

1 ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК 631.171

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЕЙ СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕФИРА

Автор: А.И. Бородин, студент

Научный руководитель: Е.С. Якубовская, ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»*,

г. Минск, Республика Беларусь

Тенденцией развития предприятий молокоперерабатывающей промышленности является снижение себестоимости продукции за счет повышения энергоэффективности и снижения затрат на энергоресурсы [1, с. 185]. Обеспечить требования энергосбережения и энергоэффективности возможно за счет комплексной автоматизации производства, что требует детального анализа эффективности систем автоматического управления отдельными технологическими линиями и их модернизации. Рассмотрим пути модернизации системы автоматического управления линией сквашивания молока при производстве кефира.

При производстве кефира используют термостатный или резервуарный способ [2]. Второй для промышленного производства является более предпочтительным, так как обеспечивает большую производительность. При производстве кефира резервуарным способом требуется обеспечить нормализацию молока, его гомогенизацию, пастеризацию при точном поддержании температуры пастеризации, а также сквашивание молока в танке при дозированном внесении закваски, периодическом вымешивании и поддержании точно заданной температуры в процессе сквашивания в танке [3, с. 193].

Полная автоматизация линии сквашивания молока должна предусматривать контроль уровня по технологическим емкостям, точное поддержание температуры пастеризации молока за счет

реализации плавного регулирования клапаном подачи пара, точное дозирование закваски, поддержание температуры в танке сквашивания, программное управление мешалкой. Способами энергосбережения при автоматизации линии сквашивания молока являются, во-первых, обеспечение согласованной работы оборудования, во-вторых, точное поддержание технологических параметров, исключая перерегулирование, и, соответственно перерасход энергии, а также реализация поддержания температуры пастеризации за счет плавного регулирования в контуре подачи теплоносителя.

Задача поддержания температуры пастеризации решается с помощью изменения подачи пара в теплообменнике. Рассмотрим, что собой представляет пастеризатор, как объект автоматического регулирования температуры пастеризации (рисунок 1).

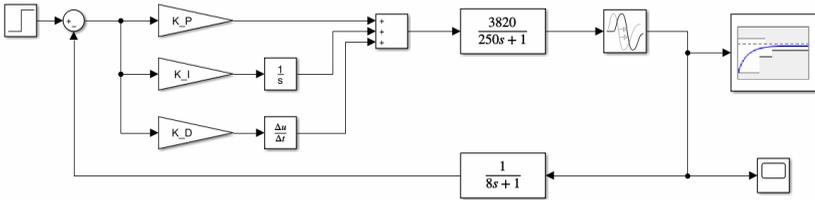


Рисунок 1 – Структурная алгоритмическая схема САР поддержания температуры пастеризации, адаптированная для анализа в MATLAB

Управляемым воздействием является температура пастеризации молока Θ_m . Расход пара Q_p является управляющим воздействием. Возмущающим воздействием является температура в помещении Θ_n . Как показывают теоретические исследования, передаточная функция подобных объектов может быть представлена аperiodическим звеном первого порядка и звеном чистого запаздывания [4, с. 133]:

$$W(S) = \frac{k_0}{T_0 S + 1} e^{-\tau_0 S}$$

- где k_0 – коэффициент передачи;
- T_0 – постоянная времени;
- S – оператор Лапласа;
- τ_0 – время запаздывания, с.

Средние значения параметров согласно [4, с. 133]: $k_0=3620$, $T_0=250$ с, $\tau_0=20$ с. По приближенной методике подберем закон регулирования с помощью диаграммы А.Я. Лернера [5, с. 122]. Рассчитав координаты диаграммы и учитывая, что время регулирования трег должно быть около 150 с получаем, что необходимо использовать ПИД-закон регулирования.

Все дальнейшие преобразования и оптимизацию системы автоматического регулирования проведем в пакете MATLAB. Следует иметь ввиду, что поскольку клапан является пропорциональным звеном, то его передаточная функция учтена в составе передаточной функции объекта. Также функция объекта представлена двумя звеньями – аperiodическим первого порядка и звеном запаздывания. Воспользуемся блоком Signal Constraint для оптимизации параметров системы. Оптимизацию проведем по переходной функции объекта согласно структурной схеме рисунка 1, подав на вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения согласно рекомендациям: перерегулирование не более 20 %, статическая ошибка должна отсутствовать, время регулирования не более 200 с [6, с.540]. Варьируемые переменные – K_p , K_i , K_d . В результате получен график переходного процесса оптимизированной САР (рисунок 2). Зацикливание происходит при параметрах: $K_p = 0,03$; $K_i = 7,8 \cdot 10^{-6}$; $K_d = 0,03$. Показатели качества регулирования, следующие: статическая ошибка отсутствует, время регулирования – 126 с, перерегулирование – 2 %.

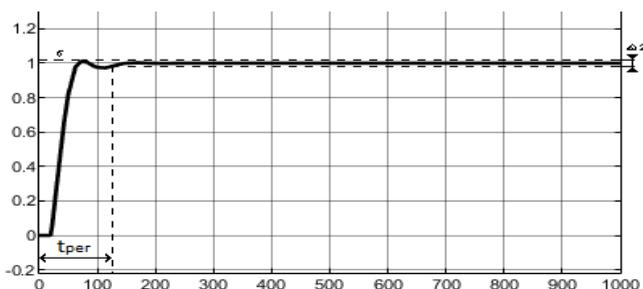


Рисунок 2 – Переходный процесс оптимизированной САР поддержания температуры пастеризации

Отслеживать важные технологические параметры можно с помощью панели оператора, подключенной к контроллеру. Также с панели оператора можно корректировать при необходимости заданные значения параметров. Кроме того, можно обеспечить ручное управление оборудованием в режиме наладки.

Таким образом, при модернизации системы автоматического управления линией сквашивания молока при производстве кефира контроллер, как устройство управления, должен обеспечивать согласованную работу оборудования, точное поддержание технологических параметров, исключающих перерегулирование, а также реализацию поддержания температуры пастеризации за счет плавного регулирования в контуре подачи теплоносителя. В этом случае можно обеспечить энергосбережение. Добиться точности поддержания температуры пастеризации позволит использование программного ПИД-регулятора, для которого должны быть заданы параметры настройки, которые подобраны в процессе моделирования работы системы автоматического регулирования.

Список использованных источников

1. Федоренко, В.Ф. Ресурсосбережение в АПК [Текст] / В.Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2012. – 384 с.
2. Производство кефира / Русская ферма. ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://russkayaferma.ru/stati/proizvodstvo_kefira/?sphrase_id=1759967. – Дата доступа: 3.04.2024.
3. Карпеня, М.М. Технология производства молока и молочных продуктов: учеб. пособие [Текст]/ М.М. Карпеня, В.И. Шляхтунов, В.Н.Подрез. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. – 410 с.
4. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: лабораторный практикум [Текст] / Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова, А.А. Солдатенко. – Минск: БГАТУ, 2011. – 196 с.
5. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие [Текст] / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск : Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. – 376 с.
6. Дьяконов, В. П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. Сер. «Библиотека профессионала» [Текст] / В.П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.