

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ САУ ТЕХНИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Шамина В. А., студентка**

*(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)*

Загрязнение воды в настоящее время – это проблема номер один во всем мире, так как вода одна из самых главных составляющих всего человечества. Основной причиной разработки и исследования системы автоматического управления очистными сооружениями является значительное потребление электроэнергии, для уменьшения расхода электроэнергии требуется разработать более совершенный алгоритм управления электродвигателем в технологическом процессе очистки сточных вод.

Необходимо исследование процессов протекающих в контуре подачи воздуха, а именно в компрессорной установке. Компрессорная установка состоит из асинхронного электродвигателя (М), частотного преобразователя (ЧП), центробежного компрессора (К). Принцип управления компрессорами является грубым и из-за этого осуществляется с большим запасом подаваемого сжатого воздуха. Это не является эффективным способом использования компрессоров и ведет к неоправданному перерасходу электроэнергии. Для устранения данного недостатка САУ, требуется провести синтез компрессорной установки и, с помощью моделирования системы добиться – подачи требуемого количества воздуха, при этом, не расходуя лишнюю энергию. Функциональная схема компрессорной установки представлена на рис. 1.

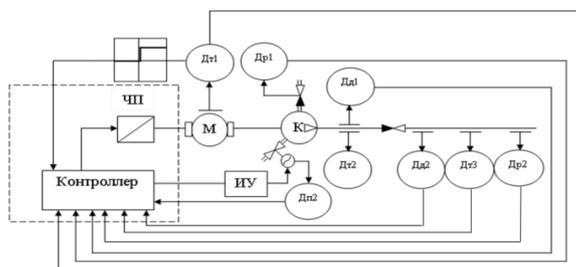


Рисунок 1 - Функциональная схема компрессорной установки

Компрессоры приводятся в действие асинхронными электродвигателями. Для регулирования скорости асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором применяют преобразователи частоты. Основное назначение преобразователя частоты — это получение переменного по частоте и амплитуде напряжения для управления трехфазным асинхронным двигателем. На преобразователь частоты нужно подавать управляющий сигнал, который будет задавать режим работы электродвигателя и компрессора.

От компрессора есть три отвода труб, на них стоят два обратных клапана и приводная задвижка, 1 - приводная задвижка ставится для того, что бы избавиться от избытка сжатого воздуха, который сбрасывается при открытии этой задвижки, а также является антипомпажной защитой компрессора, а именно от нестационарного автоколебательного режима работы компрессора с частотой колебаний давления и

расхода воздуха. Положение задвижки определяется датчиком положения, а регулируется исполнительным устройством – электроприводом; 2 – ставится на всасывание компрессором воздуха из вне для открытия всасывания атмосферного воздуха или прекращения. 3 - обратный клапан, который служит для предотвращения обратного потока сжатого воздуха из системы при остановке или разгрузке компрессора. Устанавливаем измерительные приборы (соответственно: Дд2, Дт3 и Др3), для контроля параметров воздуха, а также выше описанных, не штатных ситуаций, например – помпаж. Также разработана защита АД от перегрева, которая представлена тепловым реле. После обратного клапана 3 устанавливается три датчика, для определения параметров сжатого воздуха: Др2 – датчик расхода воздуха, Дд2 – датчик давления воздуха, Дт3 – датчик температуры воздуха, на основании этих данных определяется нужное количество «продукта» для процесса биохимической очистки воды. Принцип управления компрессорами осуществляется контроллером и позволяет давать меньшую нагрузку на компрессор, а, следовательно, и меньше использовать электроэнергии при подаче сжатого воздуха. Это является более эффективным способом использования компрессора.

Рассмотрим математическую модель компрессорной установки по второму контуру – воздуха. Следовательно, стабилизировать на основании уставки будем – расход воздуха, на данном этапе модель представлена без учета задвижек и второго контура по давлению, а также перегрева АД, так как это реализуется аппаратно с помощью теплового реле, таким образом, исследован изотермический процесс.

Передаточная функция асинхронного двигателя в упрощенном варианте, при  $\left(\frac{\gamma}{\nu}\right)^2 = 1$ :

$$\frac{\Delta \bar{M}(p)}{\Delta \bar{\omega}_1(p) - \Delta \bar{\omega}(p)} = \frac{1}{T_{эл} p + 1} = \frac{750}{1,033 p + 1} \quad (1)$$

Вторая часть передаточной функции АД:

$$\frac{\Delta \bar{M}(p)}{\Delta \bar{M}(p) - \Delta \bar{M}_c(p)} = \frac{1}{T_m p} = \frac{1}{0,0145 p} \quad (2)$$

Где  $T_m, T_{эл}$  - механическая и электромагнитная постоянная времени двигателя, соответственно.

Компрессорная машина представляет собой центробежный агрегат для производства сжатого воздуха и действует аналогично центробежному насосу. Работа центробежных сил на пути от входа в меж лопастные каналы до выхода из них приводит к увеличению энергии потока. Простейшая теория компрессорных машин, обладающая приемлемой точностью, основывается на термодинамике идеального газа. В данном случае используется закон Бойля-Мариотта, то есть объем газа пропорционален давлению при постоянной температуре, запишем используемый закон, выражающий изотермический процесс:

$$PV = const, T = const \quad (3)$$

При изотермическом сжатии затрачивается наименьшее количество энергии в компрессорном процессе. Имеем:

$$PV = P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (4)$$

Для реализации центробежного компрессора в одиночных трубопроводах

используется апериодическое звено второго порядка, однако в большинстве случаев принимается во внимание еще и запаздывание, но так как труба не имеет большой длины и разветвлений в данной системе запаздывание нет смысла ставить запаздывание. Таким образом, передаточная функция компрессора выглядит следующим образом:

$$W_{com} = \frac{k_c}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}, \quad (5)$$

где  $T_1, T_2$  - постоянные времени, которые выбираются в зависимости от конкретного технологического оборудования. В данном случае расчет постоянных времени приводится для компрессора 750-23-4. Постоянные времени ПФ компрессорной машины:  $T_1=5$ ,  $T_2=7$ ,  $k_c=3$ .

В системе рассчитывается давление, которое не должно превышать  $P=1$  атм, или  $P=98066,5$  Па. Однако уставка давления задается в пределах от 0 до 0,6 атм (или 0 до 60795 Па), из-за разной возможности выдерживания давления в трубах. Давление рассчитывается на основе формулы (4), а именно:

$$p = p_1 v_1 / v, \quad (6)$$

где:

$p_1$  - это уставка давления, причем  $p_1 \leq 98066,5$  Па;  $v_1$  - это уставка требуемого объема воздуха на выходе системы;  $v$  - это количество воздуха на выходе системы. Частотный преобразователь задаем константой, со значением равным единице исходя из соображений, что он, пропуская через себя напряжение питания, выдает 100%, соответственно, 1.

Воспользуемся пакетом Matlab и построим схему моделирования в Simulink, которая представлена на рис. 2.

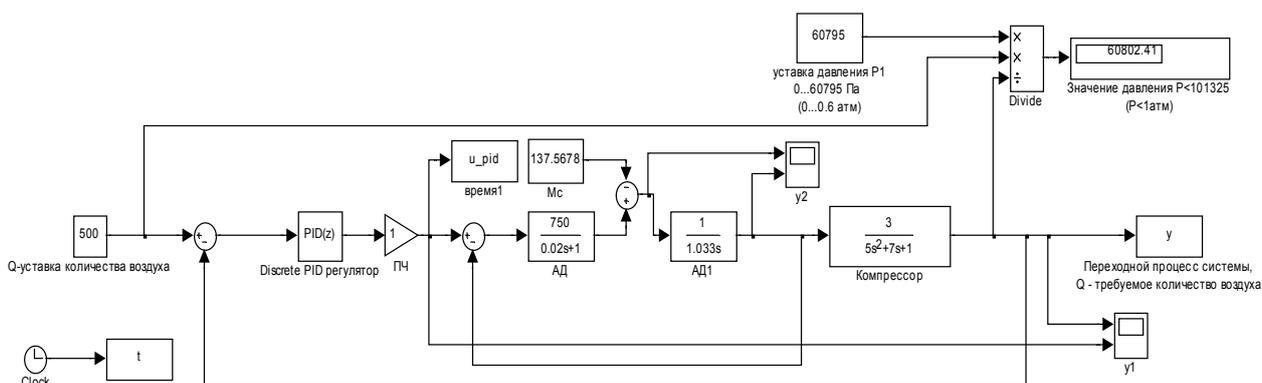


Рисунок 2 – Модель компрессорной установки

Настройка дискретного ПИД-регулятора, который подразумевает собой контроллер, производится, с помощью параметрической идентификации, то есть когда структура известна, а ищутся параметры регулятора – это можно сделать с помощью возможностей Matlab. ПИД-регулятор подстраивается, и находятся параметры, которые идеально подходят для стабилизации заданного процесса расхода воздуха.

Для азотенок требуется  $500 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $750 \text{ м}^3/\text{с}$ , представим результаты переходных процессов для заданных уставок.

Уставка отработана на 100% без перерегулирования, с  $T_m = 32 \text{ с}$ , рис.3.

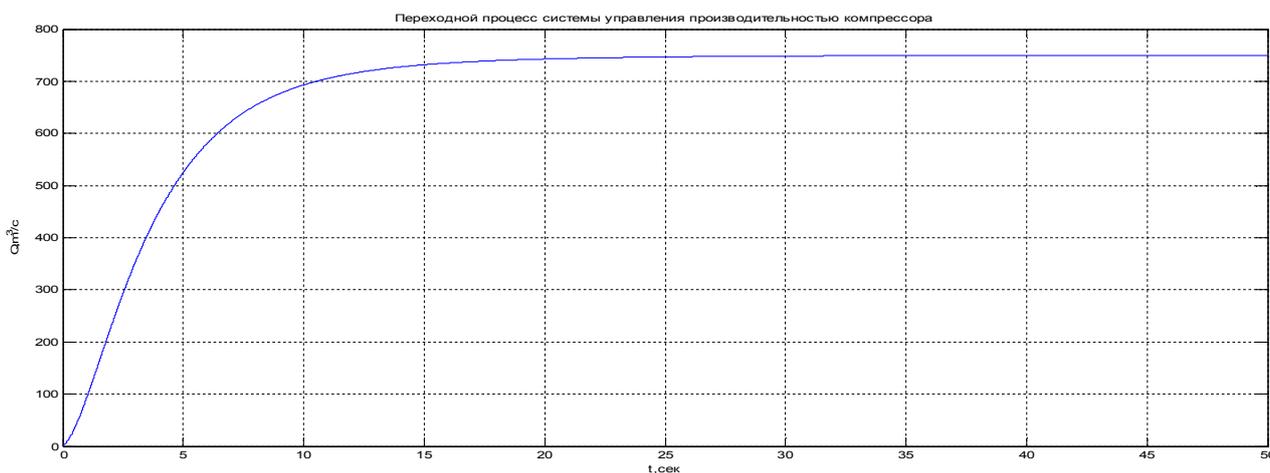


Рисунок 3 - Переходный процесс системы, для аэротенок ( $Q=750 \text{ м}^3 / \text{с}$ ).

Уставка отработана на 100% без перерегулирования, с  $T_m = 25 \text{ с}$ , рис.4.

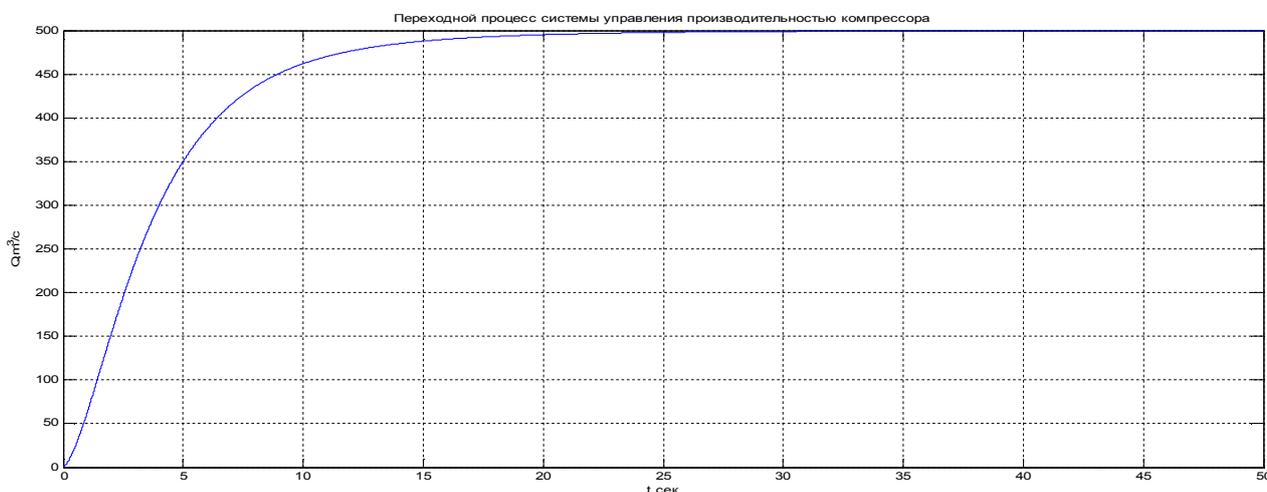


Рисунок 4 - Переходный процесс системы, для аэротенок ( $Q=500 \text{ м}^3 / \text{с}$ ).

В системе используется дискретный ПИД – регулятор, который обеспечил апериодический вид процесса на выходе, без перерегулирования и со временем переходного процесса около 30 секунд в обоих случаях, также был произведен расчет давления по зависимости давления от объема воздуха, которая приведена и описана в математических моделях асинхронного двигателя и компрессора. Система обрабатывает значения уставок по производству объема сжатого воздуха.

#### Перечень ссылок

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М., АКВАРОС, 2003.- 512с.
2. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебное пособие для вузов. – М: Энергоатомиздат, 1984. – 316с.
3. Штерн Л.Я. Регулирование и автоматизация воздуходувных и компрессорных станций: Учебное пособие для вузов. – М: Металлургиздат., 1963. – 378с.