

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ В БАКЕ

В.Е. Питолин, канд. техн. наук, доц.,

А.В. Исаков, магистрант

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

Управление сложными технологическими объектами требует создания эффективных методов управления. Иногда традиционные методы управления: релейный позиционный или метод с использованием отрицательной обратной связи не могут обеспечить необходимое качество управления [1,2]. В связи с этим алгоритмы оптимального управления становятся особенно востребованными. В настоящем докладе приводятся результаты разработки алгоритма управления, обладающего определенным интеллектом с использованием методов нейрорегулирования.

Системы автоматического управления, алгоритм, нейронные технологии. В качестве примера построения регулятора для управления технологическим процессом воспользуемся стендом НТЦ-16.46 «Автоматизация в водоснабжении и водоотведении» производства УП "НТП "Центр" г. Могилев.

Этот стенд позволяет выполнять релейное позиционное регулирование подачи воды в верхнюю емкость с регулированием по уровню или в нижний бак с регулированием по давлению.

Переоборудовав его под требования программного регулирования, а именно:

- в линию подачи воды в верхний бак установим клапан-регулятор, управляемый контроллером Atmega 32p;
- дополним схему электроснабжения насоса релейной схемой включения-выключения;
- электрический сигнал от потенциометрического датчика уровня введем в контроллер через систему внутреннего аналого-цифрового преобразователя;
- в схему управления включим задатчик уровня жидкости в верхнем баке (в качестве задатчика применим обычный делитель напряжения 5 вольт).

Отсутствие расходомера на линии подачи воды в бак и на линии стока существенно усложнит алгоритм управления. Нелинейность гидравлического сопротивления регулирующего клапана также добавит трудностей.

Использование в качестве алгоритма управления обычного пропорционально-интегрально-дифференциального закона с использованием отрицательной обратной связи в системе с гистерезисом и изменяющимися коэффициентами приводит к неустойчивости, выражающейся в выходе регулятора в предельное состояние [2]. А использование штатной схемы релейного позиционного регулирования не позволяет достичь необходимой точности регулирования уровня.

Алгоритм регулирования уровня в баке состоит из двух основных частей.

Первая часть алгоритма содержит подготовительные операции для настройки (обучения) регулятора. Здесь определяются основные характеристики датчика уровня и параметры истечения воды из верхнего бака в нижний.

Вторая часть алгоритма содержит основные операции управления клапаном регулятора, позволяющим поддерживать уровень в баке на постоянном уровне с точностью до величины гистерезиса самого датчика. Здесь же имеются блоки управления, обеспечивающие изменение уровня по задатчику и компенсацию изменения расхода на стоке.

Основной принцип регулирования заключается в обеспечении равенства расходов на стоке и на притоке, а также компенсацию «ухода» уровня из-за погрешностей датчика и нелинейной характеристики самого регулятора.

Схема алгоритма регулятора представлена на рисунке 1.

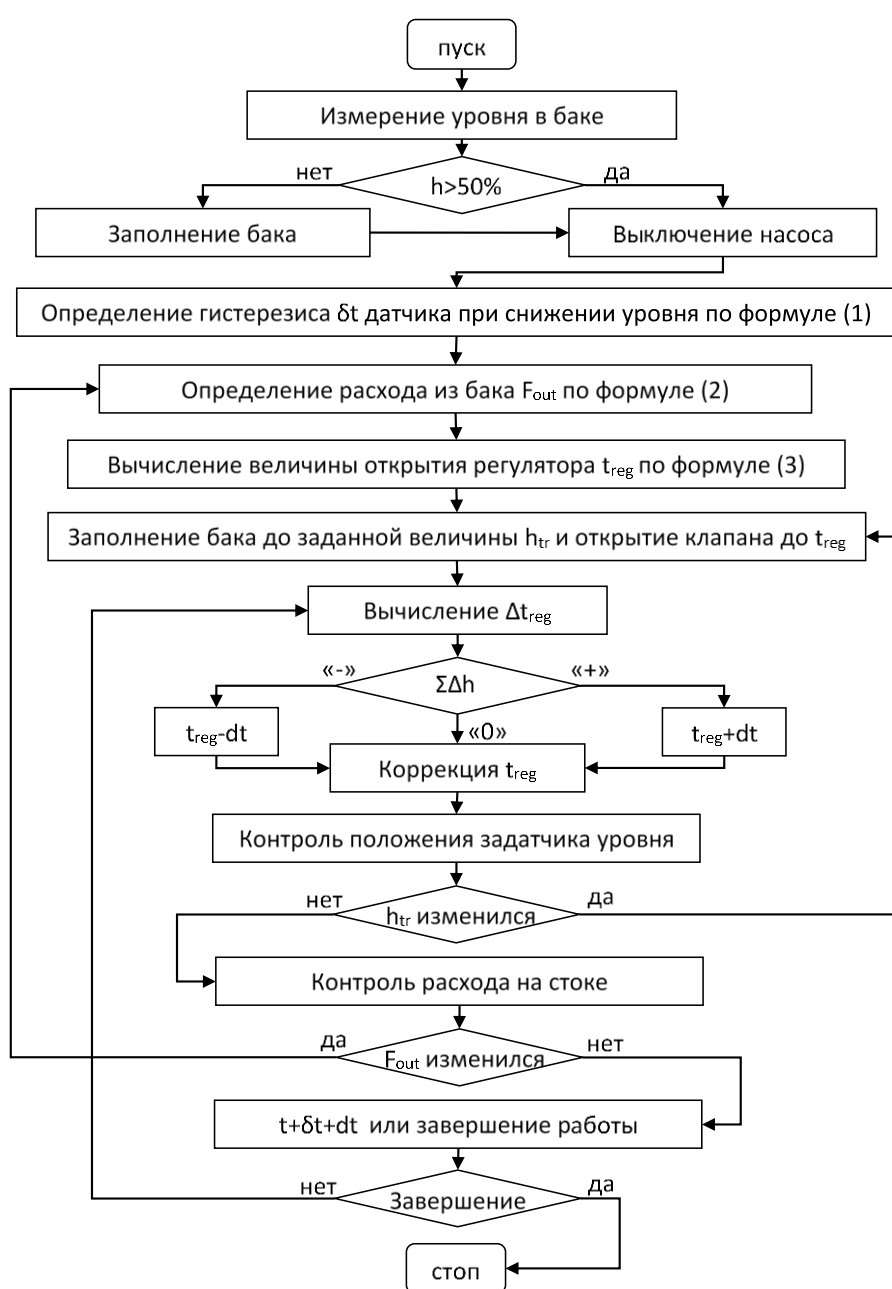


Рисунок 1. – Схема алгоритма управления уровнем в баке

Определение усредненной величины гистерезиса датчика δt для текущего расхода из бака получается достаточно просто: после момента остановки насоса t'_1 определяется время начала изменения уровня по уровнемеру t'_2 (появляется чувствительность датчика уровня). И наоборот – после момента включения насоса t''_1 определяется время начала измерения уровня t''_2 . Эти две величины могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от величины расхода из бака, но после усреднения остаются одинаковыми практически во всех диапазонах расхода:

$$\delta t = \frac{(t'_2 - t'_1) + (t''_2 - t''_1)}{2}. \quad (1)$$

Скорость истечения (расхода) из бака можно определить, если сравнить два значения уровня при остановленном насосе за время Δt за пределами гистерезиса:

$$F_{out} = \frac{\Delta h}{\Delta t}. \quad (2)$$

Величину открытия регулирующего клапана на подаче воды в бак (по величине времени открытия t_{reg}) необходимо выполнить так, чтобы расход воды на притоке соответствовал расходу на стоке при заданной величине уровня в баке. Расход на стоке естественно зависит от уровня воды в нем. Зависимость квадратичная, но слабо выраженная, поэтому с небольшой погрешностью ее можно считать линейной. А зависимость гидравлического сопротивления регулирующего клапана в функции времени открытия является существенно нелинейной:

$$t_{reg}(F_{reg} = F_{out}) = 15.6 \ln\left(1 - \frac{F_{out}}{0.38}\right). \quad (3)$$

При работе регулятора эта величина постоянно корректируется с использованием небольшой однослойной нейронной сети [3, 4], выполняющей функции определения величины коррекции параметра t_{reg} . На вход нейронов поступают значения разностей измеренных величин $\Delta h_n = h(t_{n-1}) - h(t_n)$ в порядке возрастания n . Обычно достаточно 4–5 последних значений. Вес нейронов одинаков (или отличается незначительно) определяется текущим значением t_{reg} . Суммирующий блок складывает алгебраически взвешенные значения и передает их на вход активационной функции, вычисляющей величину коррекции t_{reg} с выработкой соответствующего корректирующего воздействия на положение штока регулирующего клапана. При достижении приемлемого результата $h \approx h_{tr}$ коэффициенты τ и k в формуле (3) также корректируются.

Более подробное описание используемой нейронной сети выходит за рамки настоящего доклада, поэтому здесь не приводится.

Выход значения Δh_n за установленные пределы является признаком изменения расхода на стоке – его увеличения или уменьшения. В таком случае процедура определения расхода на стоке с использованием формулы (2) повторяется.

Реализация представленного алгоритма управления позволяет добиться стабильного уровня в баке, а изменение задания по уровню или расхода на стоке не приводит к неустойчивости регулирования, как это происходило в случае использования алгоритма ПИД-регулятора.

Выводы.

Разработан алгоритм управления объектом, характеризующимся сложными, нелинейными и нестационарными параметрами. Алгоритм управления реализован с минимальным количеством датчиков и управляющих параметров.

В состав алгоритма введен этап подготовки системы управления с определением параметров управления.

Для обеспечения необходимой стабильности параметров и устойчивости системы управления в состав алгоритма управления введены элементы нейронной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов, В.Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами / В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 232 с.
2. Хижняков Ю.Н., Южаков А.А. Автоматизация автономных многоагрегатных электростанций на основе релейно-импульсного и нечеткого регулирования с применением нейронной технологии // Электротехника. – 2011. – № 11. – С. 40–45.
3. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И.Ю. Нейросетевые системы управления: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк. 2002. – 183 с.: ил.
4. Минский М., Пейперт С. Персептроны. – М.: Мир, 1971. – 261 с.