

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024_66-71

УДК 681.5

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
НАСОСНОЙ СТАНЦИИ
MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PUMPING STATION
CONTROL PROCESS**

Лазарев А.С., магистрант

Лапшина М.Л., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina_lapshina@mail.ru

Lazarev A.S., undergraduate student

Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

Аннотация: Работа обосновывает возможность автоматизированного подхода к системам управления насосной станцией, предполагается адаптация построения сопутствующей алгоритмизации и программного обеспечения, разработанных с учетом конфигурации устройств и сетей.

Abstract: The work substantiates the possibility of an automated approach to pumping station control systems, it is assumed that the construction of accompanying automation and software developed taking into account the configuration of devices and networks will be adapted.

Ключевые слова: оборудование, комплекс, агрегат, конфигурация, сеть, станция

Keywords: equipment, complex, unit, configuration, network, station

В условиях интенсивного развития техники и технологических процессов одну из существенных ролей играет автоматизация. В условиях интенсивного развития техники и технологических процессов одну из существенных ролей играет автоматизация. Автоматизированные подходы позволяют осуществить

переход от производственных процессов с сопровождением человека к технологическим и производственным процессам полностью освобожденным от участия человека. Автоматизированная функциональная схема (АФС) представляет собой набор регламентных документов, положенных в основу сопроводительной базовой технической документации конструируемой АФС[1], в этом случае, объектом управления служит сочетание основного и вспомогательного оборудования с интегрированными в него составляющими структурами.

Вся совокупность средств автоматизации применяется для автоматизации технологических процессов, направленная на сокращение времени контроля и управления оборудованием, установкой оптимальных параметров, информировании о действиях обслуживающего персонала, блокировки несанкционированного доступа. К этому набору отнесем полевое оборудование, оборудование среднего и верхнего уровня.

У нас, роль объекта автоматизации, играет система управления насосной станции, базовым ее элементом является водопроводный узел, доставляющий воду городским структурам различного назначения. Подкачка воды ему производится центробежными насосами.

Требуемый напор воды, необходимый для магистрального трубопровода, обеспечивается подкачкой. Точность параметров обеспечивается соответствующим положением задвижек непосредственно на выходе трубопровода либо изменением частоты вращения ротора насоса. Управление расходом воды производится только при постоянном напоре струи [2]. Очевидно, что регулировка расхода воды достигается регулировкой скоростного режима вращения ротора электродвигателя.

Данные по объемам перекачанной воды по магистральным системам, фиксируются датчиками измерения давления. В нашей системе они играют роль отклика, полученная информация передается элементу сравнения, формируя при этом сигнал рассогласования.

По формуле (1) отыщем значение величины скорости вращения ротора:

$$n = \frac{60 \times f_1}{p} \times (1 - s), \quad (1)$$

здесь: f_1 – частота питающего напряжения,

p – количество полюсов,

s – скольжение.

С учетом соотношения (1), отыщем значение величины скорости ротора с использованием частотного подхода решения.

Истинность выбранного типа управления подтверждается результатами проведенного анализа передаточной функции относительно частоты питающего напряжения, для чего отыщем значения передаточных функций каждого звена.

Такую функцию для асинхронного двигателя определим с использованием отношения частоты вращения ротора к частоте питающего напряжения [2]. Рисунок 1 отображает схему управления частотой напряжения статора.

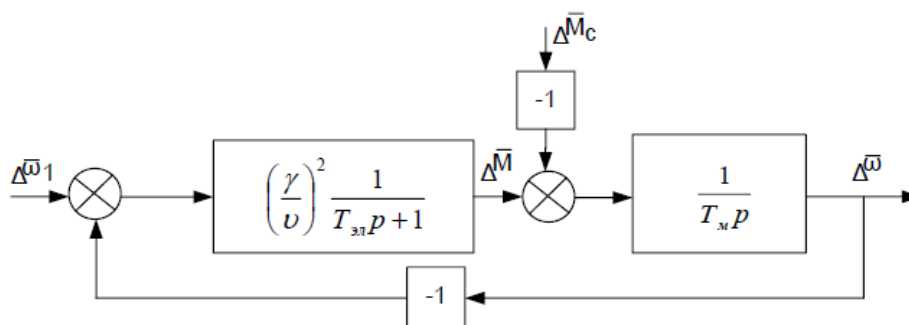


Рисунок 1– Схема представление электродвигателя, регламентирующего частоту питающего напряжения

На основе представленной схемы установим передаточную функцию по управляющему воздействию:

$$W_{ad}(p) = \frac{\gamma^2}{v} \times \frac{1}{(T_3 \times p + 1) \times T_M \times p + \frac{\gamma^2}{v}} = \frac{k_{ad}}{T_3 \times T_M \times p^2 + T_M + 1}, \quad (2)$$

T_M – механическая постоянная времени двигателя,

T_3 – электромагнитная постоянная времени двигателя,

γ – относительное напряжение статора (к номинальному),

v – относительная частота напряжения статора (к номинальной).

Передаточная функция имеет место для случая, когда потокосцепление статора равно величине постоянной, т.е. $U_1 / \omega_1 = const$. Отметим, что на настоящий момент в теоретических исследованиях роль преобразователей частоты играет механизм поддержки постоянного потокосцепления и функция (2) описывает процедуру автоматизации.

По формулам (3) и (4) отыщем параметры ПИ-регулятора системы:

$$k_p = \frac{0,9 \times T_0}{\tau \times k}, \quad (3)$$

$$T_i = 3\tau. \quad (4)$$

Здесь передаточная функцию ПИ-регулятора отыщется из следующего соотношения:

$$W_{ПИ}(p) = 0.011 \times \left(1 + \frac{1}{12,827 \times p + 1}\right).$$

На основе сформированных настроек система получит устойчивый характер. Хотя, в отдельных случаях они совпадают с характером начальных установок при запуске и отладки регулятора [3].

Полученная информация ложится в основу построения схемы управления насосным агрегатом (рисунок 2).

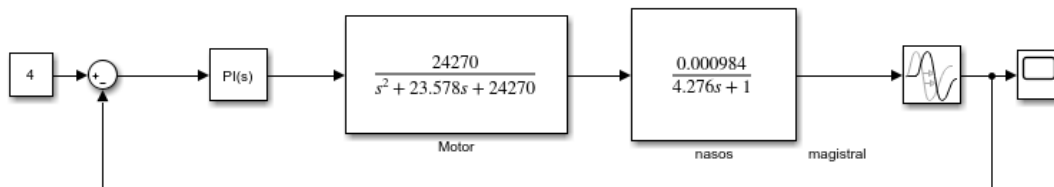


Рисунок 2 – Схематическое представление автоматизированного управления насосными агрегатами

Графическое представление переходного процесса отображает динамические показатели качества переходного процесса системы.

Воспользуемся известным методом Марчетти для уже записанной передаточной функции. Это весьма справедливый подход для вычисления числовых параметров ПИ – регулятора системы с передаточной функцией вида:

$$G_m(s) = \frac{K_m \times e^{-s\tau}}{1 + a_1s + a_2s^2 + a_3s^3}.$$

С учетом сформулированной переходной характеристики были получены качественные показатели процесса, позволяющие сделать вывод об оптимального выбранного подхода.

Определение значений регулятора методом авто-настройки (autotune) с использованием пакета прикладных программ MATLAB реализовано с использованием блока ПИД регулятора (PID Controller) [4]. Использование

полученных параметров ПИ-регулятора дало возможность получить переходную характеристику, представленную на рисунке 3.

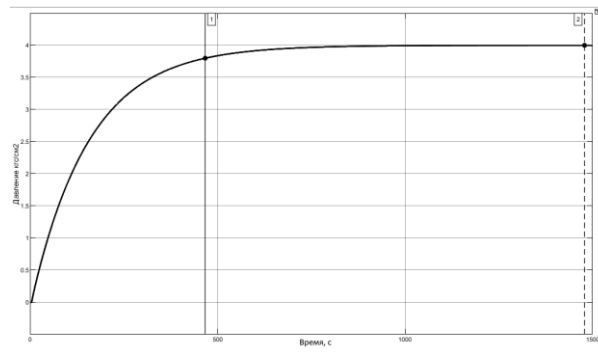


Рисунок 3 – Переходная характеристика системы с параметрами ПИ-регулятора, рассчитанных авто-настройкой

Представленные геометрические интерпретации переходного процесса позволило установить, что подтверждают качественные результаты нашего моделирования, т.к. процент перерегулировки равен 0, также полученные результаты говорят о целесообразности использования метода авто-настройки, а также наиболее короткий временной интервал переходного процесса найден, также, с метода авто-настройки.

Список литературы

1. Бунеев В.А. Система автоматического управления электронасосом водопроводного узла / В.А. Бунеев, Р.В. Федюн // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: электротехника и энергетика – 2008 № 8 (140) с. 187 – 190.
2. Гликман Б. Ф. Математические модели пневмогидравлических систем / Б. Ф. Гликман. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. - 1986. – 368 с
3. Сазонов Г. Г. Основы автоматического управления: учебное пособие / Г. Г. Сазонов – М.: ТНТ - 2018. – 235 с.
4. Сажин С. Г. Средства автоматического контроля технологических параметров: учебник / С. Г. Сажин. — Санкт-Петербург: Лань - 2022. – 337 с.

References

1. Buneev V.A. Automatic control system of an electric pump of a water supply unit / V.A. Buneev, R.V. Fedyun // Scientific works of the Donets National Technical University. Series: electrical engineering and Power engineering – 2008 No. 8 (140) pp. 187-190.
2. Glickman B. F. Mathematical models of pneumohydraulic systems/ B. F. Glickman. – M.: Nauka. Chief of the Editorial Board of Physics and Mathematics, - 1986. – 368 p.
3. Sazonov G. G. Fundamentals of automatic control: a textbook / G. G. Sazonov – M.: TNT, - 2018. – 235 p.
4. Sazhin S. G. Means of automatic control of technological parameters: textbook / S. G. Sazhin. — St. Petersburg: Lan, - 2022. – 337 p.