

АНАЛИЗ РЕГУЛЯТОРОВ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В ЛЕТНЕЕ И ЗИМНЕЕ ВРЕМЕНА ГОДА

Яшин Илья Сергеевич, магистрант Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: mr_sprite13@mail.ru

Цымбал Александр Андреевич, д.с-х.н., профессор кафедры теплотехники, Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

***Аннотация:** для моделирования процесса регулирования температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов с различными регуляторами в различные времена года, представлены уравнения элементов САР. Путем преобразования Лапласа, были получены передаточные функции канала приточного воздуха в складском помещении, датчика температуры, а также вентилятора. В ходе исследования, смоделированы структурные схемы модели САР с ПД-, ПИД- и ПИ-регуляторами. С помощью ПК МВТУ построены графики переходных процессов САР. Обработаны данные, полученные из графиков, рассчитаны значения установившейся температуры в помещении, времени регулирования, величины относительной ошибки. По результатам исследований, произведен анализ качества САР с использованием данных регуляторов и был определен наиболее пригодный регулятор по реализуемому закону регулирования для системы автоматического регулирования температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов в различные времена года.*

***Ключевые слова:** температура, регулятор, воздух, моделирование, система автоматического регулирования, складское помещение, хранение.*

Электрооборудование и электротехническое имущество должны храниться в сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха от +5 до +15 °С и относительной влажности 40-60 % вне зависимости от времени года. Помещения должны иметь естественную вентиляцию, и, кроме того, в летнее время года, а особенно, в очень сухую погоду, помещения необходимо тщательно проветривать.

Электротехническое имущество, исправное, очищенные от пыли и грязи, без следов ржавчины, с ненарушенной покраской и комплектацией,

укладывается при хранении на стеллажах или в шкафах по группам, в распакованном виде, с таким расчетом, чтобы было удобно осматривать имущество и без особых затруднений доставать отдельные предметы. А также, электротехническое имущество допускается хранить в заводской упаковке — на поддонах [1].

В качестве исходных требований для хранения, выбрана средняя температура +10 °С и следующие технические средства автоматики: датчик (Д) – терморезистор R_D ; задатчик (ЗД) – резистор R_0 ; элемент сравнения (ЭС) – мостовая измерительная схема: терморезистор R_δ ; резистор R_0 ; резисторы R_1 и R_2 , регулирующий орган (РО) – вентилятор

Таким образом, составим функциональную схему САР (Рисунок 1).

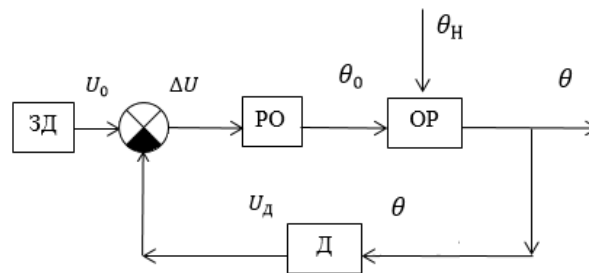


Рисунок 1 – Функциональная схема САР

Исходные данные составлены из расчета средних температур воздуха в Московской области в летнее и зимнее времена года. [2]

$$K_1 = \frac{t_n}{t_{окр1}} = \frac{10 \text{ }^\circ\text{C}}{-7,3 \text{ }^\circ\text{C}} = -1,3; K_2 = \frac{t_n}{t_{окр2}} = \frac{10 \text{ }^\circ\text{C}}{17,6 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,5; K_\delta = 0,4; K_e = 30.$$

$$T_1 = 180; T_\delta = 7; T_e = 4.$$

Где t_n – требуемая температура воздуха в складском помещении; $t_{окр1}$ – средняя температура воздуха в зимний период времени в Московской области; $t_{окр2}$ – средняя температура воздуха в летний период времени в Московской области.

Уравнение канала приточного воздуха в складском помещении:

$$T_1 \frac{d\theta}{dt} + \theta = K_1 \cdot \theta_0 + K_2 \cdot \theta_n$$

Изображение Лапласа этого уравнения по регулируемому воздействию:

Пусть $\theta_n = 0$, тогда $T_1 \frac{d\theta}{dt} + \theta_1 = K_1 \cdot \theta_0$

Передаточная функция системы по регулируемому воздействию:

$$W_P(s) = \frac{\theta_1(s)}{\theta_0(s)} = \frac{K_1}{T_1 s + 1} = \frac{-1,3}{180s + 1} \quad (3)$$

Изображение Лапласа этого уравнения по возмущающему воздействию:

Пусть $\theta_0 = 0$, тогда $T_1 \frac{d\theta}{dt} + \theta_2 = K_2 \cdot \theta_n$

Передаточная функция системы по возмущающему воздействию:

$$W_B(s) = \frac{\theta_2(s)}{\theta_n(s)} = \frac{K_2}{T_1 s + 1} = \frac{0,5}{180s + 1} \quad (3)$$

Уравнение датчика температуры в складском помещении:

$$T_\delta \frac{dK_\delta}{dt} + R_\delta = K_\delta \cdot \theta \quad (4)$$

Изображение Лапласа этого уравнения:

$$T_{\theta}s \cdot \theta(s) \cdot R_{\theta} + R_{\theta}(s) = K_{\theta} \cdot \theta(s) \quad (5)$$

Передаточная функция датчика температуры:

$$W_{\theta}(s) = \frac{R_{\theta}(s)}{\theta_{\theta}(s)} = \frac{K_{\theta}}{T_{\theta}s+1} = \frac{0,4}{7s+1} \quad (6)$$

Уравнение регулирующего органа в складском помещении:

$$T_{\theta} \frac{d\theta_o}{dt} + \theta_o = K_{\theta} \cdot \Delta U$$

Изображение Лапласа этого уравнения:

$$T_{BS} \cdot \theta_o(s) + \theta_o(s) = K_{\theta} \cdot \Delta U(s)$$

Передаточная функция для регулирующего органа:

$$W_{PO}(s) = \frac{\theta_o(s)}{\Delta U(s)} = \frac{K_{\theta}}{T_{\theta}s+1} = \frac{30}{4s+1}$$

На основе передаточных функций рассчитанных звеньев, составим структурные схемы САР с ПД-, ПИД- и ПИ-регуляторами в ПК МВТУ. После запуска программы на решение, как результат, происходит построение каждого из графиков переходных процессов, с тремя различными типами регуляторов (Рисунок 2).

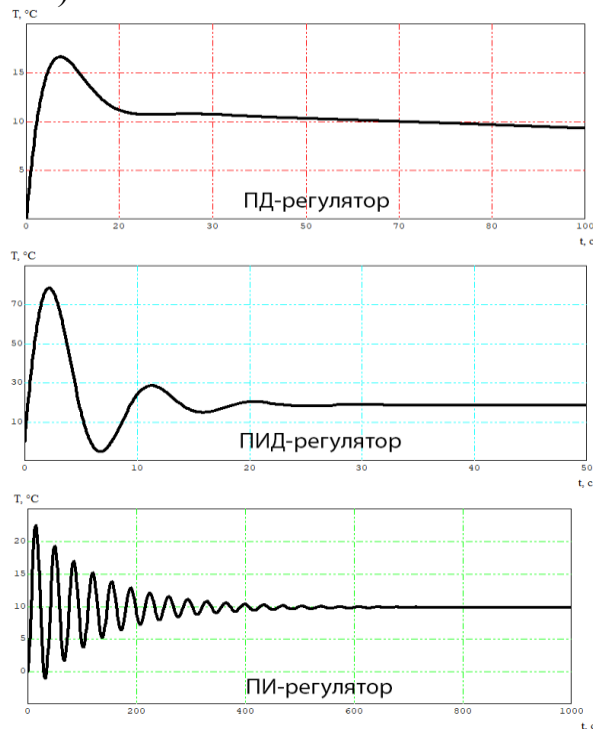


Рисунок 2 – Графики переходных процессов САР с ПД-, ПИ- и ПИД-регуляторами

После обработки данных, полученных из графиков, сравним показатели качества регулирования (Таблица).

Таблица – Показатели качества регулирования САР

	Величина статической ошибки \$\Delta u\$, \$^{\circ}\text{C}\$	Время регулирования \$t_{рег}\$, мин	Перерегулирование \$\delta\$, %	Число колебаний за время регулирования \$n\$
ПД	0,8	1,63	0,41	1

ПИД	9	0,58	0,87	3
ПИ	0,1	12,67	0,56	19

Ключевым показателем качества САР температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов в различные времена года является величина статической ошибки, демонстрирующая отклонение установившегося значения от заданного, и находящаяся в пределах ± 1 °С [3].

ПИД-регулятор имеет слишком большое значение статической ошибки, поэтому данный тип не подходит для нашей САР, но, в свою очередь, ПИ-регулятор имеет минимальное значение данной ошибки.

Продолжая сравнивать показатели качества САР, мы наблюдаем, что время регулирования при ПИД-регуляторе, составляет 0,58 мин, что в 2,81 раза меньше, чем при ПД-регуляторе. Величина перерегулирования при ПД-регуляторе в 2,12 раза меньше чем при ПИД-регуляторе, а число колебаний лишь демонстрирует визуальную составляющую графика.

Таким образом, САР с ПД-регулятором обеспечивает высокую точность регулирования и удовлетворяет нашим требованиям ($\Delta u \approx \pm 1^\circ\text{C}$). Система обладает большим быстродействием и незначительным числом колебаний, а также имеет повышенную величину перерегулирования 0,41 %, но лишь в течение 0,33 мин, далее, это величина находится в пределах 6-12 %.

В конечном итоге, наиболее пригодным регулятором для САР температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов в летнее и зимнее времена года является ПД-регулятор.

Библиографический список

1. Об утверждении инструкции по организации хранения вещевое имущества на базах и складах учреждений и органов федеральной службы исполнения наказаний [Текст]: постановление Правительства РФ от 12 мая 2005 г. № 354 // Собрание законодательства. – 2005. – Ст. 186-190.
2. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления. — СПб: Профессия. 2013. — 752 с.
3. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления 2-е изд., испр. и доп. — М.: КолосС. 2017. — 357 с.

Analysis of the air temperature ats regulators in warehouses for storing agricultural products in summer and winter

Yashin I.S., undergraduate

Tsymbol A.A., D.Sc. in Agricultural Sciences

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Abstract: *To simulate the process of regulating air temperature in warehouses for storing electrical materials with different regulators at different times of the year, the equations of the ATS elements are presented. By transforming the Laplace, the transfer functions of the supply air duct in the warehouse, the temperature sensor, and the fan were obtained. In the course of the research, the structural diagrams of the ACS model with PD-, PID- and PI-controllers were modeled. With the help of the PC MVTU, graphs of transient processes of the automatic control system were built. The data obtained from the graphs were processed, the values of the steady-state temperature in the room, the regulation time, and the relative error value were calculated. Based on the results of the research, the analysis of the ATS quality was carried out using these regulators and the most suitable regulator was determined according to the implemented regulation law for the automatic air temperature control system in warehouses for storing electrical materials at different times of the year.*

Keywords:*temperature, controller, air, simulation, automatic control system, warehouse, storage*