

Обоснование выбора трубопроводного транспорта сахарных заводов для систем с автоматическим регулированием

Сергей Володин, Валерий Мирончук

Analysis of systems of transport valves of sugar-houses with elements of automatic control:

On the modern production of sugar from a beet, at classic technology of his production, such stages of processing of beet must be present as: serve, wash, clearing, diffusion, defecosaturation, boil-off, crystallization, drainage and packing. The receipt of maximal rendement depends on the presence of corresponding equipment and pipelines that connect this equipment. Most sugar-houses work on the continuous cycle of receipt of sugar, id est the serve of beet, processing, receipt of juice, cleaning, evaporation and crystallization, come true without stopping at the technological process of work of plant. An equipment that is used for the receipt of sugar has the technical parameters corresponding to the certain productivity. Except a technological equipment with the corresponding productivity, it is necessary to have corresponding pipeline connections between this equipment, that will allow to skip the processed products. The decision of this problem is closely related to the reasonable decision for arrangement of the pipeline and systems of transport valves, for example for: steam, aquatic, runback, exit-juice, syrup and molasses, and also by pipes for a lime and limewater.

Permanent exploitation of pipelines results in education on the midwalls of various sedimentations and scum. In addition, the sections of pipelines not always are correctly neat under the necessary productivity of plant. The search of decision in the mechanical change of sections of pipes does not give an opportunity exactly and operatively to influence on a technological process.

The analysis of choice and use of facilities of automation is conducted in the article, and also modern control system by technological processes, with применением of pipeline armature on the base of electro-pneumatic позиционеров of "Камоцу" with realization of feed-back by means of contactless proportional pick-ups of position with a current exit. The considered decisions allow not only clearly to support necessary office hours but also to change made decision at sharp rejections in-process control system.

Results are got on determination of optimal values of sections of pipelines on the different technological areas of sugar-houses, necessary for maintenance of technological regime parameters of products (juice, syrup, limewater etc.), expense of steam and water. Research results give an opportunity to use, positioning of actuators for control.

Key words: Process valves, positioning actuator, error, feedback

ВЪВЕДЕНИЕ

Отсутствие алгоритма правильного подбора трубопроводов по основным рациональным критериям на сахарных заводах, - является важным недостатком общей компоновки технологического процесса, который может нарушить общую технологическую продуктивность. Так, например, вместо двух трубопроводов диаметром 100мм ставится общий трубопровод диаметром 200мм, но может быть и наоборот, когда вместо одного трубопровода диаметром 200мм ставятся два диаметром 100мм. Полученная компоновка трубопровода приводит к резкому возрастанию шумов на заводе и нарушению распределения пара по заводу, уменьшению вакуума в вакуум-аппаратах и т.д.

Реальный технологический процесс сопровождается постоянным изменением расходов сырья, растворов, необходимости текущего изменения пропускной способности трубопроводов для обеспечения оптимальных условий протекания химических тепловых преобразований. Таким образом, возникает необходимость автоматического регулирования сечений трубопроводов путем использования заслонок, клапанов, кранов, имеющих в качестве привода пневматические и электропневматические системы слежения.

Выбор диаметров трубопроводов (с учетом их сечения) влияет на скорость и режимы движения технологической среды. Техническая производительность трубопроводов зависит от производительности завода [3-4]:

$$A = \frac{T \cdot \pi \cdot 100 \cdot D^2 \cdot u \cdot \rho}{4 \cdot k \cdot a}, \text{ (т/сут)} \quad (1)$$

где T - продолжительность суток, (с); u - скорость движения продуктов в трубопроводе, м/с; ρ - плотность перемещаемого продукта, т/м³; a - количество перемещаемого продукта, % к массе свеклы; k - коэффициент неравномерности поступления среды; (например, для трубопроводов подвода пара к выпарной станции $k = 1,5..1,6$; остальных корпусов выпарной установки $k = 1,25$; для сока, сиропа, известкового молока, воды $k = 1,0 ..1,5$. [4])

Искомая величина D (диаметр трубопровода) определяется по заданной необходимой мощности завода:

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot k \cdot a}{T \cdot \pi \cdot 100 \cdot u \cdot \rho}}, \quad (2)$$

Учитывая анализ работы трубопроводов на сахарных предприятиях Украины , проведен расчет по определению необходимых сечений труб для подачи сока и пара на отдельных участках. Например для выпарного отделения диаметры труб составили для движения сока – 0,159 м, для сиропа – 0,100 м. Таким образом, учитывая условия технологического процесса можно подобрать оптимальные сечения трубопроводов.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Влияние отсечных клапанов, кранов, заслонок на условия работы трубопроводного транспорта в целом, с учетом подобранных выше конструктивных параметров, неразделимо с решением вопросов, связанных с управлением запорной арматурой (выбор силовой (пневматической) части привода, системы управления и т. д. Эксплуатационные свойства исполнительных устройств (регулирующих клапанов) в значительной мере определяют основные характеристики: гидравлические, силовые и конструктивные для привода в целом. Учитывая характеристики исполнительных устройств, такие как: пропускная способность K_v (определяется объемным расходом среды в (м³/ч)), плотность замыкания (постепенно изменяемая регулирующим органом при перепаде давления на приводе в 0,1МПа – можно рассчитывать текущее значение пропускной способности при заданной величине хода рабочего звена (штока пневмоцилиндра) в процентах.

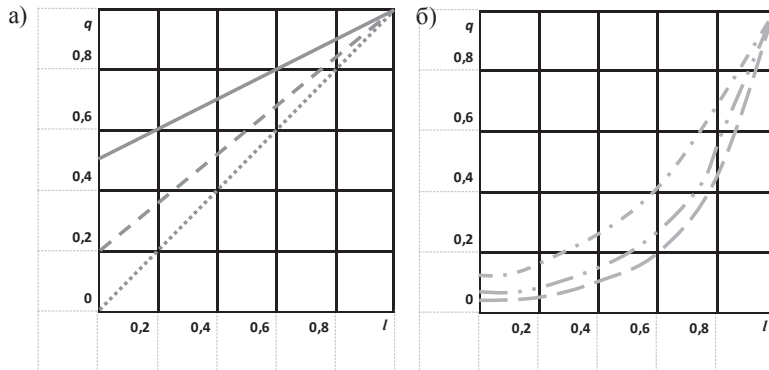


Рис. 1 - Пропускные характеристики $q = f(l)$ регулирующих клапанов: а) линейные; б) равнопроцентные

По диапазону изменения пропускной способности запорно-регулирующей арматуры, можно описать пропускную характеристику $K_v = f(S)$, определять зависимость пропускной способности от перемещения затвора S , связанного с рабочим звеном привода (штоком пневмоцилиндра). При линейной пропускной

характеристике обеспечивается пропорциональная зависимость между пропускной способностью клапана и ходом штока. При равно процентной пропускной характеристике обеспечивается приращение пропускной способности клапана пропорционально текущему значению пропускной способности по ходу, т. е. чем больше ход, тем больше увеличивается K_v на единицу хода. Линейная и равно процентная пропускные характеристики - эти зависимости действительны при постоянном перепаде давлений на клапане, т. е. в условиях, когда перепад давлений на клапане не зависит от расхода среды, а в регулируемой системе все остальные гидравлические сопротивления по сравнению с гидравлическим сопротивлением клапана пренебрежимо малы. В таких условиях расходная характеристика клапана совпадает с его пропускной характеристикой [5-7]. Зависимость пропускной способности трубопровода от хода рабочего звена (плунжера) в отсечном клапане, при постоянном перепаде давлений на участке, определяет собой пропускную характеристику регулирующего клапана. Она зависит от профиля плунжера. Наиболее часто применяются линейная и равнопроцентная пропускные характеристики. При линейной пропускной характеристике обеспечивается пропорциональная зависимость между пропускной способностью клапана и ходом плунжера.

При равнопроцентной пропускной характеристике обеспечивается приращение пропускной способности клапана пропорционально текущему значению пропускной способности по ходу клапана, т. е. чем больше ход клапана, тем больше увеличивается K_v на единицу хода. Для удобства анализа, оценки и расчетов пропускные и расходные характеристики могут выражаться в относительных (безразмерных) величинах. При этом $q = K_v / K_{v_y}$ — относительный расход среды, изменяющийся от 0 до 1; $s = S / S_y$ — относительный ход плунжера, изменяющийся от 0 до 1. Условная пропускная способность K_{v_y} представляет собой номинальное значение величины пропускной способности при условном ходе затвора, выраженное в (м³/ч). Таким образом, $q = f(l)$ — пропускная характеристика клапана в относительных величинах, а $K_v = f(S)$ — в абсолютных. Использование пропускных характеристик в безразмерном виде удобно для общей оценки различных по размерам клапанов.

При малых значениях K_v , пропускная способность может не соответствовать пропускной характеристике. Отношение условного значения пропускной способности клапана к наименьшей в пределах пропускной характеристики представляет собой диапазон изменения пропускной характеристики, который в серийных двухседельных клапанах при линейной характеристике равен 7.5, а при равнопроцентной — 24. На рис.1 изображены линейная и равнопроцентная пропускные характеристики. Эти зависимости действительны при постоянном перепаде давлений на клапане, т. е. в условиях, когда перепад давлений на клапане не зависит от расхода среды, а в регулируемой системе все остальные гидравлические сопротивления по сравнению с гидравлическим сопротивлением клапана пренебрежимо малы. В таких условиях расходная характеристика клапана совпадает с его пропускной характеристикой.

В реальных условиях эксплуатации трубопроводных систем, перепад давлений на регулирующем клапане не остается постоянным, а изменяется в зависимости от гидравлических характеристик насосной установки, составляющих элементов трубопроводной системы, расхода среды потребителями, свойств перемещаемой среды, ее вязкости, гидравлического режима движения, способности вскипания в связи с понижением давления и некоторых других факторов.

Целью работы является поиск оптимальной системы управления шаровым краном на отдельном участке трубопроводного транспорта подачи сока (на базе привода BOXSL-R-03 КАМОЦЦИ – электропневмопозиционер ЭПП) при соблюдении условия максимально точного совпадения требуемого и действительного значений перемещения рабочего звена, вала поворотного привода (с учетом необходимого запаса по расходу продукта).

При значении меньшем, чем требуется, не будет обеспечен максимальный расход среды через систему, при большем значении регулирующий клапан будет работать в более узком интервале значений S , что ухудшает его эксплуатационные показатели: увеличивается погрешность регулирования, усиливается износ седла и плунжера в связи с работой на узких щелях и т. д. Поскольку ограниченная номенклатура выпускаемых регулирующих клапанов используется в разнообразных условиях эксплуатации, во многих случаях работа регулирующего клапана протекает в пределах части полного хода плунжера, определяемого рабочими значениями $K_{v_{max}}$ и $K_{v_{min}}$ при соответствующих им рабочих значениях хода плунжера S_{max} и S_{min} определяемых по расходной характеристике. Значения $K_{v_{max}}$ и $K_{v_{min}}$ определяют собой рабочий участок пропускной характеристики клапана, S_{min} — рабочий участок хода плунжера. Это можно выразить и в относительных величинах: рабочий участок пропускной характеристики; $l_{max} - l_{min}$ — рабочий участок $q_{max} - q_{min}$ хода плунжера.

ЭПП конструктивно представляет собой алюминиевый корпус в котором находится пневматические распределители, контроллер управления и угловой датчик положения (рис.3).

Работает ЭПП следующим образом. На контроллер поступает сигнал управления 4-20мА. Этот сигнал сравнивается с сигналом датчика положения. При отличии сигнала датчика от сигнала управления подаётся сигнал на соответствующий соленоид пневмораспределителя, подавая сжатый воздух на соответствующий выход до тех пор, пока сигналы не уравниются. Подключение внешних цепей питания и сигнала управления производится к клемной колодке, расположенной внутри корпуса ЭПП[1].

Алгоритм работы контроллера определялся программой зашитой в память микропроцессора контроллера.

Винтовые терминалы ЭПП были использованы: ХТ1 – для подключения внутренних цепей, (датчик, катушки пневмоклапанов); ХТ2 – для подключения внешних цепей, (питание, линии управления 4-20ма, линии обратной связи). Группа переключателей SW1 выполняла функцию установки режимов работы и необходимых функций и параметров, определяемых условиями работы трубопроводной магистрали. Также, при проведении эксперимента была использована светодиодная индикация: L1(красный) и L2(жёлтый) предназначены для индикации состояния дискретных выходов, ошибок работы в рабочем режиме и для вспомогательной индикации в остальных режимах работы контроллера. Контроллер управлял сигналами на дискретных выходах, в соответствии с управляющим сигналом и установленной программой.

Для подключения ЭПП, также была задействованна (по специальному алгоритму (1)) функция автокалибровки. Данная функция позволяет программно нормировать функцию преобразования датчика и сигнал обратной связи, выдаваемый контроллером. Особенно это важно в ситуации, когда рабочий диапазон датчика больше диапазона перемещения вала привода или механизма запорной арматуры, которой он управляет.

При этом контроллер вычисляет и запоминает коэффициенты для нормирования функции преобразования датчика и сигнала обратной связи, выдаваемого контроллером. Следящий привод переходит в рабочий режим, и теперь позиционирование осуществляется во всем диапазоне поворота вала, при

изменении сигнала управления от 4мА до 20мА. Соответственно и сигнал обратной связи меняется от 4мА до 20мА во всём диапазоне позиционирования.

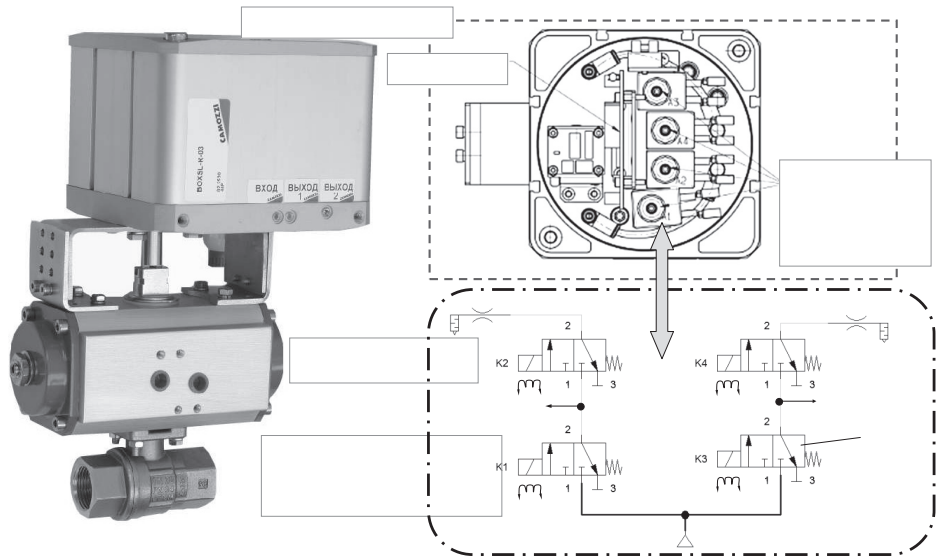


Рис.3 – Принципиальная схема электропневматического позиционера с внешним подключением элемента запорной арматуры (шарового крана DN 100 – 4”)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При тестировании работы ЭПП в системе с трубопроводной арматурой, погрешность позиционирования привода(рабочего вала поворотного цилиндра ARP) составила не более 1°.

В конечном итоге, выбор регулирующего клапана из числа серийно выпускаемых по его гидравлическим параметрам сводится к выбору вида пропускной характеристики (линейная или равнопроцентная) и его условного диаметра прохода D_u в мм. Условный диаметр прохода D_u регулирующего клапана определяется по требуемой величине K_{v_y} , которая находится из условия, где $K_{v_{max}}$ — наибольшее рабочее (требуемое расчетное) значение K_v при полном повороте крана (открытое сечение). В реальных условиях эксплуатации трубопроводных систем перепад давлений на регулирующем клапане не остается постоянным, а изменяется в зависимости от гидравлических характеристик насосной установки, составляющих элементов трубопроводной системы, расхода среды потребителями, свойств перемещаемой среды, ее вязкости, гидравлического режима движения, способности вскипания в связи с понижением давления и некоторых других факторов. Пропускная характеристика должна быть выбрана так, чтобы в эксплуатационных условиях создавалась требуемая расходная характеристика.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Технічні інформаційні ресурси. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ :CAMOZZI. - Режим доступу до каталогу.: <http://catalog.camozzi.ua> — Назва з екрану.

[2] Повышение уровня технологической эффективности трубопроводной арматуры позиционным электропневмоприводом // Ж-л «Автоматизация технологических та бизнес-процесів». – Одесса:ОНАХТ т.№7(1)/2015.- С.68-74

[3] А.И.Гошко Арматура трубопроводная целевого назначения/ Москва.- Машиностроение.- 2003.- 280с.

[4] Концепции повышения эффективности АСУ ТП при производстве сахара в Украине / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко, И.С. Беляева // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 74. - С. 54-63.

[5] Стратегия автоматизации производства сахара / Белоусов В.Ю., Литвинов А.Ф., Потапов О.А., Горчинский Ю.Н. // Сахар. -2002.-№1.- С. 28-3

Для контактов:

проф., д-р Валерий Мирончук, д.т.н., кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, тел.287-93-30, mironchuk@nuft.edu.ua
аспирант Сергей Володин, кафедра технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования, dir@camozzi.by

Доклад был рецензирован