СРАВНЕНИЕ PID-УПРАВЛЕНИЯ И MPC-УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ТРЕХФАЗНОГО СЕПАРАТОРА

Наумовская А.А.
Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры СУМ, Громаков Е.И.
Томский политехнический университет
aanaumovskaya@gmail.com

Введение

Благодаря быстрому развитию возможностей компьютерной техники все более перспективным становится внедрение сложных цифровых технологий управления подготовкой нефти. Опыт замены PID-управления MPC-управлением на нефтехимических и химических предприятиях показывает не только повышение качества регулирования процессов, но и возможность учета ограничений технико-экономических показателей производственного процесса.

Целью работы является сравнительный анализ возможностей PID и MPC-управлений сепарацией на установках подготовки нефти

Основная часть

В системах управления объектами нефтегазовой отрасли широкое применение нашли пропорционально- интегро- дифференцирующие (PID) регуляторы. PID-регулятор имеет достаточно простую и компактную структуру и в большинстве случаев позволяет достичь цели управления. Однако основным вопросом при использовании PID-регулятора является вопрос настройки его коэффициентов. В настоящее время настройка коэффициентов регулятора может осуществляться автоматически, но проблемой становится то, что большинство технологических процессов нефтегазовой промышленности имеют дрейфующие во времени параметры, из-за чего единожды настроенный PID-регулятор не сможет обеспечить достижения цели управления в процессе функционирования объекта управления (ОУ). В результате чего необходима постоянная подстройка параметров PID-регуляторов [1].

Для всех производственных процессов справедливо то, что наибольшую экономическую выгоду можно получить при оптимальных значениях параметров, которые зависят от соотношения стоимости продукта и затрачиваемых ресурсов, поэтому необходимо управлять процессом оптимально. Традиционные алгоритмы зачастую работают далеко не в самом оптимальном режиме и это приводит к потере эффективности технологического процесса.

Объекты нефтегазовой отрасли – это сложные объекты с множеством входов и множеством выходов. В нефтегазовых производствах имеют место достаточно сложные случаи управления технологическим процессом. Так, при контроле качества нефти в сепараторе регулируются, давление, подача, а величины, определяющие качество нефти, ее состав, измеряются периодически в лаборатории в ручном режиме и, таким образом, не регулируются непосредственно. Еще более сложным является управление добычей на малодебитных месторождениях и управление нефтехимическими производствами. В этих и подобных случаях требуется автоматизация с дополнительными свойствами [2].

Для решения таких задач были созданы методы регулирования на основе прогнозирующих моделей, которые применятся иногда и в комбинации с виртуальными анализаторами показателей процесса, реализованными в виде программных алгоритмов контроллеров. Они служат для того, чтобы некоторые зашумленные или неизмеримые величины могли быть вычислены косвенно на основе других измеряемых приборами величин. Известным способом построения таких регуляторов является управление с прогнозирующими моделями – modal predictive control (MPC) [2].

Сепарация в физическом смысле является сочетанием физических и массообменных процессов, протекающих между газовой и жидкой фазами. Газожидкостная смесь, поступающая из добывающих скважин, содержит нефть, воду и газ. Для того, чтобы отделить нефть от воды и газа используются трехфазные сепараторы [3].

Рассмотрим сепаратор в качестве емкости с идеальным перемешиванием жидкости для составления уравнения динамики процесса сепарации (Рис.1).

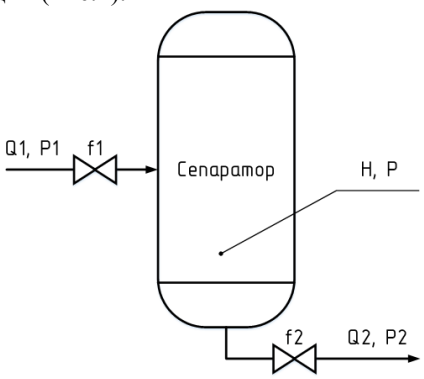

Рис. 1. Сепаратор

Здесь *Q1* и Q2 – объёмный расход на входе и выходе сепаратора соответственно, *P* – давление столба жидкости в сепараторе, P1 и P2 – давление жидкости на входе и выходе сепаратора соответственно, f1 и f2 – сечение входного и выходного клапанов соответственно.

Уравнение динамики в приращениях для вертикальной цилиндрической емкости с жидкостью (1) представлено ниже:

$$249{,}113\frac{d\Delta H}{dt} + \Delta H = 79.285\Delta Q_1. \quad (1)$$

Тогда передаточная функция сепаратора имеет вид (2):

$$W_{сеп}(s) = \frac{79{,}285}{249{,}113s+1}. \quad (2)$$

Для того, чтобы получить скорость выходного потока необходимо произвести дифференцирование (3):

$$W_{сеп}(s) = \frac{79{,}285s}{249{,}113s+1}. \quad (3)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя имеет вид (4):

$$W_{АД}(s) = \frac{3{,}11}{0{,}87s+1}. \quad (4)$$

Передаточная функция насоса имеет вид (5):

$$W_{насос}(s) = 0{,}4. \quad (5)$$

Для выполнения сравнительного анализа регуляторов выполним моделирование процесса сепарации нефти в программном пакете Matlab Simulink (PID-управление, рисунок 2), (MPC-управление, рисунок 3) [4].

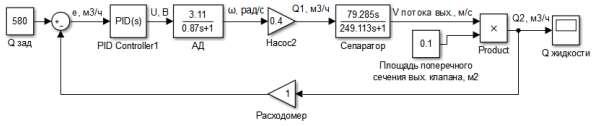

Рис. 2. Система с PID-управлением

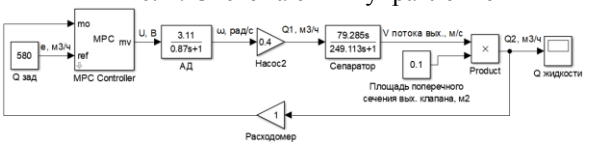

Рис. 3. Система с MPC-управлением

PID-регулятор был настроен при помощи метода CHR. В результате была получена следующая переходная характеристика (Рис. 4):

Рис. 4. PID-регулирование

Имеются колебания около установившегося значения, амплитуда колебаний увеличивается со временем, удалось достичь выходного расхода равного 572 м^3/ч, что меньше задания на 1,37%.

При MPC-регулировании удалось достичь переходного процесса, приведенного на рисунке 5.

Колебания при переходном процессе отсутствуют, в отличие от переходного процесса при PID-регулировании. При MPC-управлении удалось добиться выходного расхода равного 579,98 м^3/ч.

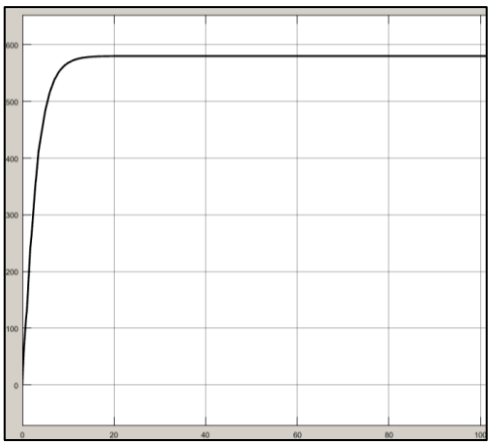

Рис. 5. MPC-регулирование

Прямые показатели качества переходных процессов при PID-регулировании и MPC-регулировании представлены в таблице 1.

Таблица 1. Прямые показатели качества переходного процесса

Тип упр-я	Перерегулирование, %	Время переходного процесса, с
PID	0	8,1359
MPC	0	7,9015

По установившимся значениям расхода и по значениям прямых показателей качества переходного процесса можно сделать вывод, что использование MPC-подхода позволило получить меньшее время регулирования и более близкое к заданному значение расхода на выходе сепаратора.

Заключение

Сравнительный анализ приведенных примеров реализации алгоритмов PID и MPC-управления показывает, что потенциал повышения качества автоматического управления процессом подготовки нефти оказывается в случае MPC-управления выше по сравнению с PID-управлением.

Список литературы

1. Comparision of MPC and PID Controls of Sirnak Water Supply Network System [Электронный ресурс] / International Journal of Scientific Research in Science and Technology. – URL: http://ijsrst.com/paper/32.pdf (дата обращения 18.11.17).

2. Bequette W., Process Control Modeling Design an Simulation, Prentice Hall, 2003. – 564 с.

3. Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, А.А. Гавриков. Технологические основы и моделирование процессов промысловой подготовки нефти и газа: учебное пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 128 с.

4. MPC toolbox. Matlab [Электронный ресурс] / Официальный сайт Matlab. – URL: https://matlab.ru/products/model-predictive-control-toolbox/model-predictive-toolbox.pdf (дата обращения 20.11.17).