

УДК 681.511

Гируцкий И.И.¹, д.т.н., доцент, Несенчук А.А.², к.т.н., доцент,
Сеньков А.Г.³, к.т.н., доцент

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск,

²Объединенный институт проблем информатики
Национальной академии наук Беларуси, г. Минск,

³Республиканское научно-производственное унитарное предприятие
«Центр радиотехники Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ МАССЫ ХРАНИМОГО КАРТОФЕЛЯ

При хранении картофеля в картофелехранилищах необходимо поддерживать заданную температуру (рисунок 1).

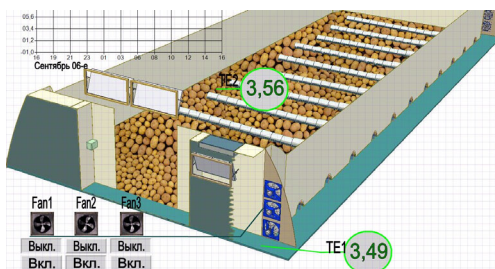


Рисунок 1 – Пример арочного картофелехранилища на 2000 тонн

Применение программируемых контроллеров для систем управления микроклиматом позволяет в сжатые сроки осуществлять реконструкцию картофелехранилищ и осуществлять эффективную реализацию алгоритмов хранения картофеля с использованием естественного холода [1]. С этой целью используются системы управления температурой массы хранимого картофеля. Структурная схема подобной системы изображена на рисунке 2.

От задающего устройства (температура $t=1,5^{\circ}$) через элемент сравнения сигнал поступает на вход устройства управления (ПИ-регулятор), с выхода которого напряжение 0..10 В затем поступает на вход частотно-регулируемого привода вентилятора (коэф-

фициент передачи k_e), с которого сигнал передается непосредственно на борт картофеля. Производительность вентилятора L меняется в диапазоне $0..200 \text{ м}^3/(\text{чт})$. Поток воздуха охлаждает борт картофеля, коэффициенты передаточной функции которого зависят от производительности вентилятора L . Одновременно осуществляется саморазогрев бурта картофеля. Передаточная функция массы хранимого продукта при самосогревании $W_M = k_M/s$, где $k_M = 0,0143 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{ч}$.

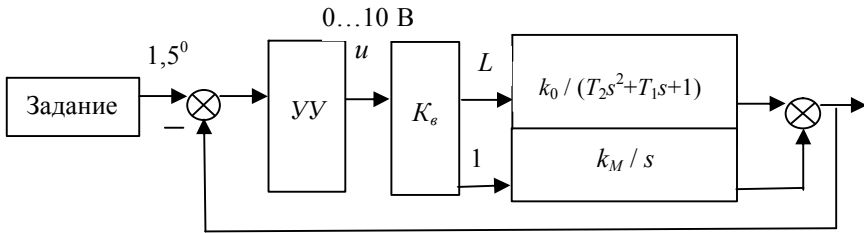


Рисунок 2 – Система управления температурой хранимого картофеля

Система имеет следующие параметры: $k_e = 20 \text{ м}^3/\text{чтВ}$; при значении $L = 100 \text{ м}^3/\text{чт}$ постоянные времени $T_1 = 8,7 \text{ ч}$, $T_2 = 4,9 \text{ ч}$; коэффициент усиления для объекта $k_0 = 0,009 \text{ тч } ^\circ\text{C}/\text{м}^3$.

Передаточная функция ПИ-регулятора равна

$$W_p(s) = k_p + 1/T_u s, \quad (1)$$

где k_p – коэффициент передачи регулятора и T_u – время интегрирования представляют собой параметры настройки регулятора.

Передаточная функция замкнутой системы имеет вид

$$W(s) = k_p k_e k_o / T_u T_2 s^2 + T_u T_1 s^2 + T_u s. \quad (2)$$

Выполним расчет параметров регулятора с использованием расширения [2] характеристического полинома (расширенного корневого годографа [2] характеристического полинома) системы

$$g_3^0(s) = s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3, \quad (3)$$

где a_j – действительные коэффициенты, $a_j \in [a_j, \bar{a}_j]$, $j \in \{1, 2, 3\}$. В данном примере $a_1 \in [0, +\infty]$, $a_2 \in [0, +\infty]$, $a_3 \in [a_3, \bar{a}_3]$.

Динамика системы моделируется корневыми траекториями расширения [2] семейства интервальных полиномов (3):

$$E_3 = \begin{cases} s + a_1 = 0, & (4.1) \end{cases}$$

$$E_3 = \begin{cases} s^2 + a_1 s + a_2 = 0, & (4.2) \end{cases} \quad (4)$$

$$E_3 = \begin{cases} s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3 = 0. & (4.3) \end{cases}$$

Допустимые интервалы изменения коэффициентов a_1 и a_2 доминирующего полинома семейства (4.3) могут быть определены соответственно с использованием полиномов (4.1) и (4.2) [2]. В данном случае коэффициенты a_1 и a_2 могут рассматриваться как изменяющиеся в пределах положительных значений.

Значения коэффициентов интервального характеристического полинома (3) для рассматриваемой системы (2) следующие:

$$a_0 = 0; a_1 = T_1/T_2 = 1,78; a_2 = 1/T_2 = 0,204; a_3 = k_p k_o k_u / T_u T_2 = 0,037 k_p / T_u.$$

Для определения допустимого интервала для a_3 записываются соответственно уравнение корневого годографа и параметра (4.3):

$$\omega^3 - a_2 \omega = 0 \quad (5)$$

$$a_1 \omega^2 = a_3 = f_p(\omega) \quad (6)$$

на границе устойчивости.

Очевидно, что функция параметра вдоль границы устойчивости возрастает, и единственная точка экстремума (минимума) функции располагается в начале координат. Из (5) получается нижний предел ω_{\min} интервала пересечений границы устойчивости годографами семейства (4): $\omega_{\min} = \pm \sqrt{a_2} = \pm 0,45$.

Тогда доминирующий полином $g_d(s)$ определяется в виде

$$s^3 + 1,78s^2 + 0,204s + a_3 = g_d(s). \quad (7)$$

С использованием функции (6) находится значение $a_{3\min}^+$, определяющее интервал устойчивости для (7), а, следовательно, и всего семейства (3). Согласно (6) $a_{3\min}^+ = 1,78 \cdot 0,45^2 = 0,36$.

Интервалы значений коэффициентов синтезированного устойчивого полинома $\hat{g}_3(s)$ следующие: $a_1 \in (0, +\infty)$, $a_2 \in (0, +\infty)$, $a_3 \in (0, 0,36)$. Выбор коэффициентов в заданных интервалах гарантирует устойчивость системы. Значения параметров k_p и T_u регулятора (1) определяются из соотношения $a_3 > 0,037 k_p / T_u$.

Список использованной литературы

1. Гируцкий, И.И. Особенности автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства / И.И. Гируцкий // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: Материалы 4-й международной научно-практической конференции. Минск, БНТУ. – 2016. – С. 53–55.

2. Несенчук, А.А. Корневой метод синтеза устойчивых полиномов путем настройки всех коэффициентов / А.А. Несенчук // Автоматика и телемеханика. – 2010. – № 8. – С. 13–24.

УДК 631.171

Якубовская Е.С., Поддубский А.В.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧЕЙ НАСОСА В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для водоснабжения сельскохозяйственных предприятий используют одно- и двухступенчатые схемы насосных установок [1]. Во втором случае вода из скважины либо открытого источника подается в накопительный резервуар. А затем центробежные насосы второго подъема создают регулируемое давление, под которым вода подается потребителям. На станции первого подъема воды должна быть обеспечена автоматизированная работа насосов для забора воды и ее хранение в резервуарах-накопителях. Нередко на один резервуар могут работать насосы, установленные в нескольких скважинах. При этом может быть установлена очередность работы насосов, т.е. они в этом случае работают в каскадном режиме. Из резервуара вода потребителями отбирается неравномерно. Поэтому в подающем трубопроводе необходимо поддерживать требуемое давление и по его значению обеспечивать требуемую подачу, используя регулируемый электропривод. В качестве регулятора рационально использовать контроллер. Для реализации программного регулятора следует подобрать коэффициенты настройки. Это позволяет осуществить моделирование работы системы автоматического регулирования (САР).

В состав контура регулирования помимо датчика давления, установленного в трубопроводе подачи воды потребителям, входит преобразователь частоты, выполняющий функцию регулирования, электродвигатель насоса (исполнительный механизм), сам насос (регулирующий орган) и объект регулирования – трубопровод. Пре-