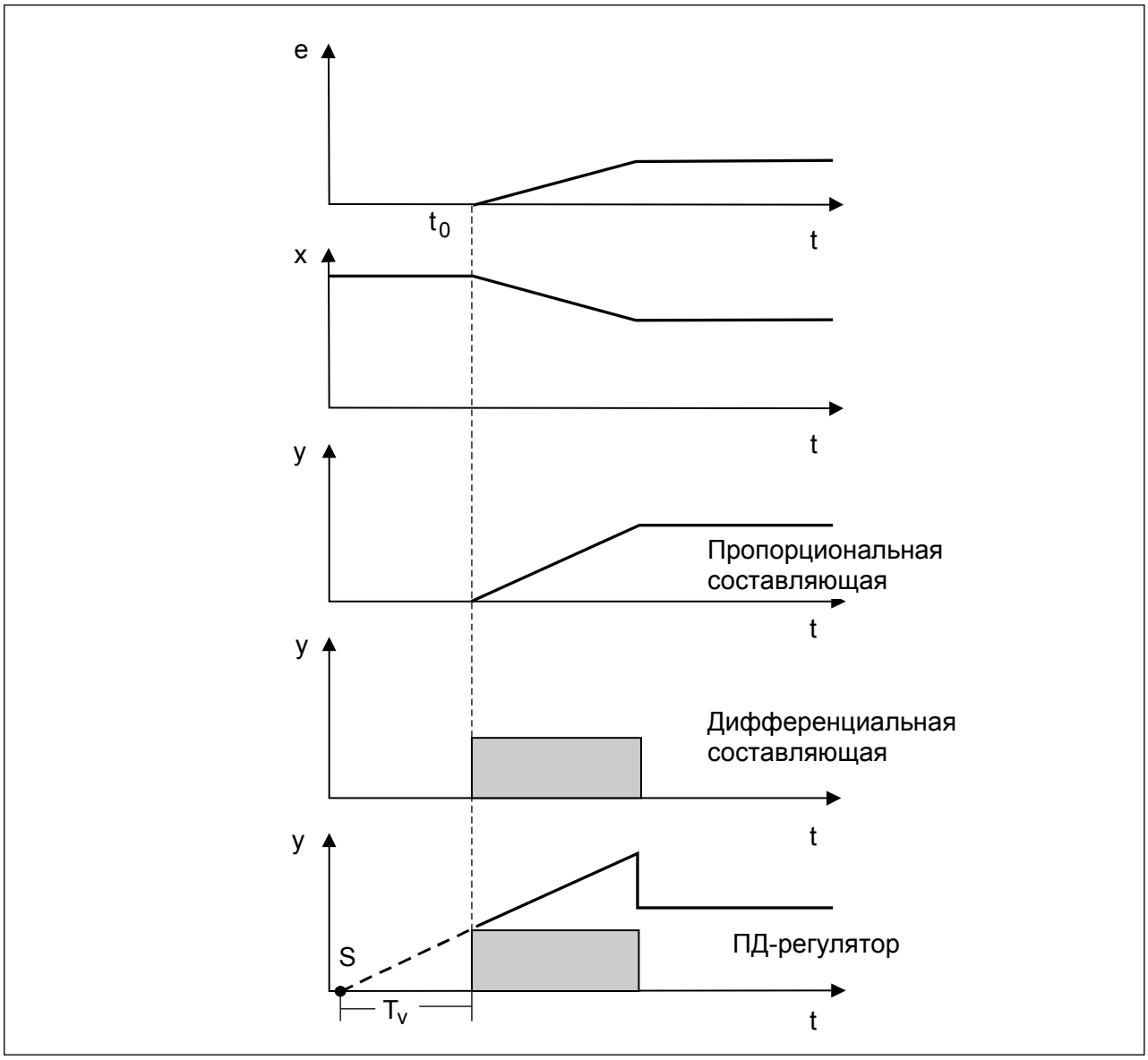


Рисунок 45: Реакция ПД-регулятора на линейно нарастающее воздействие

На Рисунке 45 сверху показано рассогласование (оно непрерывно возрастает). Чтобы вызвать реакцию дифференциальной составляющей, изменение рассогласование должно происходить за счет изменения фактического значения. Поэтому здесь показан график фактического значения. Далее следуют пропорциональная составляющая, дифференциальная составляющая и результирующий суммарный управляющий сигнал.

Пропорциональная составляющая в каждый момент времени усиливает текущее рассогласование. Как только фактическое значение падает, дифференциальная составляющая формирует положительный управляющий сигнал, который способствует тому, чтобы нулевое рассогласование было достигнуто как можно быстрее. Управляющий сигнал дифференциальной

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

составляющей пропорционален наклону графика фактического значения (Δx / Δt) и, кроме этого, заданному T_V.

Если рассмотреть суммарный управляющий сигнал и продолжить линейный ход влево, то можно по расстоянию от точки пересечения с временной осью до начала линейного хода определить T_V данного регулятора.

Для ПД-регулятора, например, для регулирования нагрева, уравнение при линейном ходе с постоянным наклоном имеет следующий вид:

$$y = \frac{1}{XP} \bullet 100\% \left(e - T_V \bullet \frac{\Delta x}{\Delta t}\right) \qquad (21)$$

При меняющемся фактическом значении управляющий сигнал ведет себя в соответствии со следующим уравнением:

$$y = \frac{1}{XP} \bullet 100\% \left(e - T_V \bullet \frac{dx}{dt}\right) \qquad (22)$$

$\frac{dx}{dt}$ задает наклон графика фактического значения (например, при регулировании температуры в К/с).

3.4.1 Практическая дифференциальная составляющая – DT_1-элемент

В принципе, можно также рассмотреть переходную характеристику ПД-регулятора, как это делалось ранее для П- или ПИ-регулятора. Однако скорость изменения сигнала при скачке будет бесконечно большой. Поэтому дифференциальный сигнал, являющий производной скачка, теоретически должен быть бесконечно высокой и бесконечно узкой импульсной функцией (Рисунок 46).

Это означает, что теоретически управляющий сигнал должен был бы на бесконечно короткое время принять бесконечно большое значение, а затем немедленно снова вернуться к управляющему сигналу, сформированному пропорциональной составляющей. Но, с одной стороны, как по механическим, так и по электрическим причинам, это невозможно, а с другой стороны, столь короткий импульс не оказал бы почти никакого влияния на объект регулирования. На практике избегают немедленного падения сигнала, строя дифференциальную составляющую при помощи DT_1-звена. Это звено состоит из дифференциальной составляющей, уже знакомой нам по этой главе, последовательно соединенной с T_1-звеном.

На Рисунке 46 показана переходная характеристика «практической дифференциальной составляющей». T_1 является постоянной времени T_1-звена. На практике значение этой постоянной задается равным T_V / 4, и при изменении T_V она меняется в этом соотношении. Из переходной характеристики «практической дифференциальной составляющей» можно, пользуясь соотношением $T_1 = T_V / 4$, из T_1 определить постоянную дифференцирования T_V. T_1 задается производителем, и пользователь не может ее менять.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

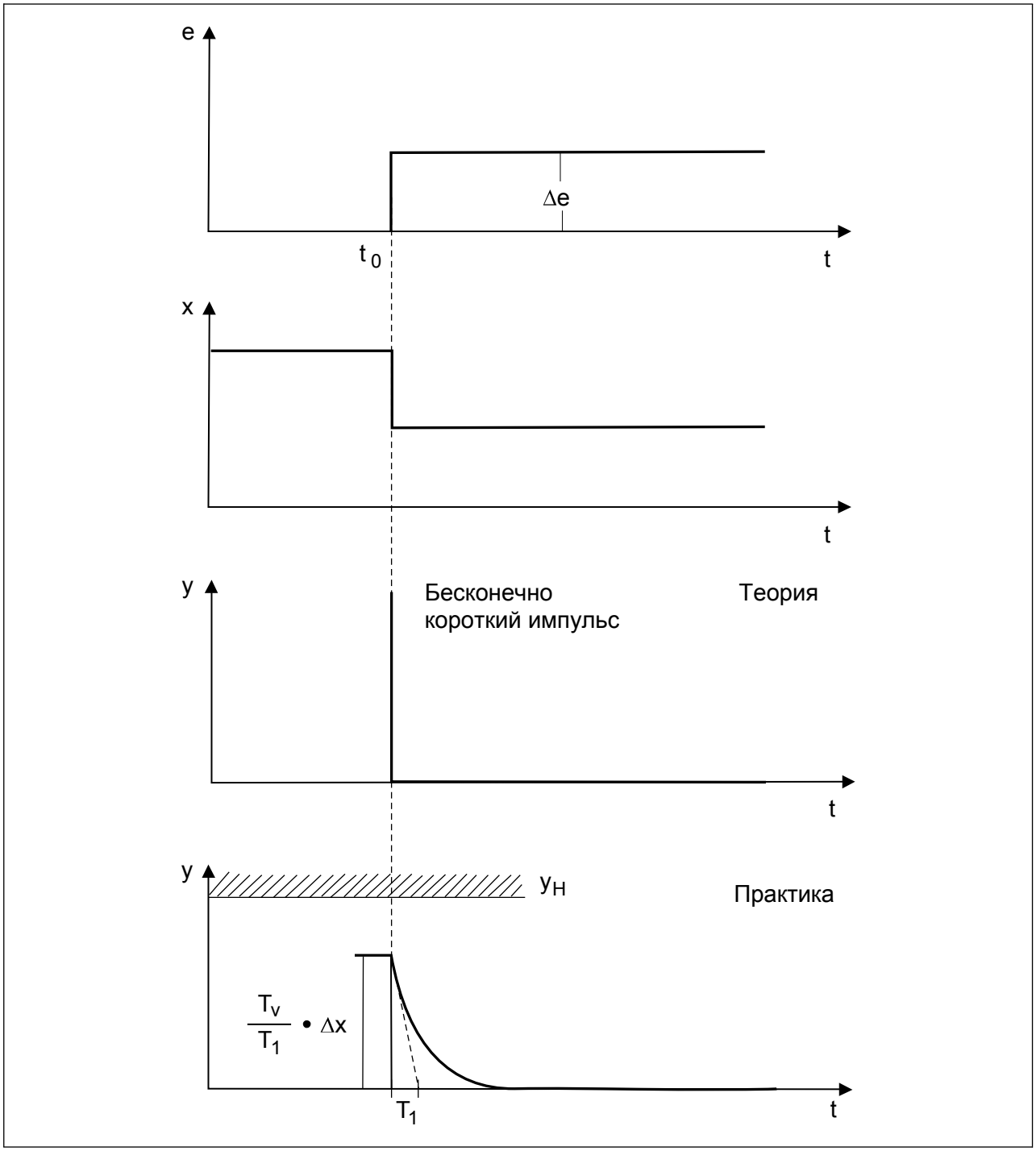


Рисунок 46: Переходная характеристика DT_1-звена

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3.5 ПИД-регулятор

Из всех регуляторов самое широкое применение получил ПИД-регулятор. У этого типа регуляторов необходимо настраивать параметры X_P, T_n und T_V, которые можно определить из переходной характеристики:

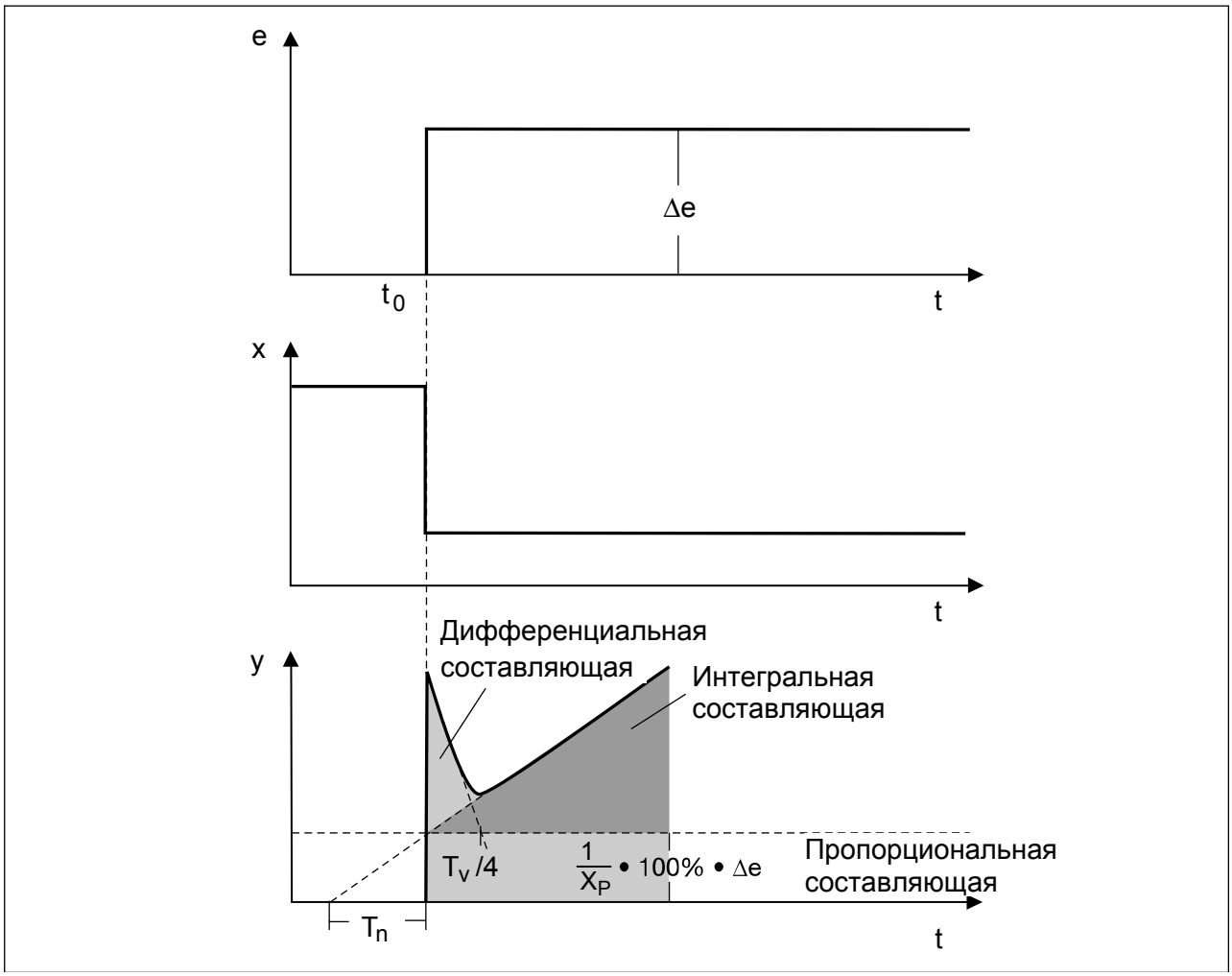


Рисунок 47: Переходная характеристика ПИД-регулятора

Пропорциональная и интегральная составляющие берут за основу рассогласование, тогда как дифференциальная составляющая реагирует на изменение фактической величины. Поэтому изменение рассогласования (Рисунок 47) должно быть результатом изменения фактического значения. Фактическое значение также нанесено на график.

Если фактическое значение неожиданно уменьшается, дифференциальная составляющая немедленно формирует положительный управляющий сигнал, чтобы противодействовать динамике фактического значения. Пропорциональная составляющая вначале также образует положительный управляющий сигнал, так как она усиливает рассогласование. В дополнение к этому, интегральная составляющая наращивает свой управляющий сигнал в соответствии с рассогласованием, однако линейный ход интегральной составляющей становится заметным лишь тогда, когда она достигает уровня дифференциальной составляющей.

Уравнение для этого регулятора имеет следующий вид:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

3 Регуляторы непрерывного действия

$$\Delta y = \frac{1}{X_P} \bullet 100\% \bullet \left(e + \frac{1}{T_n} \bullet \int e \bullet dt - T_V \bullet \frac{dx}{dt} \right) \qquad (23)$$

Параметры регулирования оказывают разное влияние на отдельные составляющие:

Большее X_P соответствует меньшей пропорциональной составляющей

➔ меньший коэффициент усиления: более устойчивое, но и более инерционное поведение

Большее T_n соответствует меньшей интегральной составляющей

➔ более медленное интегрирование: более устойчивое, но и более инерционное поведение

Большее T_V соответствует большей дифференциальной составляющей

➔ более сильное противодействие изменению фактического значения: более устойчивое поведение, однако T_V следует выбирать не слишком большим

3.5.1 Блок-схема ПИД-регулятора

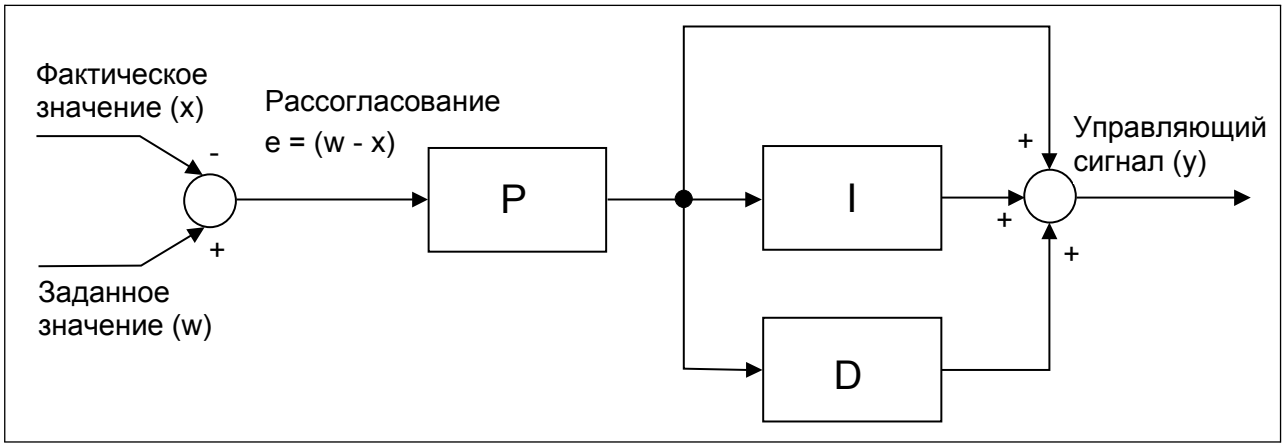


Рисунок 48: Блок-схема ПИД-регулятора

Как можно было увидеть в этой главе из уравнений, описывающих поведение ПИ-, ПД- и ПИД-регулятор, на поведение интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора влияют не только значения параметров T_n и T_V, но передаточный коэффициент пропорциональной составляющей, определяемый величиной X_P.

Если у ПИД-регулятора вдвое увеличить передаточный коэффициент пропорциональной составляющей (вдвое уменьшив X_P), то удвоится не только сигнал пропорциональной составляющей, но также и сигналы интегральной и дифференциальной составляющих.

Пример:
Пусть показанный на Рисунке 48 ПИД-регулятор имеет значения T_n = 10 с и X_P = 100 (дифференциальная составляющая в этом примере не учитывается). Допустим, что рассогласование равно 2.

В безразмерном рассмотрении пропорциональная составляющая обладает коэффициентом усиления 1 $\left(K_P = \frac{1}{X_P} \bullet 100\% \right)$.

Следовательно, рассогласование подается напрямую на интегральную составляющую. Из главы 3.2 *«И-регулятор»* мы уже знаем, что И-регулятору как раз требуется время T_n, чтобы в безразмерном отношении воспроизвести на выходе входной сигнал. Интегральной

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

составляющей понадобится, таким образом, 10 с на то, чтобы увеличить свой сигнал на 2 %. Теперь зададим X_P равным 50, усиление пропорциональной составляющей составляет 2.

Значит, рассогласование сначала усиливается с коэффициентом 2, а затем подается на интегральную составляющую. Через 10 с интегральная составляющая увеличит свой управляющий сигнал на 4 %. Действие интегральной составляющей также было усилено с коэффициентом 2. Преимуществом такой блок-схемы является то, что, уменьшая параметр X_P, можно добиться усиления работы всех составляющих регулятора.

Изменение передаточного коэффициента пропорциональной составляющей в равной мере изменяет поведение интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

4 Замкнутый контур регулирования / оптимизация

4 Замкнутый контур регулирования / оптимизация

Из этой главы вы узнаете, как в контуре регулирования определяется поведение при задающем и возмущающем воздействии и как выбираются параметры для стабильного поведения системы при регулировании.
Разбираемые ниже методы оптимизации помогают определить оптимальные параметры регулятора. В заключение мы укажем типы структур регуляторов, которые применяются для регулирования различных величин.

4.1 Поведение при задающем / возмущающем воздействии

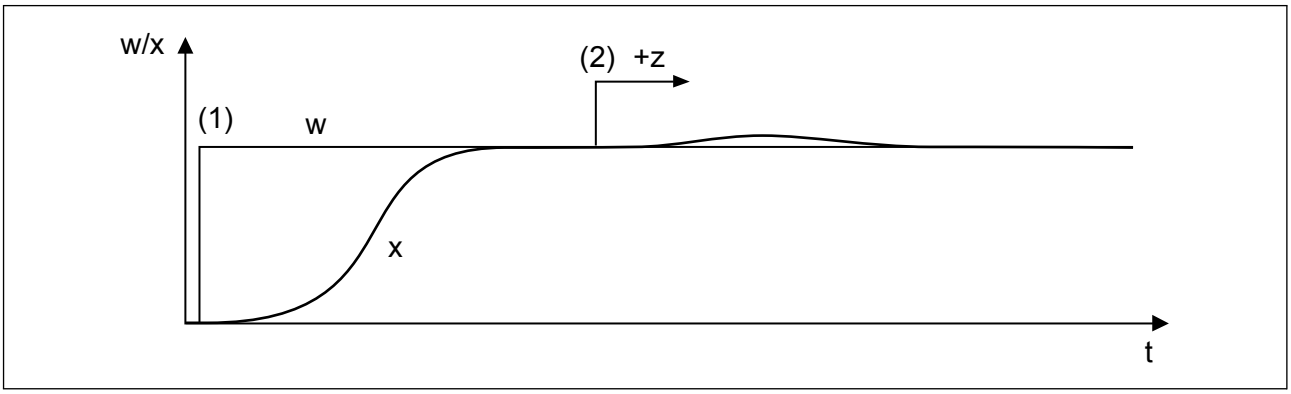


Рисунок 49: Поведение контура регулирования при задающем и возмущающем воздействии

На Рисунке 49 в момент времени (1) происходит переход к новому заданному значению. Показанное поведение системы является достаточно хорошим: Фактическое значение относительно быстро стремится в направлении заданного и достигает его без перерегулирования.

В момент (2) меняется возмущающее воздействие, что приводит к появлению рассогласования. Регулятор противодействует этому, меняя управляющий сигнал (в нашем примере выходной сигнал уменьшается), пока фактическое значение снова не достигнет заданного.

При описании поведения системы при регулировании различают поведение при задающем и возмущающем воздействии.
При изучении поведения при задающем воздействии исследуют, как после перехода к новому заданному значению происходит доведение рассогласования до 0. Поведением при возмущающем воздействии называют поведение контура регулирования после появления возмущения.

Регулятор может быть оптимизирован для задающего воздействия, в этом случае заданное значение достигается максимально быстро, без перерегулирования. Если на этот регулятор воздействуют возмущения (на Рисунке «+z»), то они устраняются не с максимально возможной скоростью, так как регулятор, оптимизированный для управляющего воздействия, настроен не на максимальную скорость реакции (X_P, T_n и T_v имеют тенденцию к увеличению).

Чтобы добиться хорошего поведения при возмущающем воздействии, регулятор должен работать быстрее (должны быть заданы меньшие значения X_P, T_n и T_v). Однако в этом случае, когда происходит переход к новому заданному значению, у фактического значения возникает пик перерегулирования.

Таким образом, регулятор, в зависимости от применения, должен быть оптимизирован либо для задающего, либо для возмущающего воздействия. На практике часто приходят к компромиссу:

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Выбирают такие параметры, при которых возмущения устраняются как можно быстрее, но чтобы при переходе к новому заданному значению не возникало перерегулирования, или, по крайней мере, пик перерегулирования лежал в допустимых пределах.

Если один из регуляторов фирмы JUMO должен оптимально работать и при задающем, и при возмущающем воздействии, можно определить и сохранить два набора соответствующих параметры. Они будут активироваться при соответствующих условиях. Если фактическое значение находится вне некоторого заданного диапазона вокруг заданного значения, то активируется набор параметров для оптимального поведения при задающем воздействии. Когда фактическое значение попадает в этот диапазон, включается набор параметров для оптимального поведения при возмущающем воздействии.

4.2 Устойчивое и неустойчивое поведение при регулировании

Почти всякий контур регулирования можно заставить работать неустойчиво, неправильно задавая параметры регулятора:

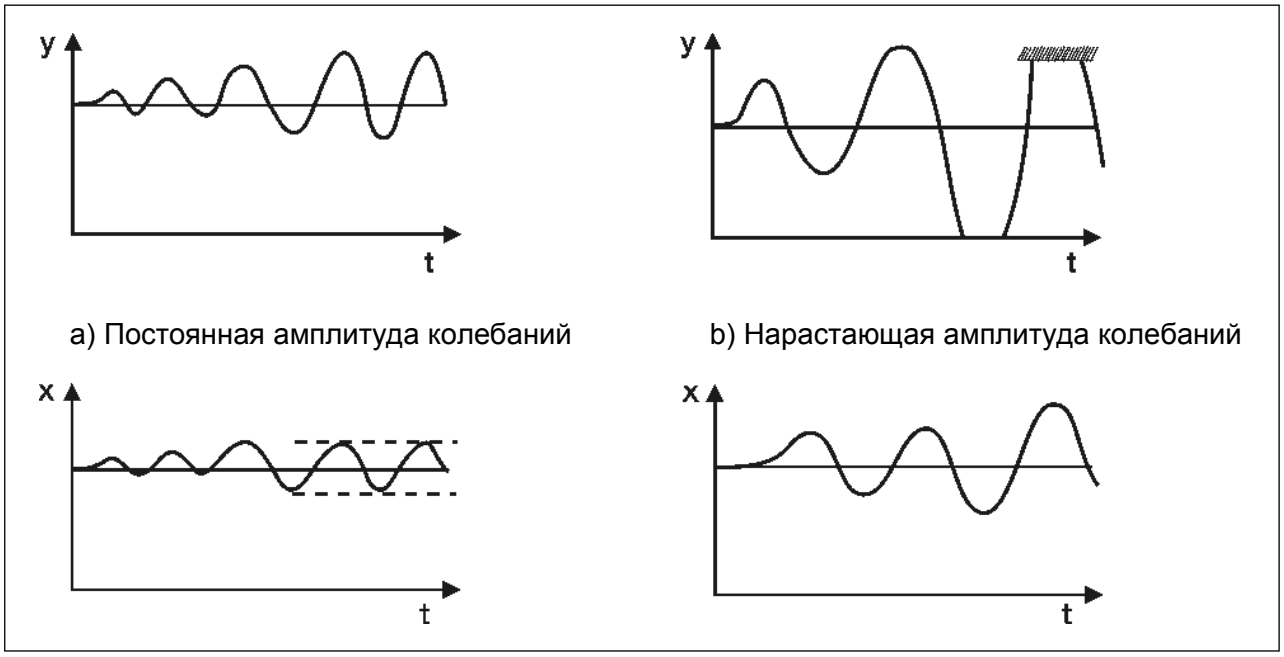


Рисунок 50: Неустойчивый контур регулирования

Неправильная настройка регулятора может привести к тому, что возникнут осцилляции управляющего сигнала (Рисунок 50, a). Управляющий сигнал возбуждается и, в конце концов, начинает совершать колебания между минимальным и максимальным значением. Осциллирующий управляющий сигнал приводит к неустойчивому фактическому значению.

Периодические колебания управляющего сигнала могут стать настолько сильными, что он будет колебаться между 0 и 100 % (Рисунок 50, b). Соответственно этому, будет возникать высокая амплитуда колебаний фактического значения. Контур регулирования становится неустойчивым, когда X_P, T_n и T_v слишком малы (передаточный коэффициент пропорциональной составляющей слишком велик, интегральная составляющая интегрирует слишком быстро, демпфирование слишком слабо). Чтобы добиться устойчивости, можно, например, начать с увеличения X_P. Если не достигнуто более спокойное поведение управляющего сигнала и фактического значения, можно увеличить пару значений T_n и T_v (рекомендуется сначала проверить, соответствует ли T_v примерно T_n /4, так как это соотношение является близким к оптимальному в большинстве случаев). Следует задать соответствующее значение T_v. Затем пару значений T_v и T_n можно увеличивать, сохраняя указанное соотношение.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

4.3 Методы оптимизации

В этом разделе мы опишем четыре различных метода оптимизации, которые применимы исключительно в случае объектов с выравниванием.

Общим у этих методов является то, что оптимизацию необходимо проводить при реальных условиях (например, оптимизация не должна проводиться для пустой печи, если необходимо найти параметры для печи, заправленной материалом).

Методы включают:

Метод незатухающих колебаний (Циглер и Николс) – для быстрых объектов регулирования

Метод переходной характеристики (Чин, Хронес и Ресвик) – для медленных объектов

Метод скорости нарастания – для медленных объектов

Эмпирический метод – для быстрых объектов

Прежде чем начать оптимизацию одним из указанных методов, необходимо проверить, нельзя добиться хорошего результата при помощи самооптимизации, встроенной в регуляторы фирмы JUMO (Глава 7.1 *«Самооптимизация»*). В большинстве случаев она приводит к очень хорошему или, по крайней мере, удовлетворительному результату.

4.3.1 Метод незатухающих колебаний по Циглеру и Николсу

Метод незатухающих колебаний по Циглеру и Николсу может применяться для относительно быстрых объектов регулирования (например, регуляторов скорости вращения).

Этот метод позволяет определить хорошие параметры для П-, ПИ- и ПИД-регуляторов.
При использовании метода контур регулирования намеренно делают неустойчивым:
Контур включается по схеме с П-регулятором, и задается относительно большое значение X_P, которое еще не приводит к неустойчивому поведению. Затем устанавливается заданное значение, лежащее в предполагаемой рабочей области (Рисунок 51 (1)).

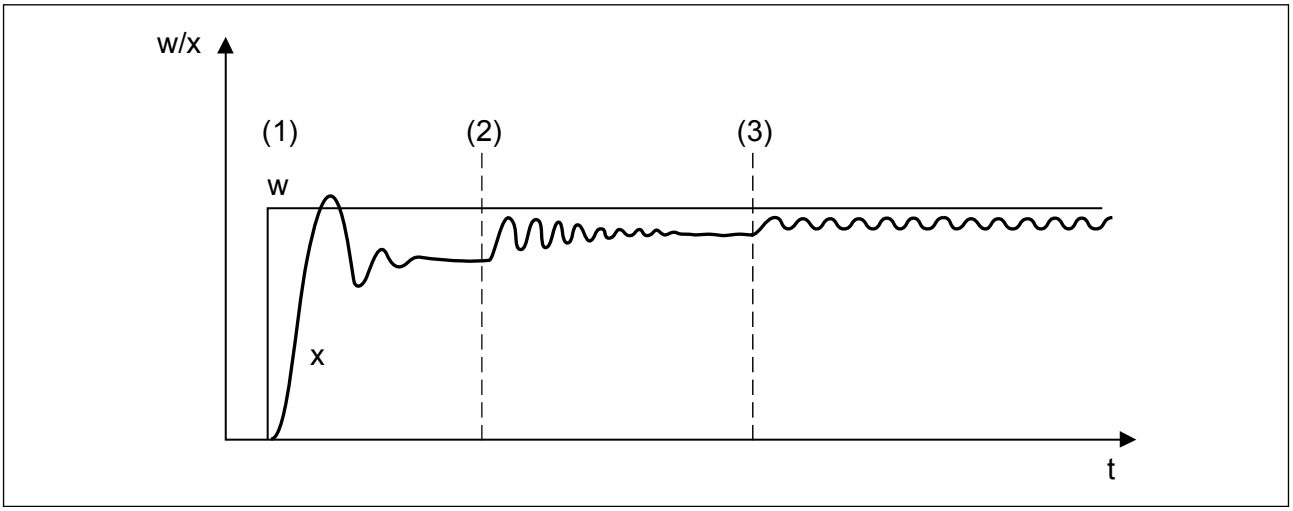


Рисунок 51: Заданное и фактическое значение при использовании метода незатухающих колебаний

На Рисунке 51 (1) показано, как фактическое значение после нескольких колебаний приближается к заданному значению. Фактическое значение лежит ниже заданного, что понятно, так как речь идет о П-регуляторе.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

Значение X_P уменьшают (Рисунок 51 (2)): Фактическое значение возрастает, и ему требуется уже большее время, чтобы достичь заданного значения. Зону пропорционального регулирования уменьшают по необходимости несколько раз, пока фактическое значение не войдет в режим периодических колебаний. Получающаяся кривая показана на Рисунке 51 (3). Критическое значение X_P (X_{Pk}, начиная с которого возникают незатухающие колебания) следует определять как можно точнее.

Рассмотрим в деталях колебания фактического значения (Рисунок 52):

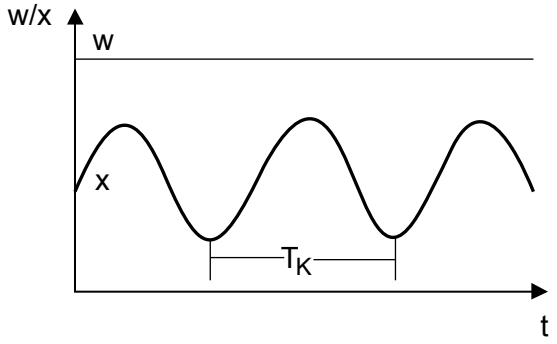


Рисунок 52: Критический период колебаний

Второй параметр, который требуется для этого метода, является критическим периодом колебаний (T_K): Из колебаний фактического значения определяют, например, расстояние между двумя минимумами. Это значение (в секундах) вместе с X_{Pk} (последняя настройка регулятора) заносятся в следующую таблицу:

Структура регулятора	Параметры регулирования
П	$X_P = X_{Pk} / 0{,}5$
ПИ	$X_P = X_{Pk} / 0{,}45$ $T_n = 0{,}83 \cdot T_K$
ПИД	$X_P = X_{Pk} / 0{,}6$ $T_n = 0{,}5 \cdot T_K$ $T_v = 0{,}125 \cdot T_K$

Таблица 1: Формулы для настройки регулятора по методу незатухающи колебаний

4.3.2 Метод переходной характеристики по Чину, Хронесу и Ресвику

При использовании метода Чина, Хронеса и Ресвика даже для медленных объектов появляется возможность относительно быстрого определения параметров регулирования.
Этот метод можно применять для объект как минимум 2-го порядка.

Особенностью метода является то, что проводится различие между формулами для поведения при задающем и возмущающем воздействии.

Для приводимой ниже таблицы необходимо из переходной характеристики определить передаточный коэффициент объекта, время задержки и время выравнивания. Глава 2.4 *«Регистрация переходной характеристики для объектов с не менее чем двумя задержками и запаздыванием»* содержит детальное описание того, как следует действовать в этом случае. Поэтому мы продемонстрируем метод на примере:

Для промышленной печи необходимо использовать ПИД-регулятор.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

4 Замкнутый контур регулирования / оптимизация

Целью является оптимальное поведение при возмущающем воздействии, типичные заданные значения лежат около 200 °C.
Сначала регулятор включается в ручном режиме. Управляющий сигнал постепенно повышают, пока не будет достигнуто фактическое значение, которое лежит ниже того заданного значения, которое должно быть достигнуто в дальнейшем (необходимо выждать, пока установятся процессы выравнивания). Вполне возможно значение управляющего сигнала 60 %, при котором достигается температура 180 °C. Начиная от 60 %, управляющий сигнал повышается скачком до 80 %, после чего при помощи самописца регистрируется фактическое значение (графики нанесены на Рисунке 53).

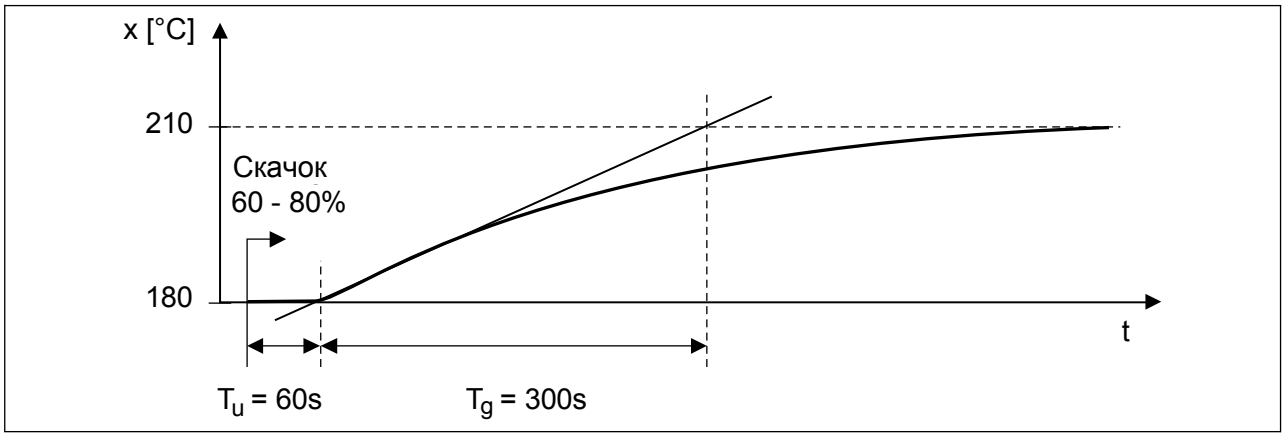


Рисунок 53: Переходная характеристика промышленной печи

Строя касательную в точке перегиба, было найдено, например:
время задержки T_u = 60 с, время выравнивания T_g = 300 с

При помощи Таблицы 2 можно найти параметры регулирования, близкие к оптимальным:

Структура регулятора	Задающее воздействие	Возмущающее воздействие
П	$X_P = 3{,}3 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$	$X_P = 3{,}3 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$
ПИ	$X_P = 2{,}86 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$ $T_n = 1{,}2 \cdot T_g$	$X_P = 1{,}66 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$ $T_n = 4 \cdot T_u$
ПИД	$X_P = 1{,}66 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$ $T_n = 1 \cdot T_g$ $T_v = 0{,}5 \cdot T_u$	**$X_P = 1{,}05 \cdot K_S \cdot (T_u / T_g) \cdot 100\ \%$** **$T_n = 2{,}4 \cdot T_u$** **$T_v = 0{,}42 \cdot T_u$**

Таблица 2: Формулы для настройки регулятора по переходной характеристике

Передаточный коэффициент объекта вычисляется как изменение фактического значения, деленное на величину скачка.

$$K_S = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{210\ °C - 180\ °C}{80\% - 60\%} = \frac{30\ K}{20\%} = 1{,}5\ K/\%$$

Из найденных значений T_u и T_g получаются следующие параметры:

$$X_P = 1{,}05 \bullet K_S \bullet \frac{T_u}{T_g} \bullet 100\% = 1{,}05 \bullet 1{,}5\frac{K}{\%} \bullet \frac{60\ c}{300\ c} \bullet 100\% = 31{,}5\ K$$

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

$$T_n = 2{,}4 \bullet T_u = 2{,}4 \bullet 60\ c = 144\ c$$

$$T_v = 0{,}42 \bullet T_u = 0{,}42 \bullet 60\ c \approx 25\ c$$

Скачок управляющего сигнала, с одной стороны, следует выбирать настолько большим, чтобы можно было определить переходную характеристику (ход фактического значения). С другой же стороны, следует убедиться, что скачок лежит в области ожидаемых заданных значений.

Пример:
Типичная рабочая точка рассматриваемой промышленной печи равна 200 °C. Если происходит скачкообразное изменение управляющего сигнала, в результате которого фактическое значение оказывается, например, в области 70 °C, то анализ переходной характеристики, скорее всего, не позволит определить параметры регулирования, пригодные для 200 °C. При более низких температурах условия будут не такими, как при дальнейшей эксплуатации (по меньшей мере, передаточный коэффициент объекта будет здесь отличным от того, который будет наблюдаться в рабочем режиме, а он входит в вычисление X_P).

4.3.3 Метод скорости нарастания

Метод скорости нарастания может применяться также для медленных объектов регулирования. В этом методе произвольный скачок подается объект регулирования лишь до тех пор, пока изменение фактического значения происходит с максимальной скоростью. Анализ фактического значения происходит, начиная с этого момента (не требуется выжидать, пока оно достигнет своей конечной величины). Поэтому этот метод позволяет существенно экономить время. Объект должен быть – как и для метода переходной характеристики – не ниже, чем второго порядка.

Подготовительная работа для оптимизации регулятора печи, указанной в главе 4.3.2 *«Метод переходной характеристики по Чину, Хронесу и Ресвику»*, будет очень сходной:

1. Установка управляющего сигнала, при котором достигается фактическое значение, меньшее дальнейшей рабочей точки (например, 180 °C при управляющем сигнале 60 %, следует дождаться завершения процессов выравнивания!).
2. Подача скачкообразного изменения управляющего сигнала 80 % и регистрация фактического значения.

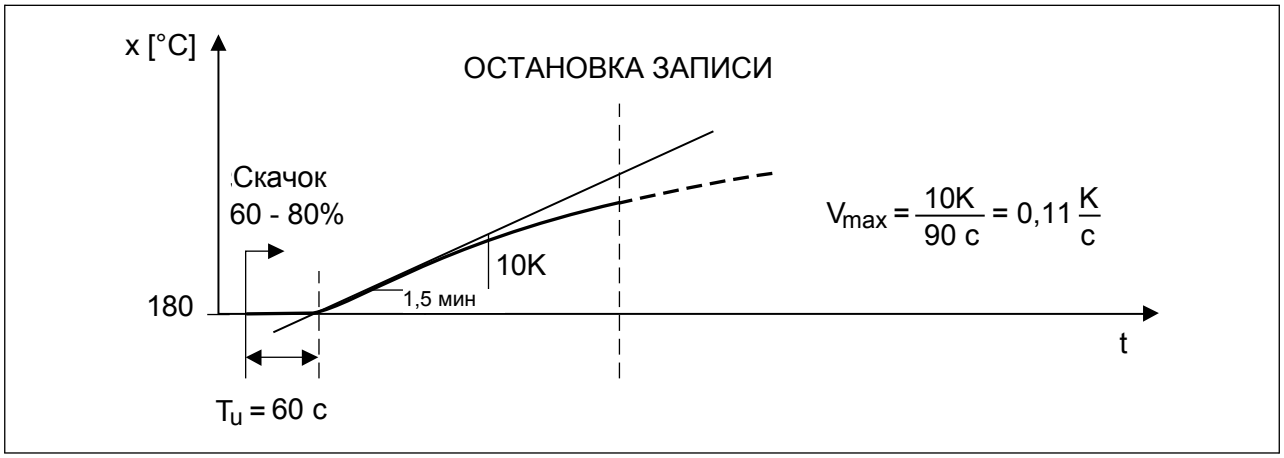


Рисунок 54: Поведение фактического значения в методе по скорости нарастания

После подачи скачка фактическое значение через некоторое время начинает нарастать. Запись можно остановить, когда скорость изменения фактического значения максимальна.

Также и при использовании этого метода необходимо построить касательную в точке перегиба и

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

определить время задержки. Для определения второго параметра на касательной строится треугольник нарастания сигнала. По нему определяется максимальная скорость нарастания:

$$V_{max} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (24)$$

Полученное значение V_{max} (в нашем примере около 0,11 К/с) вместе с найденным T_u (60 с) подставляется в следующие формулы:

Структура регулятора	Параметры регулирования	
П	$X_P = V_{max} \cdot T_u \cdot y_H / \Delta y$	y_H = максимальный управляющий сигнал (обычно 100 %) Δy = скачок управляющего сигнала (в нашем примере 20 %)
ПИ	$X_P = 1{,}2 \cdot V_{max} \cdot T_u \cdot y_H / \Delta y$ $T_n = 3{,}3 \cdot T_u$	
ПД	$X_P = 0{,}83 \cdot V_{max} \cdot T_u \cdot y_H / \Delta y$ $T_v = 0{,}25 \cdot T_u$	
ПИД	$X_P = 0{,}83 \cdot V_{max} \cdot T_u \cdot y_H / \Delta y$ $T_n = 2 \cdot T_u$ $T_v = 0{,}5 \cdot T_u$	

Таблица 3: Формулы для оптимизации по скорости нарастания для объекта с выравниванием

Для ПИД-регулятора в нашем примере получатся следующие значения:

$$X_P = 0.83 \bullet V_{max} \bullet T_u \bullet \frac{y_H}{\Delta y} = 0.83 \bullet 0{,}11 \frac{К}{С} \bullet 60\ с \bullet \frac{100\%}{20\%} \approx 27{,}4\ К \qquad (25)$$

$$T_n = 2 \bullet T_u = 2 \bullet 60\ с = 120\ с \qquad (26)$$

$$T_v = 0.5 \bullet T_u = 0{,}5 \bullet 60\ с = 30\ с \qquad (27)$$

4.3.4 Эмпирический метод определения параметров регулирования

При использовании этой процедуры определяются одна за другой настройки для пропорциональной, дифференциальной и интегральной составляющей, близкие к оптимальным. Начиная с исходного состояния, раз за разом производится переход к типичному заданному значению; поэтому этот метод применим только для относительно быстрых объектов (например, при регулировании скорости вращения или расхода жидкости).

Хотя в конечном итоге следует найти хорошие параметры для ПИД-структуры, начинают с режима П-регулятора. Мы задаем относительно большую зону пропорционального регулирования (ее величина зависит от объекта) и устанавливаем заданное значение, лежащее в предполагаемой рабочей области).
При этом мы увидим, что регулировка работает очень инерционно, и фактическое значение

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

лежит существенно ниже заданного. Затем мы уменьшаем X_P и раз за разом подаем скачок заданного значения.
Мы уменьшаем зону пропорционального регулирования до тех пор, пока фактическое значение не станет достигать устойчивого значения после не более, чем двух-трех периодов колебаний. Мы получим устойчивое регулирование с остаточной погрешностью. Результат может выглядеть как на Рисунке 55 a).

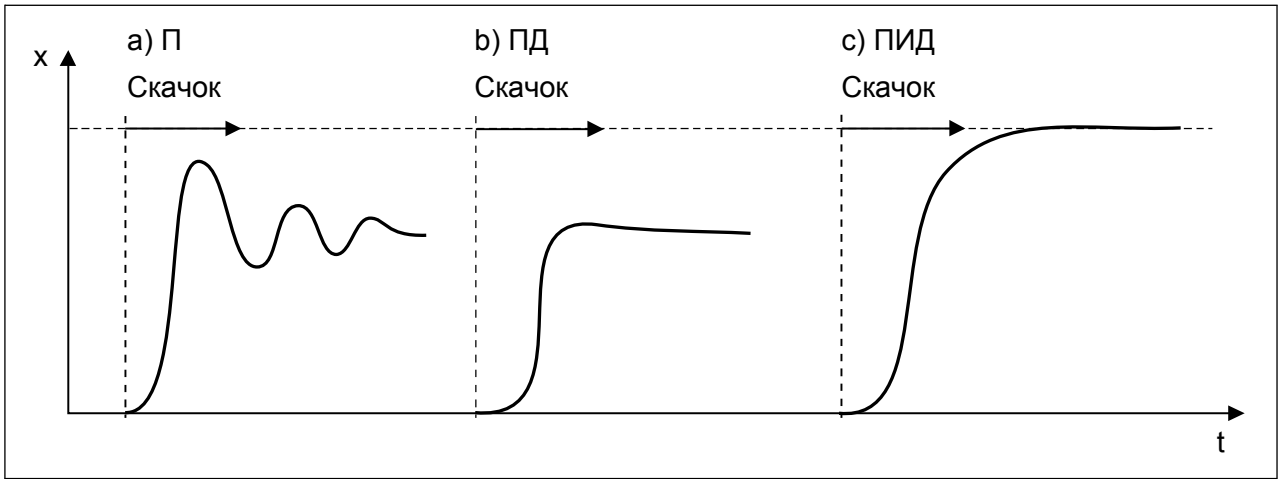


Рисунок 55: Наст ройка ПИД-регулятора эмпирическим методом

Для демпфирования колебаний фактического значения мы активируем дифференциальную составляющую (теперь мы работаем с ПД-структурой регулятора). Начиная с очень маленького T_V, мы снова подаем скачок заданного значения, задавая все большее T_V. Значение T_V, близкое к оптимальному, найдено тогда, когда фактическое значение достигает своей конечной величины с минимальными возможными колебаниями.

Если при подаче скачка заданного значения регулятор один или несколько раз формирует управляющий сигнал 0 %, то это означает, задано слишком большое T_V.

Результат регулирования может выглядеть, как показано на Рисунке 55 b).

Затем регулятор переводится в режим ПИД, и активируется интегральная составляющая. Мы задаем T_n равным T_V x 4. Результат регулирования может соответствовать примеру на Рисунке 55 c).

Примечание:
Для некоторых объектов можно активировать не все составляющие (см. главу 4.4 *«Какая структура регулятора используется для различных регулируемых величин?»*). Если при использовании эмпирического метода оказывается, что на начальном этапе оптимизации П-структуры невозможно добиться устойчивого регулирования, то возможна только оптимизация И-регулятора.

Если для другого объекта регулирования выясняется, что при подключении дифференциальной составляющей (переключение с П- на ПД-структуру) контур регулирования становится неустойчивым, то выполняется оптимизация ПИ-регулятора.

jumo в Беларуси Заказ г.Минск www.tiristor.by email: minsk17@tut.by viber и тел.+375447584780

4 Замкнутый контур регулирования / оптимизация

4.3.5 Контроль настройки регулятора для ПИД-структуры

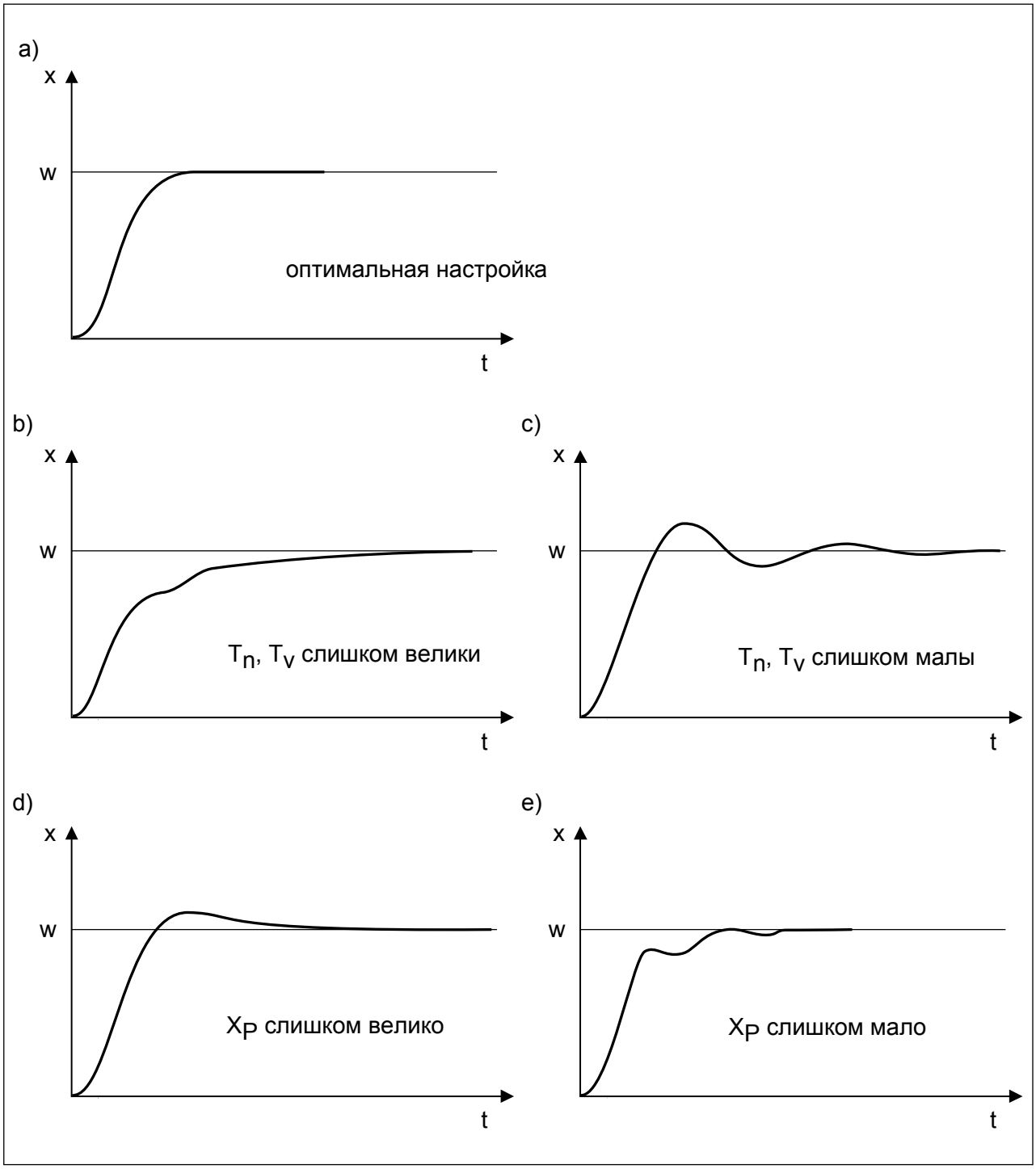


Рисунок 56: Указания на возможные ошибки