

004.432

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АСУТП ИЗОМЕРИЗАЦИИ: ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ

Колесников В.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, e-mail: Imkoleska@gmail.com

Аннотация. Автором данной статьи рассматриваются особенности выбора и обоснования технических средств АСУТП изомеризации.

По протеканию во времени изомеризация является непрерывным процессом. Для его проведения требуются высокие температура и давление, что создает нагрузку на основное технологическое оборудование, а отклонение параметров от заданных значений сильно влияет на ход процесса и качество получаемого продукта.

Для поддержания требуемых значений технологических параметров необходимо проектирование системы автоматического управления, которые позволяют стабильно вести режимы управления процессом в соответствии с параметрами технологического регламента.

Все датчики классифицируются по измеряемому параметру. Помимо этого, они также могут быть классифицированы как пассивные или активные. В пассивных датчиках мощность, необходимая для получения выхода, обеспечивается самим измеренным физическим явлением (например, температурой), тогда как для активных датчиков требуется внешний источник питания.

Кроме того, датчики классифицируются как аналоговые или цифровые на основе типа выходного сигнала. Аналоговые датчики производят непрерывные сигналы, которые пропорциональны воспринимаемому параметру и обычно требуют аналого-цифрового преобразования перед подачей на цифровой контроллер.

Цифровые датчики, с другой стороны, производят цифровые выходы, которые могут напрямую взаимодействовать с цифровым контроллером. Часто цифровые выходы производятся путем добавления аналого-цифрового преобразователя в чувствительный блок.

Ключевые слова: технологический процесс, изомеризация, исполнительные устройства, технические средства, приборы.

004.432

ANALYSIS OF THE TECHNICAL TOOLS OF ISOMERIZATION CONTROLS: SELECTION AND JUSTIFICATION

Kolesnikov V.A.¹

¹Samara State Technical University, Samara, e-mail: Imkoleska@gmail.com

Annotation. The author of this article discusses the features of the choice and justification of the technical means of isomerization control system.

Over time, isomerization is a continuous process. It requires high temperature and pressure, which creates a load on the main technological equipment, and the deviation of the parameters from the set values greatly affects the progress of the process and the quality of the resulting product.

In order to maintain the required values of technological parameters, it is necessary to design an automatic control system that allows stable process control modes in accordance with the parameters of the technological regulations.

All sensors are classified according to the measured parameter. In addition, they can also be classified as passive or active. In passive sensors, the power required to obtain an output is provided by the measured physical phenomenon itself (for example, temperature), whereas active sensors require an external power source.

Additionally, sensors are classified as analog or digital based on the type of output signal. Analog sensors produce continuous signals that are proportional to the perceived parameter and usually require analog-to-digital conversion before being fed to a digital controller.

Digital sensors, on the other hand, produce digital outputs that can directly interact with a digital controller. Often digital outputs are produced by adding an analog-to-digital converter to the sensing unit.

Key words: technological process, isomerization, actuating devices, technical means, devices.

При выборе средств контроля, регулирования и сигнализации руководствуются следующими положениями:

1) системы автоматизации технологических процессов должны строиться, как правило, на базе серийно выпускаемых средств автоматизации и вычислительной техники;

2) при выборе технических средств автоматизации необходимо учитывать вид и характер технологического процесса, его пожаро- и взрывоопасность, агрессивность и токсичность, а также параметры и физико-химические свойства контролируемых и регулируемых сред, расстояние от местных приборов (первичных преобразователей, исполнительных устройств, до пунктов управления и контроля, требуемую точность и быстродействие контролирующей аппаратуры);

3) выбор рода используемой энергии (электрической, пневматической, гидравлической) для средств автоматизации определяется пожаро- и взрывоопасностью технологического процесса, агрессивностью, влажностью и пыльностью сред, требуемыми точностью, быстродействием, надежностью технических средств и дальностью передачи информации;

4) необходимо стремиться к применению однотипных средств автоматизации, обеспечивающих простоту сочетания, взаимозаменяемость, удобство компоновки на щитах управления, простоту обслуживания;

5) класс точности приборов должен соответствовать технологическим требованиям;

6) диапазон измерения измерительных приборов должен быть выбран так, чтобы номинальное значение измеряемого параметра составляло 50...70% от верхнего предела измерения;

7) при прочих равных условиях предпочтение следует отдавать более дешёвым и доступным средствам автоматизации. [1]

Для осуществления контроля, регулирования и сигнализации параметров предлагается применение следующих приборов.

Цель исследования – дать обоснование и выбор технических средств АСУТП изомеризации.

Материалы и методы исследования - совокупность общенаучных и частно-научных методов познания, в их числе: диалектический, системно-структурный, формально-юридический, социологический, статистический методы.

Температура газосырьевой смеси на выходе из печи П-1 $T=290^{\circ}\text{C}$, допустимая абсолютная погрешность $\Delta T=\pm 5^{\circ}\text{C}$, рабочее давление $P=2,8$ МПа.

Максимальное значение шкалы:

$$T_{\text{в.}} \approx 290 \cdot 1,5 \approx 435^{\circ}\text{C}. [3]$$

Для измерения температуры газосырьевой смеси применяют термопреобразователь ТХАУ Метран-271-03-Ех1а с диапазоном измерения $0 - 600^{\circ}\text{C}$. Предназначены для измерения температуры нейтральных и агрессивных сред. Температура окружающей среды от -45 до $+70^{\circ}\text{C}$. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока. Чувствительный элемент изготовлен из термопарного кабеля КТМС (ХА), термоэлектроды которого сварены лазерной сваркой. Выходной сигнал - аналоговый 4-20 мА. Пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\gamma=\pm 0,5\%$, взрывозащитное исполнение 0Ех1аПСТ6 («искробезопасная электрическая цепь»). Применение таких термопар на установке обусловлено малой инерционностью, малыми размерами чувствительного элемента и точностью измерения. [5]

Давление на входе в реактор Р-2 $P = 2,8$ МПа, рабочая температура $T = 150^{\circ}\text{C}$, $\Delta P=\pm 0,05$.

Максимальное значение шкалы: $P_{\text{max}} = 2,8 \cdot 3/2 = 4,0$ МПа.

Для измерения давления используются интеллектуальный датчик давления Метран 150 ТG, предназначенный для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА, предел измерений от 120 до 6000 кПа, выдерживают перегрузки давлением $P=10$ МПа, температура рабочей среды на входе в датчик $-40...149^{\circ}\text{C}$ (для снижения температуры измеряемой среды в рабочей полости датчика необходимо использовать специальные устройства-удлинённые импульсные линии, разделительные сосуды), датчик устойчив к воздействию окружающего воздуха в пределах от -40 до 80°C , взрывозащитное исполнение 0Ех1аПСТ5Х («искробезопасная электрическая цепь» с уровнем защиты «особовзрывобезопасный»). [7]

Для выбранного верхнего предела измерения $P_B=4,0$ МПа и максимального верхнего предела $P_{\max}=6$ МПа проверяем выполнение условия:

$$P_B \geq P_{\max} / 2$$

Подставляя значения P_B и P_{\max} убеждаемся, что условие выполняется

$$4,0 \geq 3,0 \text{ (МПа)}$$

Приведенная погрешность составляет $\gamma=\pm 0,075\%$, условие выполняется, следовательно, прибор подобран верно. [9]

Характеристики среды: $V=67$ м³/ч; $D_y=200$ мм; $T_{\text{раб}}=80^\circ\text{C}$;

В качестве датчика расхода используется расходомер Метран 350 с условным проходом 200мм. Датчик имеет выходной сигнал 4-20 мА, токовый сигнал пропорционален объемному расходу, приведенному к нормальным условиям. Допустимая относительная погрешность при измерении объемного расхода $\pm 0,8\%$. Температура окружающей среды от минус 40 до плюс 85 °С. Температура измеряемой среды от минус 40 до плюс 450 °С. Предельно-допустимое избыточное давление расходомера 25 МПа. Диапазон измерений 0,8-49137 м³/ч. Наличие взрывозащищенного исполнения: Exia, Exd. [2]

Применение данного расходомера обуславливается стабильностью измерения, повышенной помехозащищенностью и устойчивостью к вибрации, коррозионной стойкостью материала. [7]

Датчики уровня:

$$L_{\text{раб}}= 60\% ; L_{\text{max}}=80\%; L_{\text{min}}=20\% \text{ м; } \Delta L=\pm 0,1 \text{ м.}$$

$$\text{Т.к. } L= 3 \text{ м, то: } L_{\text{раб}}= 3 * 0,6 \approx 1,8 \text{ м; } L_{\text{max}}=3 * 0,8= 2,4 \text{ м;}$$

$$L_{\text{min}}= 2 * 0,2=0,4 \text{ м;}$$

Значение верхнего предела измерения:

$$L_B=2,4 \cdot 3/2=3,36 \text{ м. [4]}$$

В качестве датчиков для измерения уровня в реакторе применяются радарные уровнемеры Метран серии 5600 с унифицированным токовым выходным сигналом 4-20 мА на базе HART-протокола. Диапазон измерений до 50 м. Погрешность измерения ± 5 мм. Диапазон рабочего давления до 5,5 МПа. Температура окружающей среды от – 40 до 70 °С. Исполнение взрывозащищенное 2Exde[ia][ib]IIC T6X. Погрешность измерений уровня ± 5 мм.

Для работы в агрессивных средах, регулирования расхода нефтепродуктов используются клапаны малогабаритные типа КМР фирмы «ЛГ Автоматика» с условным диаметром, соответствующим диаметру трубопровода ($D_y=200$ мм). [6]

Это универсальный поворотный сегментный клапан с эксцентричным плунжером, сочетающий лучшие свойства подъемных и поворотных регулирующих устройств, обладающий исполнительным пневматическим механизмом с входным сигналом 0,02-0,1

МПа. Рассчитан для работы при давлениях регулируемой среды от 1,6 до 16,0 МПа и температурах от -60 до +450 °С. Исходное положение плунжера может быть как нормально открытое, так и нормально закрытое. [8]

В качестве регулятора на установке используем станцию управления и сбора данных YOKOGAWA CX2000, имеющий в комплекте специальный нормирующий резистор для преобразования токового сигнала в сигнал напряжения.

Основные характеристики:

- число входных каналов измерения: 20;
- тип входа:
- унифицированный токовый сигнал: 4-20 мА;
- напряжение: 20мВ/60 мВ/200 мВ/2 В/6 В/20 В/50 В;
- термopара 15 типов, включая ХА;
- термосопротивление: Pt100, Jpt100, Cu100, Cu50. (по ГОСТ)
- дискретный сигнал по уровню напряжения.
- ПИД-регуляторы (встроенные):
- количество контуров: 6;
- интервал управления 250мс;
- Выход:
- реле сигнализации: 6 точек;
- универсальные токовые (4-20 мА), напряжения, релейные по количеству ПИД-

контуров. [10]

Необходима 1 станция управления.

В качестве преобразователя электрического сигнала в пневматический выбран позиционер Siemens Sipart PS2 Север с HART протоколом с взрывозащищенным исполнением ExiaIICT5. Позиционер преобразует унифицированный токовый сигнал 4-20 мА в унифицированный пневматический сигнал 20-100 кПа. Температура окружающей среды -47...70 °С.

Качество продукта контролируется с помощью октанометра Shatox SX-100K (АТ 6-1), имеющего на выходе стандартный токовый сигнал 4-20 мА. Полученная по сигналу информация обрабатывается, отображается и регистрируется на станции управления и сбора данных CX 2000 (поз. 6-2). Для оценки качества продукта определяется его октановое число по моторному и исследовательскому методам. [5]

Результаты исследования и обсуждение.

Описание функциональной схемы автоматизации

1) Регулирование температуры на выходе из печи П-1

Регулирование и контроль температуры на выходе из печи П-1 осуществляется с помощью термопреобразователя серии ТХАУ Метран-271-03-Ех1а (ТТ 4-1), преобразующей температуру в стандартный токовый сигнал 4-20 мА, который поступает на станцию сбора данных Yokogawa CX2000 (TIRC 4-2), где значение температуры отображается на экране дисплея и записывается (регистрируется) в базу данных. Одновременно унифицированный сигнал, пропорциональный измеряемой температуре, в контроллере YokogawaCX2000 сравнивается с заданием. Ошибка регулирования в контроллере обрабатывается по ПИД-закону. Унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с контроллера поступает на электропневмопозиционер Sipart PS2 (ТУ 4-3), где преобразуется в пневматический и подается на регулирующий клапан, установленный на линию подачи топливного газа в печь П-1.

2) Контроль давления на входе реактор Р-2

Давление на входе в реактор Р-2 измеряется преобразователем Метран-150-TG (РТ 9-1), выходной унифицированный сигнал преобразователя 4-20 мА, пропорциональный измеряемому давлению, передается на станцию сбора данных YokogawaCX2000 (PIR 9-2), где значение давления отображается на экране дисплея и записывается (регистрируется) в базу данных.

4) Регулирование расхода сырья

Расход сырья измеряется вихревым расходомером Метран- 350-SFA (FT 1-1), выходной унифицированный сигнал расходомера 4-20 мА, пропорциональный измеряемому расходу, передается на станцию управления и сбора данных YokogawaCX2000 (FIRC 1-2), где значение расхода отображается на экране дисплея и записывается (регистрируется) в базу данных. Одновременно унифицированный сигнал, пропорциональный измеряемому расходу, в контроллере YokogawaCX2000 сравнивается с заданием. Ошибка регулирования в контроллере обрабатывается по ПИД-закону. Унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с контроллера поступает на электропневмопозиционер Sipart PS2 (FY 1-3), где преобразуется в пневматический и подается на регулирующий клапан, установленный на линии подачи сырья.

5) Регулирование уровня в емкости Е-1

Уровень в емкости Е-1 измеряется радарным уровнемером Метран серии 5600 (LT 2-1), выходной унифицированный сигнал уровнемера 4-20 мА, пропорциональный измеряемому уровню, передается на станцию управления и сбора данных YokogawaCX2000 (LIRCA 2-2), где значение уровня отображается на экране дисплея и записывается (регистрируется) в базу данных. При достижении уровня верхнего и нижнего предельных значений срабатывает световая и звуковая сигнализация. Одновременно

унифицированный сигнал, пропорциональный измеряемому уровню, в контроллере Yokogawa CX2000 сравнивается с заданием. Ошибка регулирования в контроллере обрабатывается по ПИД-закону. Унифицированный токовый сигнал 4-20 мА с контроллера поступает на электропневмопозиционер Sipart PS2 (LY 2-3), где преобразуется в пневматический и подается на регулирующий клапан, установленный на линии подачи рециркулята из колонны К-2 в емкость Е-1.

Выводы и заключение.

Противоаварийная защита насоса ЦН-1 будет реализована путем введения реле температуры - датчик температуры подшипников. Данные приборы осуществляют остановку работы насоса, в случае если датчик температуры подшипников зафиксировал чрезмерный перегрев подшипников (температура поднялась выше 60-70 °С).

Насос ЦН-1 перекачивает сырьё из буферной ёмкости Е-1, имеющую температуру до 120°С. Он работоспособен в диапазоне температур от -50 °С до 250 °С. При повышении температуры подшипников до 70 - 80°С датчик меняет выходной сигнал, что приводит к срабатыванию сигнализации и остановке насоса.

Выбираем микропроцессорный датчик температуры ТСПУ Метран-276-Ех1а (TZT 3-1) унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Тип первичного преобразователя ТСПУ.

Тип первичного преобразователя ТСПУ. Диапазон преобразуемых температур -0 °С...200 °С. Приведенная погрешность не превышает 0,25%. Так как нам необходима индикация температуры подшипников, данный датчик следует подключить к станции сбора Yokogawa CX2000, которую выбрали ранее.

Список литературы

1. Каталог Метран. Тематический каталог: Датчик температуры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues>
2. Каталог Метран. Тематический каталог: Датчик давления [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues>
3. Каталог ЛГ Автоматика. Клапаны с пневмоприводом [Электронный ресурс]. – М. , 2018 – URL: <http://xn--80aajzhcnfck0a.xn--p1ai/PublicDocuments/1308068.pdf>
4. Каталог Метран. Тематический каталог: Уровнемеры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Catalogues>
5. Каталог оборудования Yokogawa 2015-2016 [Электронный ресурс]. – URL:
<http://www.tehnonn.ru/wp-content/uploads/2015/11/YOKOGAWA-Katalog-oborudovaniya-2015---2016.pdf>
6. Каталог оборудования Метран. Тематический каталог. Расходомеры [Электронный ресурс]. – Челябинск, 2016. – URL:
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents>
7. Каталог оборудования. Гранат. Октанометры [Электронный ресурс]. – URL: http://granate.ru/shatox_sx-100.html
8. Аязян, Г.К. Основы теории автоматического регулирования. Раздел курса СУХТП [Электронный ресурс] / Г.К. Аязян. – Уфа.: УГНТУ, 2021 г. – 65 с. – URL: <http://atpp.rusoil.net>
9. Кирюшин, О.В. Практикум по курсу «Управление техническими системами» [Электронный ресурс] / О.В. Кирюшин. – Уфа.: УГНТУ, 2019 г. – 28с. – URL:
<http://atpp.rusoil.net>
10. ГОСТ 21.208–2013. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2019 г. – 31 с.