

Разработка автомата сушильного оборудования зеленого чая

Фам Куанг Банг

Тверской государственный технический университет

Аннотация: В статье рассматривается проблема повышения безопасности и эффективности процесса сушки зеленого чая. Для обеспечения безопасной эксплуатации сушильных установок предложен алгоритм, использующий конечный автомат для диагностики неисправностей и предупреждения аварийных ситуаций. Представлены схемы управления и графы переходов состояний автомата Мура, который анализирует состояние оборудования и инициирует его отключение при выявлении опасных условий. Разработанная система позволяет не только повысить безопасность процесса сушки, предотвращая аварии, но и улучшить эффективность работы оборудования. Основные преимущества предложенной схемы заключаются в возможности своевременной диагностики неисправностей и предотвращении критических ситуаций, таких, как перегрев или повышение давления в камере.

Ключевые слова: автоматика, система, процесс сушки, диагностики, конечный автомат.

Введение

Сушильное оборудование является взрывоопасным устройством, особенно в случае сушки листовых продуктов (например, листьев зеленого чая). Для достижения хорошей эффективности процесса сушки, а также обеспечения безопасности, необходимо выбрать соответствующий режим сушки, предсказать риски возгорания и взрыва во время работы сушилки [1].

Причинами образования легковоспламеняющихся концентраций паров и запыленности воздуха в конвекционных сушилках являются: очень высокая скорость испарения; самостоятельное отключение системы вентиляции, конвейерной ленты или снижение их производительности и превышение температуры сушки относительно предельных значений [2-4].

Для обеспечения безопасности в конструкции управления необходимо интегрировать отказоустойчивый предиктор, который автоматически отключается при обнаружении признаков опасности. Можно вывести следующие признаки опасности, возникающие в процессе эксплуатации конвекционных сушилок: остановки в случае обрыва ленты, температура сушки выше допустимого значения, давление пара внутри камеры выше

допустимого значения, остановки отсасывающего вентилятора и неисправности средств заземления [5, 6].

Как известно, если такие признаки отказа в компонентах сушильного оборудования можно описать различными состояниями, то удобно использовать графики описания переходных состояний для диагностики системы. Использование такого подхода к синтезу дискретных автоматов предусматривает применение графов переходов автомата Мура [7-9].

Материалы и методы

Для построения схемы управляющего автомата необходимо установить микропрограмму работы операционного устройства и определить совокупность входных и выходных сигналов и условий перехода состояний системы. Микропрограмма диагностики процесса сушки зеленого чая представлена на рис.1. Набор входных сигналов $\{x_i\}$ и выходных сигналов $\{f_i\}$ представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица №1

Набор входных сигналов $\{x_i\}$

Набор входных сигналов	Значение сигналов
x_1	Сигнал пуска сушильного оборудования
x_2	Сигнал от датчика скорости ленты
x_3	Сигнал состояния работы отсасывающего вентилятора
x_4	Сигнал от датчика давления в камере
x_5	Сигнал от датчика температуры сушки
x_6	Сигнал от датчика влажности выходного зеленого чая

Таблица №2

Множество выходных сигналов $\{f_i\}$

Набор выходных сигналов	Значение сигналов
f_1	Работоспособность
f_2	Тревога

Алгоритм функционирования автомата вполне понятен: переход в состояние остановки оборудования сушилки происходит только в случае появления сигналов остановка без участия оператора транспортных устройств и отсасывающего вентилятора или тревоги о повышении предела технологических параметров и неработоспособности элементы оборудования [10].

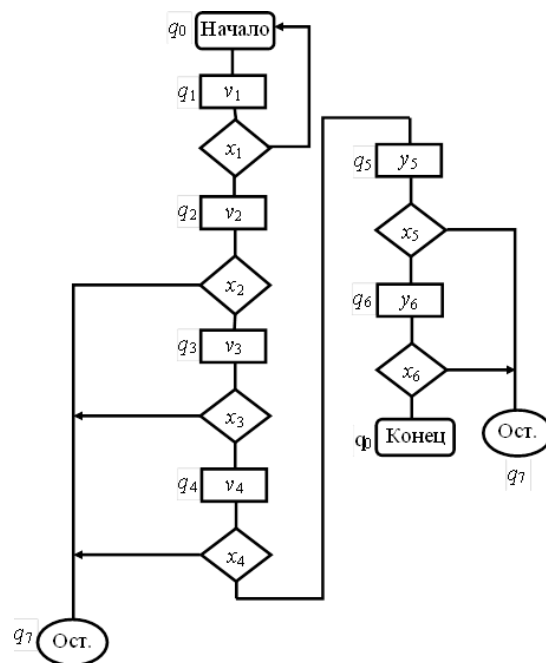


Рис. 1. – Граф-схема алгоритма диагностики сушки зеленого чая

Введем операторы (таблица 3), которые потребуются для записи алгоритма.

Таблица №3

Сигналы операторов $\{v_i\}$

Операторы	Значение операторов
v_1	Ожидать сигнал пуска сушильного оборудования
v_2	Ожидать сигнал движения ленты
v_3	Ожидать сигнал работы отсасывающего вентилятора
v_4	Ожидать сигнал от датчика давления
v_5	Ожидать сигнал от датчика температуры
v_6	Ожидать сигнал от датчика влажности

Учитывая, что выходной сигнал в машине Мура зависит только от состояния, а не от входного сигнала, граф алгоритма размечаем по следующим правилам [11]:

- символом q_0 является начальным и конечным состояниями.
- остальные символами $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$ соответствуют операторным вершинам.

Прослеживая от вершины к вершине все возможные способы, изучаем диаграмму переходов автомата Мура (рис.2).

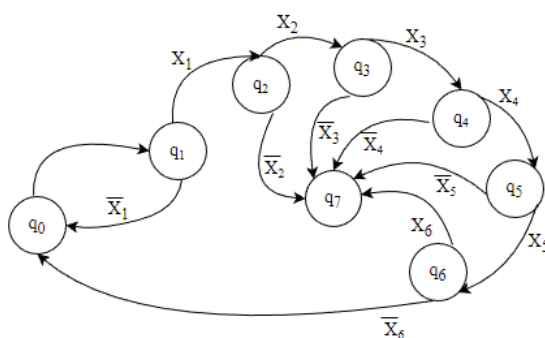


Рис. 2. – Граф переходов автомата для сушилки зеленого чая

Состояние q_7 это ненормальное состояние (тревога), в которое попадает автомат при превышении предела технологических параметров и неработоспособности элементов оборудования. Если сбой наступил, то необходимо остановить машину, найти проблемы, устранить их и после завершения этого процесса снова вернуться в рабочее состояние и продолжить завершение процесса измельчения.

Для кодирования таких состояния используется счетчик, работающий в коде Грея, тогда схема реализует переходы по таблице 6.

Имея граф переходов автомата, приступаем к созданию таблицы переходов и определим количество триггеров:

$$N = \lceil \log_2 n \rceil,$$

где n – число состояний системы, а скобки $[]$ означают ближайшее целое сверху (в данном случае $n = 8$).

Для решения данной задачи используется JK-триггер. Временная диаграмма для активных состояний переключения (таблица 4).

Таблица №4

Таблица перехода JK-триггера [12]

t		t + 1
J	K	Q
0	0	Q(t)
0	1	1
1	0	0
1	1	$\bar{Q}(t)$

При синтезе схем, содержащих триггеры, удобно использовать таблицы, определяющие входные сигналы как функцию заданных переключений триггеров. Такие таблицы (таблица 5) строятся на основе описанных выше таблиц переходов.

Таблица №5

Переход JK-триггера [12]

Q(t)	Q(t + 1)	J	K
0	0	0	*
0	1	1	*
1	0	*	1
1	1	*	0

Исходя из приведенной выше таблицы перехода, построим составление структурной таблицы, как в таблице 6.

Таблица №6

Процесс реализации на асинхронных JK-триггера в памяти

Текущее состояние				X	Последующее состояние				Выходные сигналы комбинационной схемы Ji Ki						f1
имя	код				имя	код			J ₁	K ₁	J ₂	K ₂	J ₃	K ₃	
	Q ₁ ^t	Q ₂ ^t	Q ₃ ^t			Q ₁ ^{t+1}	Q ₂ ^{t+1}	Q ₃ ^{t+1}							
q ₁	0	0	1	x ₁	q ₂	0	1	0	0	*	1	*	*	1	0
q ₁	0	0	1	\bar{x}_1	q ₀	0	0	0	0	*	0	*	*	1	0
q ₂	0	1	0	x ₂	q ₃	0	1	1	0	*	*	0	1	*	0
q ₂	0	1	0	\bar{x}_2	q ₇	1	1	1	1	*	*	0	1	*	1
q ₃	0	1	1	x ₃	q ₄	1	0	0	1	*	*	1	*	1	0
q ₃	0	1	1	\bar{x}_3	q ₇	1	1	1	1	*	*	0	*	0	1
q ₄	1	0	0	x ₄	q ₅	1	0	1	*	0	0	*	1	*	0
q ₄	1	0	0	\bar{x}_4	q ₇	1	1	1	*	0	1	*	1	*	1
q ₅	1	0	1	x ₅	q ₆	1	1	0	*	0	1	*	*	1	0
q ₅	1	0	1	\bar{x}_5	q ₇	1	1	1	*	0	1	*	*	0	1
q ₆	1	1	0	x ₆	q ₇	1	1	1	*	0	*	0	1	*	1
q ₆	1	1	0	\bar{x}_6	q ₀	0	0	0	*	1	*	1	0	*	0

По составленной таблице записываем СНДФ для функций $J_i, K_i (i = \overline{1,3})$. Выход f_1 (когда автомат находится в состоянии $q_7(111)$, конъюнкция $Q_1Q_2Q_3$)

$$J_1 = \bar{Q}_1 Q_2 \bar{Q}_3 \bar{x}_2 + \bar{Q}_1 Q_2 Q_3;$$

$$K_1 = Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 \bar{x}_6;$$

$$J_2 = \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 Q_3 x_1 + Q_1 \bar{Q}_2 \bar{Q}_3 \bar{x}_4 + Q_1 \bar{Q}_2 Q_3;$$

$$K_2 = \bar{Q}_1 Q_2 Q_3 x_3 + Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 \bar{x}_6;$$

$$J_3 = \bar{Q}_1 Q_2 \bar{Q}_3 x_1 + \bar{Q}_1 Q_2 Q_3 + Q_1 Q_2 \bar{Q}_3 \bar{x}_6;$$

$$K_3 = \bar{Q}_1 \bar{Q}_2 Q_3 + \bar{Q}_1 Q_2 Q_3 x_3 + Q_1 \bar{Q}_2 Q_3 x_5;$$

$$f_1 = Q_1 Q_2 Q_3.$$

Полученные зависимости позволяют построить логическую схему автомата Мура для диагностики процесса сушки зеленого чая в базе И-ИЛИ-НЕ (рис.3).

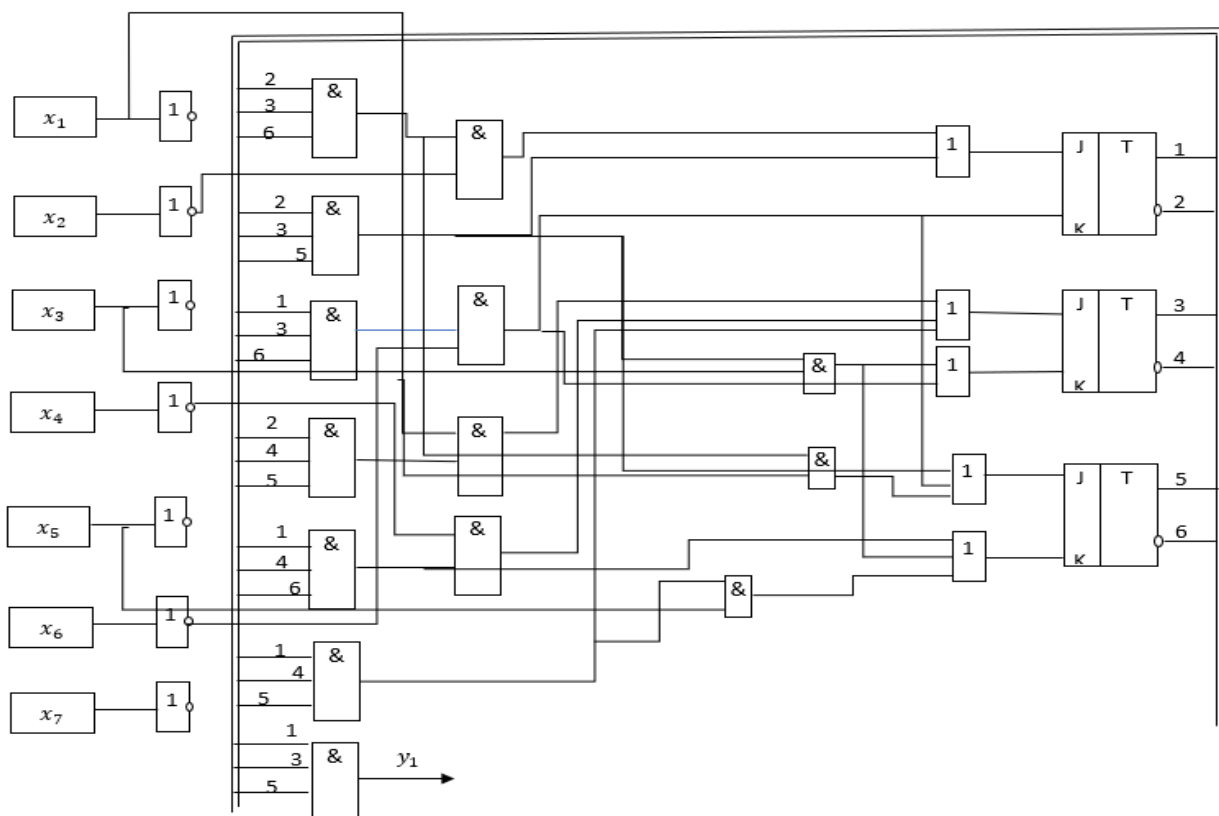


Рис. 3. – Граф переходов автомата для диагностики сушильного оборудования для зеленого чая

Результаты

Модернизация системы управления на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) показала, что применение автомата Мура позволяет эффективно контролировать и диагностировать процесс сушки зеленого чая, своевременно выявляя неисправности и снижая риск аварийных ситуаций.

Тестирование предложенной схемы управления показало улучшение показателей безопасности и стабильности работы оборудования. Было подтверждено, что система оперативно реагирует на аварийные сигналы,

предотвращая возникновение критических ситуаций, таких, как перегрев или превышение давления.

Заключение

В статье предложен подход к диагностике и автоматическому управлению сушильными установками для зеленого чая с использованием программируемого логического контроллера и автомата Мура. Разработанная система позволяет не только повысить безопасность процесса сушки, предотвращая аварии, но и улучшить эффективность работы оборудования. Основные преимущества предложенной схемы заключаются в возможности своевременной диагностики неисправностей и предотвращении критических ситуаций, таких, как перегрев или повышение давления в камере.

Литература

1. Simpson W.T. Drying wood: a review. *Drying Technology // An International Journal*. 1989. V.1.pp. 235-265.
2. Рогожин М.Ю. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (с приложениями). СПб.: Питер, 2011. 176 с.
3. Краснов Е.Л., Смирнов А.П. Безопасность и автоматизация промышленных сушилок // *Технологии машиностроения*, 2021. Т. 66. №2. С. 40-46.
4. Gupta S., Patel, R. Analysis of Moore Machines for Fault Diagnosis in Industrial Systems // *International Journal of Control and Automation*, 2022. V. 89. №3. pp. 200-207.
5. Гончаров С., Николаев Д., Никитин В. Схемотехническая реализация автомата // *Компоненты и технологии*, 2013. №2. С. 126-128.
6. Lee T., Kim S. Modeling of Drying Systems with Programmable Logic Controllers // *Journal of Process Control*, 2020. V. 91. №6. pp. 145-152.

7. Brown A., Green P. Safety Enhancements in Industrial Drying Processes Using PLC Systems // Automation in Manufacturing, 2018. V. 6. №1. pp. 67-73.
8. Гинис Л.А. Развитие инструментария когнитивного моделирования для исследования сложных систем // Инженерный вестник Дона, 2013, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806.
9. Астанин С.В., Драгныш Н.В., Жуковская Н.К. Вложенные метаграфы как модели сложных объектов // Инженерный вестник Дона, 2012, №4(2) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1434.
10. Лазарев В.Г., Пийль Е.И. Синтез управляющих автоматов. М.: Энергоатомиздат, 1989. 328 с.
11. Миронов А.М. Критерий реализуемости функций на строках вероятностными автоматами Мура с числовым выходом // Интеллектуальные системы, 2015. №19(2). С. 149-160.
12. Сидоров В.В., Кузнецов, И.И. Применение логических контроллеров в системах автоматизации процессов сушки // Инженерные системы, 2019. Т. 54. №4. С. 75-82.

References

1. Simpson W.T. An International Journal. 1989. V.1.pp. 235-265.
 2. Rogozhin M.Yu. Pravila pozharnoy bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii (s prilozheniyami) [Fire safety rules in the Russian Federation (with appendices)]. SPb.: Piter, 2011. 176 p.
 3. Krasnov E.L., Smirnov A.P. Tekhnologii mashinostroeniya, 2021. V. 66. №2. pp. 40-46.
 4. Gupta S., Patel, R. International Journal of Control and Automation, 2022. V. 89. №3. pp. 200-207.
 5. Goncharov S., Nikolaev D., Nikitin V. Komponenty i tekhnologii, 2013. №2. pp. 126-128.
-



6. Lee T., Kim S. Journal of Process Control, 2020. V. 91. №6. pp. 145-152.
7. Brown A., Green P. Automation in Manufacturing, 2018. V. 6. №1. pp. 67-73.
8. Ginis L.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1806.
9. Astanin S.V., Dragnysh N.V., Zhukovskaya N.K. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4(2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1434.
10. Lazarev V.G., Piyl' E.I. Sintez upravlyayushchikh avtomatov [Synthesis of control automatic machines]. M.: Energoatomizdat, 1989. 328 p.
11. Mironov A.M. Intellektual'nye sistemy, 2015. №19(2). pp. 149-160.
12. Sidorov V.V., Kuznetsov, I.I. Inzhenernye sistemy, 2019. V. 54. №4. pp. 75-82.

Дата поступления: 15.10.2024

Дата публикации: 24.11.2024