

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА
ДЛЯ СУШКИ ХЛОПКА-СЫРЦА**

**CONTROL SYSTEM AUTOMATION
AND DRYING DRUM OPERATION FOR DRYING COTTON-RAW**

*М.М. КРЫКБАЕВ, Р.Ж. ДЖАНУЗАКОВА, А.С. ТЛЕШОВА,
И.Б. ШЕДРЕЕВА, Б.М. АРГИНБАЕВ*

*M.M. KRYKBAEV, R.ZH. DZHANUZAKOVA, A.S. TLESHOVA,
I.B. SHEDREYEVA, B.M. ARGINBAEV*

(Таразский государственный университет имени М.Х.Дулати, Республика Казахстан)

(Taraz State University named after M.Kh. Dulaty, Republic of Kazakhstan)

E-mail: m.krykbayev@mail.ru

В марте 2019 года правительство Республики Казахстан одобрило Дорожную карту по развитию легкой промышленности на 2019-2021 годы, в которой предусмотрены меры по обеспечению сырьем предприятий, противодействию с нелегальным оборотом товаров, повышению доли казахстанского содержания, мерам экономического стимулирования, а также системным мерам поддержки. Сейчас в Казахстане отсутствует производство некоторых видов тканей, фурнитуры для производства одежды и обуви, что сказывается на себестоимости готовой продукции. Качественные и количественные показатели вырабатываемого хлопкового волокна во многом зависят от уровня развития техники и технологии первичной переработки хлопка-сырца, включающей процессы подготовки материала, такие как сушка и очистка. Поэтому для решения задачи по обеспечению предприятий страны сырьем и повышения качества продукции из хлопка-сырца важную роль приобретает решение проблемы совершенствования технологии сушки хлопка-сырца в сушильных барабанах.

Сушильный барабан – это промышленная сушильная машина, представляющая собой большую цилиндрическую вращающуюся трубу. В течение многих десятилетий сушильные барабаны использовались для сушки различных типов материалов в текстильной и легкой промышленности.

При исследовании процесса сушки хлопка-сырца выявлено, что при работе зерносушилки необходимо оперативно поддерживать основные параметры, такие как: температура сушильного агента и частота вращения барабана. Для контроля температуры сушильного агента предложена схема термореле с цифровым датчиком температуры, для привода сушильного барабана разработана схема управления асинхронным электродвигателем на базе микроконтроллера.

Регулирование частоты вращения электродвигателя привода барабана и автоматический контроль температуры сушильного агента с применением микроконтроллеров позволят сэкономить потребляемую энергию и повысить качество сушки хлопка-сырца.

In March 2019, the Government of the Republic of Kazakhstan approved the Roadmap for the development of light industry for 2019-2021, which envisages measures to provide raw materials for enterprises, counteract illegal trafficking of

goods, increase the share of Kazakhstani content, measures of economic incentives, as well as systemic support measures. Now in Kazakhstan there is no production of certain types of fabrics, accessories for the production of clothes and shoes, which affects the cost of finished products.

Qualitative and quantitative indicators of the produced cotton fiber in many respects depend on the level of development of engineering and technology for the primary processing of raw cotton, including material preparation processes such as drying and cleaning. Therefore, to solve the problem of providing the country's enterprises with raw materials and improving the quality of raw cotton products, an important role is played by solving the problem of improving the technology for drying raw cotton in drying drums.

A tumble dryer is an industrial tumble dryer, which is a large cylindrical rotating tube. For many decades, drying drums have been used to dry various types of materials in the textile and light industries. When researching the drying process of raw cotton, it was revealed that during the operation of the grain dryer it is necessary to promptly maintain basic parameters such as: temperature of the drying agent and rotational speed of the drum. To control the temperature of the drying agent, a thermal relay circuit with a digital temperature sensor is proposed, and a control circuit for an asynchronous electric motor based on a microcontroller is developed to drive the drying drum.

Regulation of the rotational speed of the drum drive electric motor and automatic control of the temperature of the drying agent using microcontrollers will save energy consumption and improve the quality of drying of raw cotton.

Ключевые слова: хлопок-сырец, сушильный барабан, сушильный агент, алгоритм, микроконтроллер.

Keywords: raw cotton, drying drum, drying agent, algorithm, microcontroller.

Сушильные барабаны применяют для сушки зернистых материалов, хлопка-сырца и других видов сырьевых материалов с исходной влажностью до 35% [2]. Сушильный барабан имеет форму цилиндра. Внутри цилиндра по окружности укреплены лопатки (насадки), которые при вращении барабана захватывают хлопок-сырец и поднимают его. При вращении барабана и повороте насадок хлопок-сырец падает с них и снова падает в завал. При падении хлопка-сырца с лопаток он вступает в контакт с нагретым сушильным агентом и сушится. В зависимости от влажности хлопка-сырца наклон барабана регулируется в пределах 0...3 град. Он опирается банджами на две пары опорных роликов. В средней части барабана находится зубчатый венец (шестерня), он входит в зацепление с приводной шестерней. Механическая энергия от электродвигателя передается барабану через механическое передаточное

устройство в виде механического редуктора. Приводная шестерня получает вращение от механического редуктора, вызывая вращение барабана через зубчатый венец. Технологическая схема сушильного барабанного агрегата представлена на рис. 1 (1 – корпус; 2 – опорная станция; 3 – опорный бандаж; 4 – электродвигатель; 5 – редуктор; 6 – приводная шестерня; 7 – зубчатый венец; 8 – подача горячего воздуха).

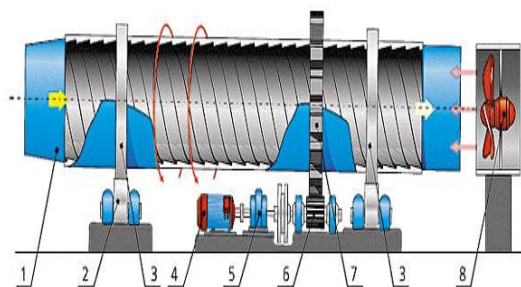


Рис. 1

Анализ работы барабанных зерносушилок показывает, что исследования, направленные на совершенствование процесса сушки, увеличение производительности и автоматизации функции контроля за основными параметрами и управления приводом сушильных барабанных агрегатов, проводились не в достаточной степени.

Современный рынок электронных комплектов предлагает широкий ассортимент высокоэффективных датчиков температуры. Они отличаются широким диапазоном измеряемой температуры, напряжением питания, габаритными размерами и интерфейсом для взаимодействия с пользовательской управляющей системой. В предлагаемой схеме термореле используем цифровой датчик температуры фирмы Vishay типа TCN75-5.0. Малые размеры, низкая стоимость и простота применения делают датчик TCN75-5.0 идеальным для монтажа в различные устройства автоматики. Термометр предназначен для работы в диапазоне температур от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$, имеет дискретность $0,5^{\circ}\text{C}$, точность измерения при напряжении питания 5,0 вольт 1 градус, что идеально подходит для указанных целей [2].

Термореле включает реле при понижении температуры сушильного агента ниже 40°C и выключает при температуре выше 55°C (срабатывает технологическое реле в цепи магнитного пускателя электрокалорифера). Принципиальная схема приведена на рис. 2. В качестве управляющего микроконтроллера использован широко распространенный тип PIC16F84A.

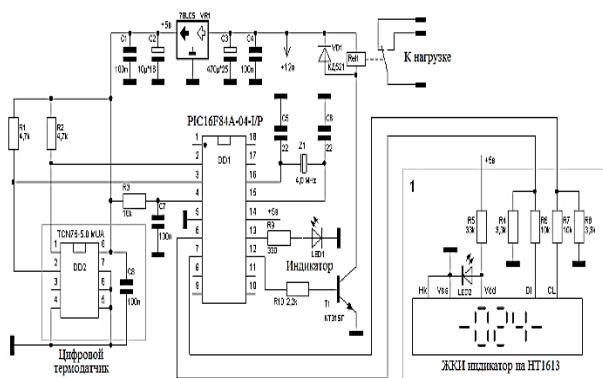


Рис. 2

Для отражения температуры в пределах от 0 до $+125^{\circ}\text{C}$ предложен жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) на HT16113. Светодиодный индикатор LED1 сигнализирует о работе.

Электродвигатели, вращающие загруженный сушильный барабан, потребляют значительную часть электроэнергии. Большинство этих двигателей работают в нерегулируемом режиме и, следовательно, с низкой эффективностью. Сегодня приводы с регулировкой скорости требуются в высокопрофессиональных и мощных промышленных установках, таких как вращающиеся механизмы технологических машин [4]. Прогресс в полупроводниковой индустрии, особенно в силовой электронике и микроконтроллерах, сделали приводы с регулированием скорости более практичными и значительно менее дорогими.

Автоматизация функций управления предполагает управление асинхронным частотно-регулируемым электроприводом вращения сушильного барабана с применением микроконтроллеров компании Freescale [2].

Результатом проведенной работы стало предлагаемое устройство, которое позволяет управлять работой электродвигателя привода барабана. Существует множество решений на базе 8/16/32-битных процессоров с универсальными модулями ШИМ для управления различными типами электродвигателей: синхронными и асинхронными, коллекторными двигателями постоянного тока и бесколлекторными, шаговыми и вентильно-индукторными машинами.

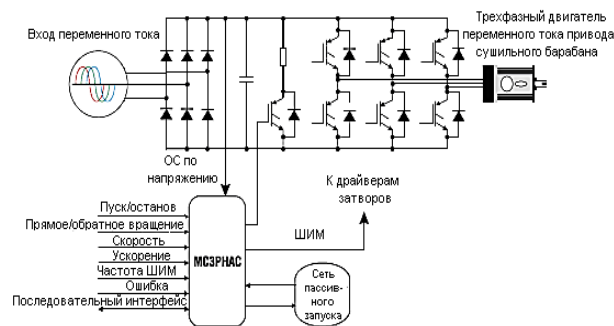


Рис. 3

Схема предлагаемой системы управления асинхронным электродвигателем на базе МСЗРНАС приведена на рис. 3. Электродвигатель привода барабана подключается непосредственно к устройству, в этом случае ключами задается его направление вращения. Первой микросхемой, о которой хотелось бы упомянуть, является микроконтроллер МСЗРНАС, имеющий внутреннее законченное программное обеспечение, оптимизированное для систем управления асинхронным частотно-регулируемым электроприводом [3].

Задача управления двигателем реализуется следующим образом. Адаптация алгоритма управления к конкретному типу электропривода осуществляется изменением числовых констант. Задание констант возможно двумя способами: потенциометрами на плате контроллера или от ПК верхнего уровня, связанного с МСЗРНАС посредством последовательного интерфейса.

Алгоритм управления, реализованный в МСЗРНАС, выполняет следующие задачи. Формирует шесть PWM-сигналов управления драйверами силовых ключей трехфазного инвертора напряжения. Форма выходного напряжения синусоидальная, частота коммутации 5,291...21,164 кГц.

В алгоритме управления ключами предусмотрена возможность регулировки мертвого времени в пределах 0,5...32 мкс. Имеется вход аппаратной защиты силовых ключей, который автоматически восстанавливает сигналы управления ключами инвертора после снятия сигнала защиты.

Устройство управления получает от задающего устройства некую информацию. Это управление режимами работы электропривода сушильного барабана по логическим сигналам "пуск/останов", "направление вращения барабана", требуемая скорость вращения барабана, коэффициенты ускорения и любая другая информация, необходимая для автономного управления электроприводом. В качестве задающего устройства можно применить компьютер или пульт дистанционного управления. Например, в зависимости от высушиваемого материала необходимо установить

скорость вращения барабана в пределах 0,2...0,217 оборотов в s^{-1} .

Скорость разгона или торможения можно задавать в пределах 0,5...128 Гц/с. Реализует закон управления $U/f=const$ с программируемой пользователем вольтодобавкой при нулевой частоте. Предельное значение частоты f составляет 50 или 60 Гц. Соответствующий вход может быть использован для организации системы управления, замкнутой по скорости или по иному технологическому параметру. С целью подавления шумов аналоговый сигнал на входе текущего задания по скорости обрабатывается с использованием алгоритма цифровой фильтрации, реализованной на основе 24-разрядного представления данных [3].

В Ы В О Д Ы

1. Совершенствование системы управления работой электродвигателей с помощью микроконтроллеров позволяет существенно улучшить энергоэффективность процесса сушки в целом. Преимуществом новых алгоритмов управления является эффективное регулирование частоты вращения электродвигателей, которое позволяет сэкономить большую часть потребляемой мощности и времени сушки.

Эти приводы, управляемые по развитым алгоритмам с помощью микроконтроллеров, имеют ряд преимуществ:

- увеличение энергетической эффективности системы – регулирование скорости снижает потери мощности в двигателе;

- цифровое управление может добавить такие свойства, как интеллектуальные замкнутые контуры, изменение частотных свойств, диапазона контролируемых неисправностей и способность к взаимодействию с другими системами;

- простота обновления программного обеспечения – системы на базе микроконтроллеров с флэш-памятью могут быстро изменять при необходимости свой алгоритм и регулируемые переменные.

2. Автоматизированная система контроля и регулирования температуры су-

шильного агента в процессе сушки облегчит труд оперативного персонала, повысит качество сушки зерна и других видов зернистых материалов, что является важнейшим критерием эффективности процесса сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и эксплуатации технологического оборудования сушильно-очистительных и очистительных цехов хлопкозаготовительных пунктов и хлопкозаводов. – Ташкент: ЦНИИХпром, 1975.
2. *Крыкбаев М.М.* Совершенствование процессов сушки зернистых материалов в сушильных барабанных агрегатах: Дис...канд.техн. наук. – Алматы, 2010.
3. *Крыкбаев М.М., Ахметова С.О.* Автоматическая система контроля температуры зерна с термореле на микроконтроллере в сушильном барабанном агрегате // Мат. Междунар. научно-практ. конф.: VII Дулатовские чтения. – Тараз: ТарГУ им.М.Х.Дулати, 2012. III том. С.125...127.
4. *Крыкбаев М.М., Исакулова Ж.А.* Применение микроконтроллеров в автоматизированном электроприводе сушильного барабана // Мат. Междунар.

научно-практ. конф.: VII Дулатовские чтения. – Тараз: ТарГУ им. М.Х.Дулати, 2012. III том. С.127...130.

REFERENCES

1. *Osnovy mekhatroniki [Elektronnyy resurs] / sost. S.A. Khramenko.* – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2013.
1. *Pravila ustroystva i ekspluatatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya sushil'no-ochistitel'nykh i ochistitel'nykh tsekhov khlopkozagotovitel'nykh punktov i khlopkozavodov.* – Tashkent: TsNIKHprom, 1975.
2. *Krykbaev M.M. Sovershenstvovanie protsessov sushki zernistykh materialov v sushil'nykh barabannykh agregatakh: Dis...kand.tekhn. nauk.* – Al-maty, 2010.
3. *Krykbaev M.M., Akhmetova S.O. Avtomaticheskaya sistema kontrolya temperatury zerna s termorele na mikrokontrollere v sushil'nom baraban-nom agregate // Mat. Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: VII Dulatovskie chteniya.* – Taraz: TarGU im.M.Kh.Dulati, 2012. III tom. S.125...127.
4. *Krykbaev M.M., Isakulova Zh.A. Primenenie mikrokontrollerov v avtomatizirovannom elektroprivode sushil'nogo barabana // Mat. Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: VII Dulatovskie chteniya.* – Taraz: TarGU im. M.Kh.Dulati, 2012. III tom. S.127...130.

Рекомендована кафедрой автоматизации и телекоммуникаций. Поступила 20.01.20.