



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ КАБЕЛЕЙ С БУМАЖНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

С.А. Кижяев (ЗАО "СКК")

Рассматриваются вопросы автоматизации процесса высушивания кабелей с бумажной массой на базе компьютерной техники и современных средств управления.

При автоматизации процесса сушки кабелей с бумажной изоляцией приходится решать сложные задачи:

- расчет параметров сушки и вида соединения (последовательное, параллельное и смешанное) по плотности тока, числу пар в кабеле и их длине;
- вычисление оптимального времени сушки<sup>1</sup>;
- управление процессом сушки нескольких кабелей, подключенных к одному источнику<sup>2</sup>;
- управление процессом на участке сушки кабелей.

Очевидно, при таких задачах необходимо применение вычислительной техники. Ранее эти задачи решались с помощью мини-ЭВМ PDP-2 производства США. В настоящее время для этих целей применяются контроллер и промышленный компьютер (рис. 1). Контроллер принимает сигналы от датчиков температуры и, фактически, выполняет роль регуляторов температуры. Промышленный компьютер играет роль вычислителя.

Сначала определяется ток и напряжение при различных соединениях кабелей (последовательном, параллельном, последовательно-параллельном).

Одновременно производится вычисление массы кабелей по формулам:

$$G_m = S_m \gamma_m (n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 + n_4 l_4), \quad (1)$$

$$G_b = S_b \gamma_b (n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 + n_4 l_4), \quad (2)$$

$$G_p = k_1 G_b; \quad k_1 = 0,2, \quad (3)$$

$$G_n = k_2 G_b; \quad k_2 = 0,5, \quad (4)$$

<sup>1</sup> Авт. св. SU N1755303, G 06G 7/48, 1992, бюл. N30.

<sup>2</sup> Авт. св. SU N1228090, G 05D 23/19, 1986, бюл. N16.

где  $S_m$  – сечение медной жилы в кабеле,  $\gamma_m$  и  $\gamma_b$  – удельные плотности меди и бумаги,  $n_i$  – парность  $i$ -го кабеля ( $n_i = 10 \dots 800$ ),  $I$  – число барабанов в котле ( $i = 1 \dots 4$ ),  $l_i$  – длина кабеля на  $i$ -ом барабане,  $S_b$  – сечение бумажной изоляции,  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты содержания воды в бумажной изоляции и пара в котле,  $G_m$ ,  $G_b$ ,  $G_p$ ,  $G_n$  – массы меди всех кабелей.

Затем в компьютере вычисляется оптимальное время сушки на основании уравнения для сушильного котла:

$$G_m c_m T + G_b c_b T + G_p c_p T + G_n c_n T = P k_{nd} t, \quad (5)$$

где  $t$  – время сушки,  $T$  – температура сушки,  $c_m$ ,  $c_b$ ,  $c_p$ ,  $c_n$  – удельные теплоемкости соответственно меди, воды, бумаги и пара,  $k_{nd}$  – коэффициент полезного действия способа сушки,  $P = U_i I_i$  – мощность сушки,  $U_i$ ,  $I_i$  – напряжения и токи при разных соединениях кабелей.

Из уравнения (5) определяется время сушки

$$t = \frac{P k_{nd}}{T (G_m c_m + G_b c_b + G_p c_p + G_n c_n)} \quad (6)$$

Действительное время сушки кабелей определяется во время протекания ТП и регулирования температуры в кабелях. Причем регулирование ведется по максимальной

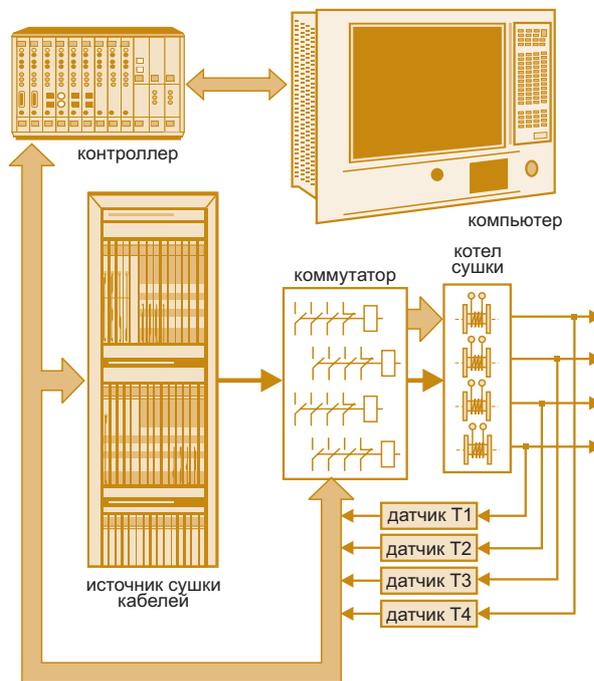


Рис. 1. Структурная схема АСУТП сушкой кабелей

температуре одного из кабелей (алгоритм выбора максимума из четырех значений температур).

При этом оператор на экране промышленного компьютера вводит значение допустимой плотности тока, числа пар по каждому кабелю, их длины, удельные теплоемкости, диаметры токоведущих жил, диаметры бумажной изоляции и температуру нагрева кабелей (бумаги).

Все остальные параметры рассчитываются в компьютере и выдаются на регулирование в контроллер, который и ведет процесс сушки кабеля (рис. 2). При этом контролируется ток в каждом кабеле, определяется плотность тока и сравнивается с заданным значением. При плотности тока больше допустимой контроллер

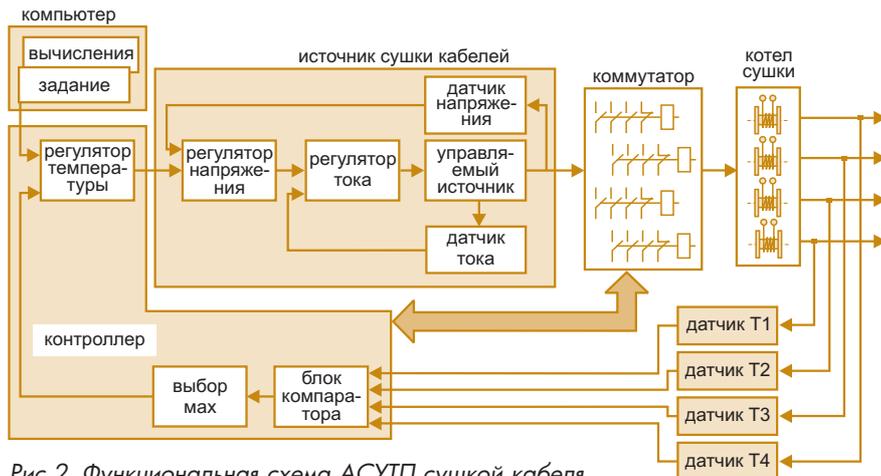


Рис.2. Функциональная схема АСУТП сушкой кабеля

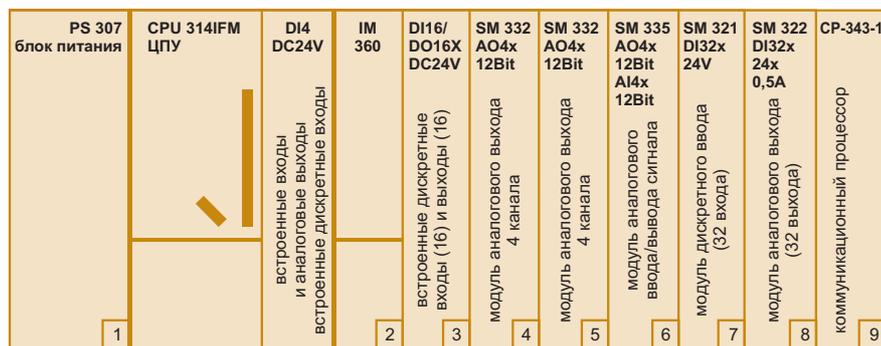


Рис.3. Конфигурация контроллера Simatic S7-300

дает управляющий сигнал на снижение напряжения источника сушки.

В качестве контроллера применен Simatic S7-300 фирмы Сименс в конфигурации, приведенной на рис. 3: CPU 314IFM контроллера имеет ОЗУ 32 Кбайт, 10 К инструкций; загружаемая память встроенная (40 Кбайт RAM, 40 Кбайт EEPROM); язык программирования STEP 7; максимальное число блоков 128 FC, 128FB, 127 DB (FC-функции, FB-функциональные, DB-данных); время выполнения логических операций 0,3...0,6 мкс, операций со словами – 1,0 мкс, сложения действительных чисел – 50 мкс; биты памяти –

2048; биты, сохраняемых без батареи – до 2048; имеются часы РВ.

Котел для сушки кабелей имеет автоматическую загрузку кабелей на барабанах, предварительный подогрев паром до 50°С; для создания вакуума в пределах: (1...0,5) кгс/см<sup>2</sup> применяется вакуум-насос.

В этом котле могут сушиться кабели на четырех барабанах-корзинах (разного размера). В каждый кабель вставляются термопары, сигналы от которых принимаются контроллером. Измерение давления пара (до 1,5 кгс/см<sup>2</sup>) производится с помощью вакуум-манометра. При температуре 50°С включается нагрев электрическим током.

Технология сушки кабелей с бумажной изоляцией:

1. кабели автоматически загружаются и подключаются к контактам;
2. автоматически закрывается крышка котла;
3. включается вакуум и ведется его контроль и регулирование;
4. включается предварительный нагрев паром;
5. производится ввод параметров кабелей и температурные режимы, контроль подключения кабелей к контактам;
6. тестируется правильность ввода параметров кабелей по соотношению  $l_i/n_i$  и сечению жил;
7. регулируется температура в котле на уровне 50°С и время выдержки в 20 мин.;
8. производится расчет электрических параметров сушки при разных видах соединения и оптимизация по времени и граничным значениям тока и напряжения источника сушки;

9. начинается подъем напряжения источника сушки и контроль тока и напряжения на кабелях через допустимую плотность тока в них;

10. контролируется вакуум и температура в каждом кабеле во время сушки электротоком, а регулирование ведется по кабелю с самой высокой на данный момент температурой;

11. при достижении температуры в 130°С на всех кабелях и при расчетном времени сушки напряжение снимается;

12. контролируется вакуум и температура внутри котла, производится ее стабилизация на уровне 70°С и выдержка;

13. осуществляется выгрузка кабеля на следующую операцию.

В таблице приводятся данные по расчету режима сушки кабеля марки ТГ для разных кабелей при последовательном соединении.

Система управления вспомогательными устройствами процесса высушивания кабелей в котле (рис. 4) включает три привода (М1-М3), которые управляют загрузкой/выгрузкой барабанов (корзин) с кабелем, создают вакуум и открывают крышку котла.

Таблица.

Расчет параметров сушки кабеля ТГ  $n_i \times 2 \times 0,5$  при последовательном соединении.

№ п.п.	$n_i$ , ед.	$2n_i$ , ед.	$S_{м1.ж}$ , мм <sup>2</sup>	$I = \Delta I \times 2n_i S_{м1.ж}$ , А	$l_i$ , м	$n_i = n_{мин}$	$U = \Delta I \times r \times 2n_{мин} \times \left( \frac{l_1}{n_1} + \frac{l_2}{n_2} + \frac{l_3}{n_3} + \frac{l_4}{n_4} \right)$ , В	$R_{н.с.} = U/I$ , Ом	$R_i = \rho \left( \frac{l_i}{S_{м1.ж} n_i} \right)$ , Ом	$R_{н.с.}$ проверка
1	50	100	0,2	60	1000	50	84,7	1,41	0,86	1,411
2	100	200		120	750				0,322	
3	150	300		180	500				0,143	
4	200	400		240	400				0,086	

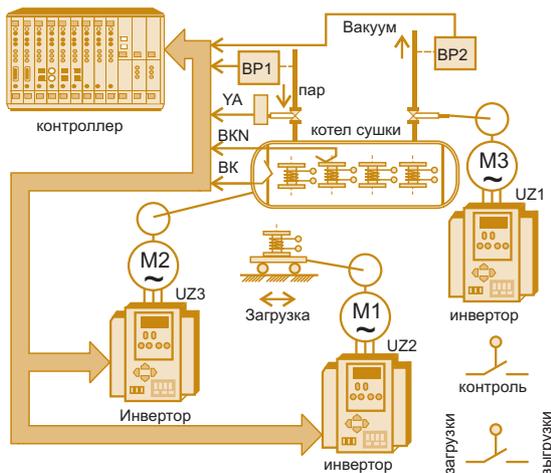


Рис. 4. Структурная схема управления вспомогательными устройствами котла сушки

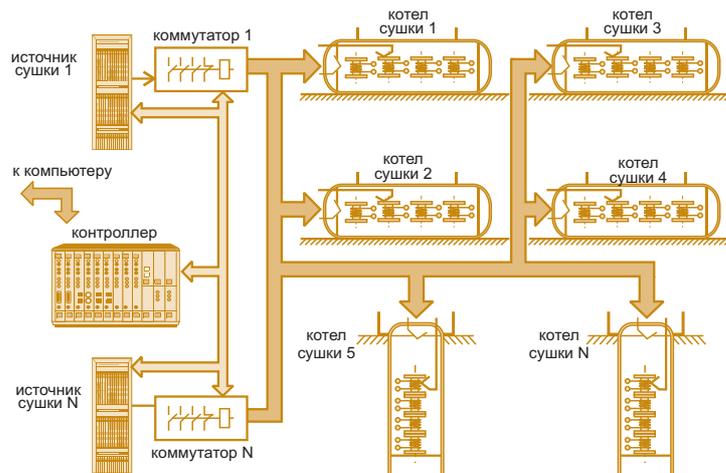


Рис. 5. Структурная схема АСУ участком сушки кабелей с бумажной изоляцией

Электромагнитный клапан YA для подачи пара на предварительный нагрев управляется непосредственно от контроллера.

АСУ участком сушки кабелей с бумажной изоляцией (рис. 5) управляет N котлами сушки, с находящимися в каждом тремя-четырьмя барабанами с кабелем (вспомогательные устройства сушки кабелей не показаны).

Элементная база выполнена на устройствах фирмы Сименс:

- промышленный компьютер-Simatic PC, исполнение Panel PC;

- инверторы UZ1-UZ3 – Micromaster Vector MMV 200/3;
- приборы для измерения давления – Sitrans P сер. Z типа 7MF1560 с диапазоном 0,3...6 bar и сер. MS типа 7MF 4013 с мембранным датчиком с диапазоном 0,13...4 bar;
- контакторы в коммутаторах кабелей – ЗТЕ68 04-5С,  $U_k=380V$ , 50 Гц;
- датчики контроля загрузки/выгрузки – индуктивные типа BERO 3RG41-46;
- защита от сгорания изоляции – Sirius 3Rb12;

- прибор расхода пара – Sitrans F с методом измерения по типу vortex с импульсным индуктивным датчиком.

АСУ процессом сушки кабелей с бумажной изоляцией позволила снизить брак (за счет уменьшения сгораемости бумаги кабелей) на 21%, увеличить производительность на 18,7%, уменьшить расход электроэнергии на 29,4% (за счет оптимизации процесса сушки), уменьшить срок обучения профессии сушилщика, как одной из наиболее сложных в кабельной промышленности.

*Кижаяев Станислав Алексеевич – заслуженный изобретатель РФ, главный электроник ЗАО "Самарская кабельная компания".*

*Контактный телефон (8462) 282-455, факс (8462) 552-220.*

*E-mail: kijaev@samaracable.ru*

## БИБЛИОТЕКА

### "ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА"

Под ред. зав. лабораторией методов автоматизации производства ИПУ РАН Э. Л. Ицковича.

Предлагаются аналитические работы, помогающие правильной ориентации специалистов по автоматизации на современном насыщенном рынке программных и технических средств автоматизации производства и рациональному выбору этих средств.

**I. Методика оценки конкурсных заявок и программа обработки результатов голосования экспертной комиссии.** Работа состоит из методики проведения экспертизы заявок на средства и системы автоматизации, программы решения задачи многокритериального выбора, инструкции конечного пользователя.

#### II. Серия аналитических обзоров

**Выпуск 1.** "Программные средства визуализации измерительной информации для дисплейных пультов оператора (SCADA-программы)".

**Выпуск 2.** "Микропроцессорные ПТК отечественных фирм".

**Выпуск 3.** "Сетевые комплексы контроллеров зарубежных фирм на рынке СНГ".

**Выпуск 4.** "Полномасштабные микропроцессорные распределенные системы управления".

**Выпуск 5.** "Перспективные программные и технические средства автоматизации: их стандартизация, свойства, характеристики, эффективность эксплуатации".

**Выпуск 6.** "Интеллектуальные датчики общепромышленного назначения на рынке СНГ".

**Выпуск 7.** "Современные интегрированные АСУП (ERP-системы) на рынке СНГ. Часть 1. Пакеты отечественных производителей".

**Выпуск 8.** "Современные интегрированные

АСУП (ERP-системы) на рынке СНГ. Часть 2. Пакеты зарубежных производителей".

По единой форме в этих обзорах описываются важные для потенциальных заказчиков свойства и характеристики разных средств и систем отечественного и зарубежного производства, используемых на предприятиях СНГ и активно поддерживаемых на нашем рынке; проводится сопоставление важнейших показателей однотипных средств разных производителей, что позволяет определить рациональную нишу применения каждого средства. Объем каждого выпуска 100 – 160 страниц.

Справки по вопросам, касающимся содержания работ и их заказа можно получить у проф. Э. Л. Ицковича по тел. и факсу (095) 334-90-21, по E-mail: itskov@ipu.rssi.ru