



МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНВЕКТИВНО-КАМЕРНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Часть 1. Программируемые контроллеры в системе управления

Ненчо Делийски

Abstract

In the paper a functional description and graphical and photographic illustrations of the created with the participation of the author two programmable controllers for automatic control of the convective drying process of lumber are given.

Key words: *programmable controller, lumber drying process, automatic control*

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые на международном рынке компьютеризированные системы автоматического управления процессом конвективной сушки пиломатериалов в камерах оказываются весьма дорогими для создаваемых в последние годы небольших деревообрабатывающих и мебельных фирм в странах восточной и средней Европы.

На основе накопленного в течение многих лет научного и практического опыта в области технологии [1, 3, 4, 6, etc.] и управления процессами гидротермической обработки древесины, с нашим ведущим участием разработаны и внедрены ряд систем автоматического управления (САУ) процессом конвективно-камерной сушки со встроенными в них двумя программируемыми контроллерами PLC1 и PLC2.

В настоящей работе дается описание функций и алгоритма действия новейшего поколения разработанных контроллеров, а также САУ с их участием.

1. КОНТРОЛЛЕР PLC1 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

На рис.1 показан общий вид этого микропроцессорного программируемого контроллера. Он предназначен для автоматического измерения влажности U в трех независимых друг от друга областях подверженных сушке пиломатериалов и температуры T в одной точке древесины. При подаче напряжения контроллер показывает на верхнем дисплее среднрифметическое из трех датчиков значение U (в %), а на нижнем дисплее - измеренное значение T (в °C).

Устройство и действие данного контроллера описано в [7].



Рис. 1 Общий вид контроллера PLC1

2. КОНТРОЛЛЕР PLC2 ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

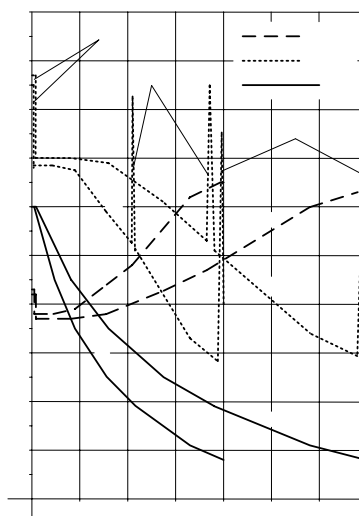
2.1 Общий вид, предназначение и алгоритм действия контроллера

На рис. 2 показан общий вид этого программируемого контроллера. Он предназначен для автоматического измерения температуры T и относительной влажности RH сушильного агента в камере, а также для вычисления по оригинальному алгоритму текущих режимных заданий ($SP = \text{Set Points}$) для T ($SP-T$) и RH ($SP-RH$) и для автоматического управления всем процессом конвективной сушки пиломатериалов.

Алгоритм, по которому вычисляются $SP-T$ и $SP-RH$, подробно описан в [2]. На основе этого алгоритма осуществляется оптимизированное, модельно базированное автоматическое управление процессом сушки пиломатериалов.



Рис. 2 Общий вид контроллера PLC2

Рис.3 Изменение $SP-T$ и $SP-RH$ в зависимости от U и τ во время сушки буковых пиломатериалов с $d = 30 \text{ mm}$ и $d = 56 \text{ mm}$

В качестве примера для функционирования алгоритма, на рис.2 показаны вычисленные контроллером значения SP-T и SP-RH во время сушки буковых пиломатериалов с толщиной $d = 30 \text{ mm}$ и $d = 56 \text{ mm}$ по режимам, обеспечивающим сохранение естественного цвета древесины [3].

2.2 Функции контроллера

Показанный на рис.2 контроллер осуществляет следующие основные функции в системе автоматического управления, которая реализуется с его участием:

- вычисление значений SP-T, SP-RH и SP-L при программном управлении или значений SP-T и SP-RH при следящем управлении процессом сушки, в т.ч. и во время начальной (InHTT), промежуточной (ImHTT) и конечной (FHTT) влажностно-тепловой обработки (Hydro Thermal Treatment) подверженных сушке пиломатериалов;
- автоматическое измерение и регулирование T и RH сушильного агента;
- автоматическое управление вентиляторами сушильной камеры;
- алармирование и архивирование в EEPROM-памяти недопустимо больших отклонений T и RH по отношению к SP-T и SP-RH;
- автоматическая визуализация параметров сушильного процесса.

В случаях прерывания сетевого электропитания к контроллеру, он запоминает вычисленные им в данный момент значения SP-T, SP-RH и SP-L. После восстановления питания он сканирует текущие значения T и RH и в зависимости от них продолжает вычислять и управлять процессом сушки.

2.3 Входы и выходы контроллера

Контроллер имеет следующие входы и выходы (рис.4):

- вход для подачи питающего напряжения 220 VAC (зажим 43-44-45);
- аналоговый вход для подсоединения электронного трансмитера со встроенным в нем зондом с двумя датчиками BT и BRH, предназначенными для измерения T и RH сушильного агента (зажим 4÷9). По двум из проводов к зажимам 6 и 8 контроллера поступают унифицированные сигналы с диапазоном $4 \div 20 \text{ mA}$, которые пропорциональны текущим значениям T и RH . По третьему проводу, связывающему зажим 4 контроллера с зажимом 2 трансмитера, осуществляется питание трансмитера напряжением 24 VDC;

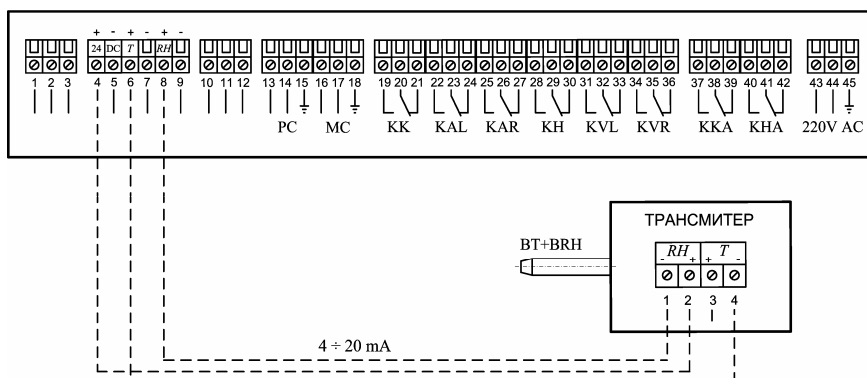


Рис. 4 Входы и выходы контроллера PLC2

- цифровой вход МС (зажимы 16-17-18) для передачи в контроллер по интерфейсу RS 485 информацию о текущем значении влажности U подверженных сушке пиломатериалов, которая поступает от выхода другого контроллера PLC1;
- два аналоговых входа (зажимы 1-2-3 и 10-11-12), которые предусмотрены для дополнительного развития функций контроллера, основанного на измерении текущих значений скорости сушильного агента и частоты вращения вентиляторов;
- цифровой выход (зажимы 13-14-15) для передачи по RS-интерфейсу информации от контроллера к персональному компьютеру РС с целью ее дальнейшей обработки, графического представления, визуализации на мониторе или распечатки на принтере;
- восемь дискретных выходов: реле КК (зажимы 19-20-21), KAL (зажимы 22-23-24), KAR (зажимы 25-26-27), КН (зажимы 28-29-30), KVL (зажимы 31-32-33), KVR (зажимы 34-35-36), ККА (зажимы 37-38-39) и КНА (зажимы 40-41-42).

А. Реле для управления T сушильного агента

Его реле КК предназначено включать и выключать (по PID или on-off закону управления) исполнительный механизм (ИМ) в САУ, который обеспечивает подачу теплоносителя к калориферам сушильной камеры. Действие реле КК показано на рис.5 и заключается в следующем.

Когда текущее, измеренное датчиком ВК, значение T (обозначенное на рис.5 как PV – от англ. present value) оказывается ниже вычисленного текущего режимного значения SP- T (обозначенного как SV = set value), реле КК находится во включенном состоянии. Тогда замкнут его нормально открытый (н.о.) контакт 19-20 на рис.4, который подсоединен в электрической цепи ИМ в САУ. В результате этого срабатывает ИМ и он обеспечивает подачу тепловой энергии к калориферам камеры.

Когда при повышении T ее измеренное значение PV сравняется с ее текущим режимным значением SV, реле КК выключается и подача теплоносителя к калориферам камеры прекращается.

Когда в результате потребления тепловой энергии пиломатериалами и самой камерой температура сушильного агента понижается до значения $PV < (SV - ht)$, реле КК срабатывает и ИМ возобновляет теплоподачу к калориферам. При помощи ht в этой зависимости, а также на рис.5 обозначено значение гистерезиса реле КК, который является одним из параметров настройки контроллера и показывает с какой точностью следует обрабатывать режимные задания T во время τ процесса сушки.

Б. Реле для управления RH сушильного агента

Управление RH сушильного агента осуществляется при помощи трех реле КН, KAL и KAR контроллера PLC2. Реле КН предназначено включать и выключать ИМ в САУ, который подает увлажняющий флюид (директный пар или пульверизованная вода) в камеру. Посредством реле KAL и KAR управляются ИМ (заслонки на вытяжных трубах камеры) в САУ, которые обеспечивают соответственно отвод отработавшего влажного воздуха из камеры и ввод свежего (более сухого) воздуха в камеру. Действие этих реле показано на рис.6 и заключается в следующем.

Когда текущее, измеренное датчиком BRH, значение PV влажности RH сушильного агента выше вычисленного контроллером текущего режимного значения SV- RH , реле КН выключено. Тогда открыт н.о. контакт 28-29 этого реле (рис.4), который подсоединен в управляющей цепи ИМ в САУ. В результате этого выключен ИМ и в сушильную камеру не поступает увлажняющий флюид.

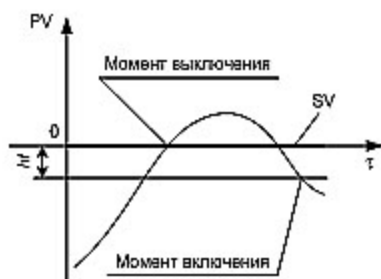


Рис. 5 Действие реле КК

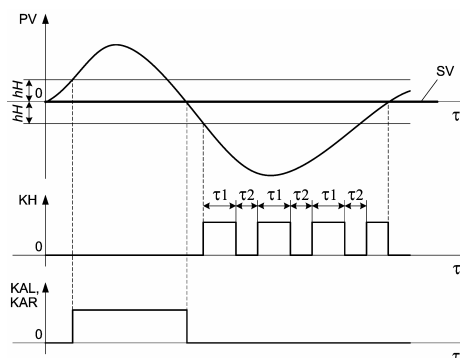


Рис. 6 Действие реле КН, KAL и KAR

В то же время, если выполнено условие $PV \leq (SV + hH)$, тогда выключены также и реле KAL и KAR, вследствие чего заслонки на вытяжных трубах закрыты. Если однако RH повысится до значения, при котором удовлетворяется условие $PV > (SV + hH)$, то реле KAL и KAR срабатывают и посредством замыкания своих н.о. контактов 22-23 и 25-26 включают ИМ, которые открывают заслонки.

Когда при понижении RH выполняется условие $PV < SV$, тогда реле KAL и KAR выключаются, заслонки камеры закрываются и остаются в этом состоянии до тех пор, пока снова возникнет ситуация, при которой $PV > (SV + hH)$. Если измеренное значение PV влажности RH понизится до значения $PV < (SV - hH)$, тогда реле КН срабатывает и посредством своего н.о. контакта 28-29 включает ИМ, который обеспечивает подачу увлажняющего флюида в камеру в течение времени τ_1 .

Посредством hH в приведенных зависимостях, а также на рис.6 обозначено значение гистерезиса реле КН, KAL и KAR, который является одним из параметров настройки контроллера и показывает с какой точностью следует обрабатывать режимные задания RH во время τ процесса сушки.

После истечения времени τ_1 реле КН выключается и остается в этом состоянии в течение времени τ_2 , до истечения которого в камеру не поступает увлажняющий флюид. Если после истечения τ_2 все еще удовлетворяется условие $PV < (SV - hH)$, увлажнение сушильного агента возобновляется в течение времени τ_1 и т.д. Интервалы времени τ_1 и τ_2 являются также настроечными параметрами контроллера.

Когда при повышении RH выполняется условие $PV > SV$, реле КН выключается и увлажнение сушильного агента прекращается до момента, в котором $PV < (SV - hH)$.

В. Реле для управления вентиляторами сушильной камеры

Реверсируемое управление вентиляторами камеры осуществляется при помощи двух реле KVL и KVR контроллера PLC2 (рис.4). Реле KVL предназначено для включения электродвигателей вентиляторов в одном направлении вращения, а реле KVR – в противоположном направлении вращения. Эти реле срабатывают и выключаются посредством софтверных таймеров в программе контроллера, настроечными параметрами которых являются продолжительность вращения вентиляторов в каждом из направлений и продолжительность паузы, необходимой для полной остановки вентиляторов перед сменой направления их вращения. Продолжительность паузы настраивается с учетом конструктивных и аэродинамических параметров вентиляторов и самой камеры.

Г. Реле для сигнализации аларменных отклонений T и RH в камере

Для сигнализации недопустимо больших (аларменных) отклонений измеренных значений PV температуры T или влажности RH сушильного агента по отношению к вычисленным контроллером их текущих режимных значений SV используются два реле, соответственно ККА и КНА. Реле ККА срабатывает, когда измеренное значение PV

температуры T выходит за заданные оператором технологические пределы, а именно, когда $PV > (SV - hTA)$ или когда $PV < (SV + hTA)$. Реле КНА срабатывает и включает сигнализатор в САУ когда значение PV влажности RH выходит за заданные пределы, т.е. когда $PV > (SV + hHA)$ или когда $PV < (SV - hHA)$.

Посредством hTA и hHA в приведенных зависимостях обозначены гистерезисы реле ККА и КНА, которые являются параметрами настройки контроллера.

При каждом выходе PV температуры T или влажности RH за заданные технологические пределы, а также при последующем вхождении PV в эти пределы контроллер осуществляет архивирующую запись в EEPROM соответствующего значения PV и астрономическое время записи в формате „дата:час:мин.“.

При помощи кнопок контроллера можно вывести на его дисплеи представляющую интерес информацию из архива.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение контроллеров на нескольких фабриках полностью доказало эффективность заложенных в них алгоритмов функционирования.

Впервые по сравнению с обычно применяемыми аналогичными алгоритмами, алгоритм для вычисления режимных заданий SP-T и SP-RH обеспечивает следующее:

- значения SP-T и SP-RH вычисляются не для определенной группы толщин пиломатериалов, а для конкретного, введенной оператором, значения (в mm) толщины подверженных сушке пиломатериалов;
- значения SP-T и SP-RH вычисляются не константными для определенного интервала (напр. 5% или 10%) изменения влажности U древесины, а непрерывно изменяющимися для каждого текущего значения U (рис. 3).

Такая индивидуализация режимов сушки сообразно с параметрами каждой порции расположенных в камере пиломатериалов обеспечивает оптимизацию качества и минимизацию энергопотребления для всего процесса сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВИДЕЛОВ, Х. 2003: Сушене и топлинно обработване на дървесината. ЛТУ, 335 с.
2. ДЕЛИЙСКИ, Н. 2002: Алгоритм автоматического управления процессом конвективно-камерной сушки пиломатериалов при помощи программируемого контроллера. 3-rd international science conference "Chip and chipless woodworking processes". High Tatras, p.347-354.
3. ДЕЛИЙСКИ, Н., Л. ДЗУРЕНДА 2003: Автоматическое управление процессом конвективно-камерной сушки буковых пиломатериалов с сохранением или с допустимым изменением их естественной окраски. Annals of Warsaw Agricultural University – Forestry and Wood Technology, № 53, с. 42-46.
4. Проспектне материаль и сайт в Интернете фирм Bollmann, Brunner, Hildebrand, Incomac, Incoplan, Ketres, Lignomat, Nardi, Mühlböck, Secal, Secea, Vanichek, etc.
5. ХАДЖИЙСКИ, М. 2003: Математичните модели в съвременните системи за технологично управление. Автоматика и информатика, №3, 7-12 САИ, София.
6. TREBULA, P. I. KLEMENT 2002: Sušenie a hydrotermická úprava dreva. Zvolen, 449 s.
7. YANKOV, E., N. DELIISKI: 2007 Programmable Control for Lumber Drying in Chambers. Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on SYSTEMS, Agios Nikolaos, Crete, Greece, p.194-198.