

# Системы управления электротермическим оборудованием. Современные решения



Обсуждаются современные тенденции в построении системы управления электротермическим оборудованием. Предлагается комплексное решение на базе контроллера-регистратора «ИНТЕГРАФ-3410».

НПФ «КонтрАвт», г. Нижний Новгород

Эта статья для тех, кто на фотографии узнает до боли знакомую картину (рис. 1).

Правильно. Это печь сопротивления со своим шкафом управления. Типичное решение во множестве термических цехов машиностроительных предприятий России. И типичное состояние. Встречается оно на предприятиях, выпускающих продукцию, которой наша страна может по праву гордиться. Именно для этих предприятий данная статья может представлять наибольший интерес.

Технологический процесс, о котором пойдет речь, — термическая обработка металлических изделий. Специалисты-металлурги утверждают, что качество изделия на 50–80 %

(по разным оценкам) зависит от качества термической обработки, которое подразумевает:

- ▶ точный и стабильно поддерживаемый температурный режим обработки;

- ▶ точную выдержку по времени (в ряде случаев точное выдерживание многозонной температурно-временной зависимости в процессе обработки);

- ▶ равномерность температурного поля в печи;

- ▶ состав среды.

Это обеспечивается как конструкцией печи, так и системой автоматизации. Конструкцию печи здесь обсуждать не будем, остановимся на том, что она либо новая, либо старая, но вполне еще работоспо-

собна. По нашему опыту, даже печи, показанные на фотографии, могут служить еще 5–10 лет, а инвестиции в новую печь в 5–10 раз выше, чем в новую современную автоматику. Таким образом, перейдя на современ-

Технические проблемы
Низкая точность измерения и регулирования
Бумажная регистрация: идентификация изделий отсутствует, сложность хранения, поиска, обработки диаграмм
Низкая точность позиционного регулирования (Вкл/Выкл)
Отсутствуют системы аварийных защит и технологических сигнализаций
Отсутствуют системы управления временем
Износ контакторов и перегорание нагревателей
Отсутствует автоматическое управление вспомогательными механизмами

Рис. 2. Технические проблемы

Человеческий фактор
Производственный процесс не технология, а искусство термиста
Низкая воспроизводимость процессов
Отсутствует объективный контроль за технологической дисциплиной и действиями персонала
Сильная зависимость от квалификации и опыта персонала
Сложность привлечения молодых специалистов
Низкая производительность труда
Неэффективные затраты на зарплату при неравномерной нагрузке

Рис. 3. Человеческий фактор

Информационная ограниченность
Решения и информация локальные (привязаны к объекту)
Современные информационные технологии не применимы
Информация недоступна заинтересованным пользователям
Нет интеграции в единую информационную систему оборудования различных производителей, типов и возрастов
Бумажный и ручной мониторинг (регистрация, архив, отчеты)
Отсутствует централизованное управление технологическими режимами и оборудованием
Система не позволяет оптимизировать квалификационные требования к персоналу
Нет разграничения прав и ответственности

Рис. 4. Информационная ограниченность



Рис. 1. Печь термообработки со шкафом управления

менную автоматику (и затратив 15–20 % от стоимости печи), можно получить совершенно иное качество.

Предмет обсуждения данной статьи – система автоматики. Сразу оговоримся, что сказанное ниже относится к устаревшим печам, однако многое будет справедливо и по отношению к новым современным печам.

Итак, типичное решение на старых печах выполнено на приборах ДИСК или КСП и обладает особенностями, которые мы обозначим как «Технические проблемы» (рис. 2).

Эти проблемы во многом решены на современных печах. Но даже там не уделяется достаточно внимания электронной регистрации и видеографическому отображению данных, системам защит и сигнализации, автоматическому управлению временем термообработки. И это при том, что время является таким же важным технологическим параметром, как и температура.

Второй комплекс проблем, присущий как старым, так и многим новым решениям, можно назвать «Человеческий фактор» (рис. 3).

И наконец, следующий блок проблем (назовем его «Информационная ограниченность») даже в современных системах решен крайне редко (рис. 4).

#### Требования международных стандартов

Несмотря на то что технические проблемы в современных системах во многом решены, есть аспекты, которые стоит обсудить подробнее. Речь идет о тех требованиях, которые предъявляются к термическому оборудованию и системам измерения, контроля и регулирования в тех случаях, когда обрабатываются особо ответственные изделия (например, в авиакосмической отрасли). За рубежом эти требования сформулированы в документах программы NADCAP (National Aerospace and Defence Contractors Accreditation Program – «Национальная программа аккредитации в аэрокосмической и оборонной отраслях») и стандарта AMS 2750 (Aerospace Material Specifications – «Технические условия на авиационно-космические материалы»).

Почему мы здесь обращаем внимание на эти документы? Во-пер-

вых, это передовой опыт, который так или иначе распространяется по всему миру (аналогично стандарту ISO 9001). Во-вторых, предпринимаемые сейчас нашими компаниями попытки начать сотрудничество с иностранными предприятиями в указанных отраслях неизбежно наталкиваются на необходимость аккредитоваться по NADCAP или, как минимум, соблюдать на практике требования стандарта AMS 2750.

Суть этих документов заключается в реализации следующей цепочки утверждений:

- определенные ответственные применения изделия обуславливают соответствующие требования к обработке (точность и равномерность температурного режима);

- термообработка относится к разряду специальных процессов (Пункт 7.5.2 стандарта ИСО 9001: «[Специальными называются] все процессы производства и обслуживания, результаты которых нельзя проверить посредством последовательного мониторинга или измерения <...> [К ним относятся все процессы], недостатки которых становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставления услуги»). Как вам это понравится, если речь о детали самолета?

- необходимый по технологии уровень точности поддержания температурного режима предполагает жесткие требования не только к точности применяемой системы автоматики, но и к составу оборудования такой системы;

- применяемое оборудование системы измерения в зависимости от требований к уровню точности температурного режима должно соответствующим образом проверяться (объем и частота проверок).

Итак, следует очень важный вывод: требуется не только точность средств измерения, но и определенный состав оборудования, а также определенный объем и частота проверок.

По существу, сформулированные требования воплощают важнейший принцип системы менеджмента качества ISO 9001: «Правильные процессы обеспечивают правильные результаты».

Согласно AMS 2750, оборудование для термообработки металлов в зависимости от однородности температурного поля в рабочей зоне делится на 6 классов (рис. 5).

Также устанавливается 5 типов контролирующей и регулирующей аппаратуры, применяемой в термическом оборудовании (рис. 6).

И наконец, в стандарте устанавливается связь между термическим оборудованием определенного класса и необходимым для него составом аппаратуры.

Тип аппаратуры Е возможен только для термооборудования класса 6 с температурной однородностью  $\pm 28$  °С. Печи классов 1–5 уже требуют применения аппаратуры типов А, В, С или D. Тип аппаратуры В, который предполагает установку термоэлемента в загрузку, равнозначен типу С, где термоэлемент в загруз-

Класс термооборудования	Однородность температуры, °С
1	$\pm 3$
2	$\pm 6$
3	$\pm 8$
4	$\pm 10$
5	$\pm 14$
6	$\pm 28$

Рис. 5. Классификация термооборудования по однородности температуры

Состав аппаратуры (на каждую зону регулирования)	Тип аппаратуры				
	А	В	С	Д	Е
Регулирующий термоэлемент с регулятором	+	+	+	+	+
Запись значений температуры, измеренных регулирующим термоэлементом	+	+	+	+	
Датчики в самой холодной и самой теплой точках с функцией записи	+		+		
Один термоэлемент в загрузке с функцией записи	+	+			
Одно независимое устройство защиты от перегрева с отдельным термоэлементом	+	+	+	+	
Общее количество термоэлементов	5	3	4	2	1

Рис. 6. Классификация аппаратуры по составу

ке не используется, но устанавливаются два термоэлемента в самых холодных и горячих точках. В зависимости от того, какой тип аппаратуры используется (А, В/С или D), определяется требование к частоте проверок: у типа А реже, чем у В/С, и тем более чем у D. Таким образом, крупные инвестиции в более полную и сложную по составу аппаратуру (то есть в используемый тип аппаратуры) окупаются за счет уменьшения регулярных затрат на требуемые проверки.

Насколько выполняются описанные требования по отношению к оборудованию, показанному на фотографии в начале статьи?

По тому уровню точности, которая заявлена на данное оборудование (то есть по уровню технологических требований к обработке деталей), печь на фото относится к 3–4 классу (с однородностью температуры  $\pm 8-10$  °С). Применяемое оборудование имеет регулирующий термоэлемент и производит запись значений температуры, измеренных с его помощью. Однако отсутствует независимое устройство защиты от перегрева с отдельным термоэлементом. Таким образом, по составу применяемая аппаратура точно относится к типу E, но не дотягивает до D (а значит, классифицируется все же как E). А как мы уже отмечали выше, тип аппаратуры E допустимо применять на термооборудовании только класса 6. Налицо несоответствие требованиям AMS 2750.

Справедливости ради следует сказать, что в большинстве случаев применения современного отечественного термооборудования наблюдается явное несоответствие в цепочке «требования технологии для изделий данного уровня ответственности — класс термооборудования — тип применяемой аппаратуры», которое задается требованиями AMS 2750. Иностранные производители, более плотно знакомые с требованиями AMS 2750, предлагают термооборудование, в котором эти требования в необходимых случаях учтены.

#### Комплексное решение

Описанная выше ситуация побудила НПФ «КонтрАвт» разработать и начать производство измерительно-вычислительного комплекса

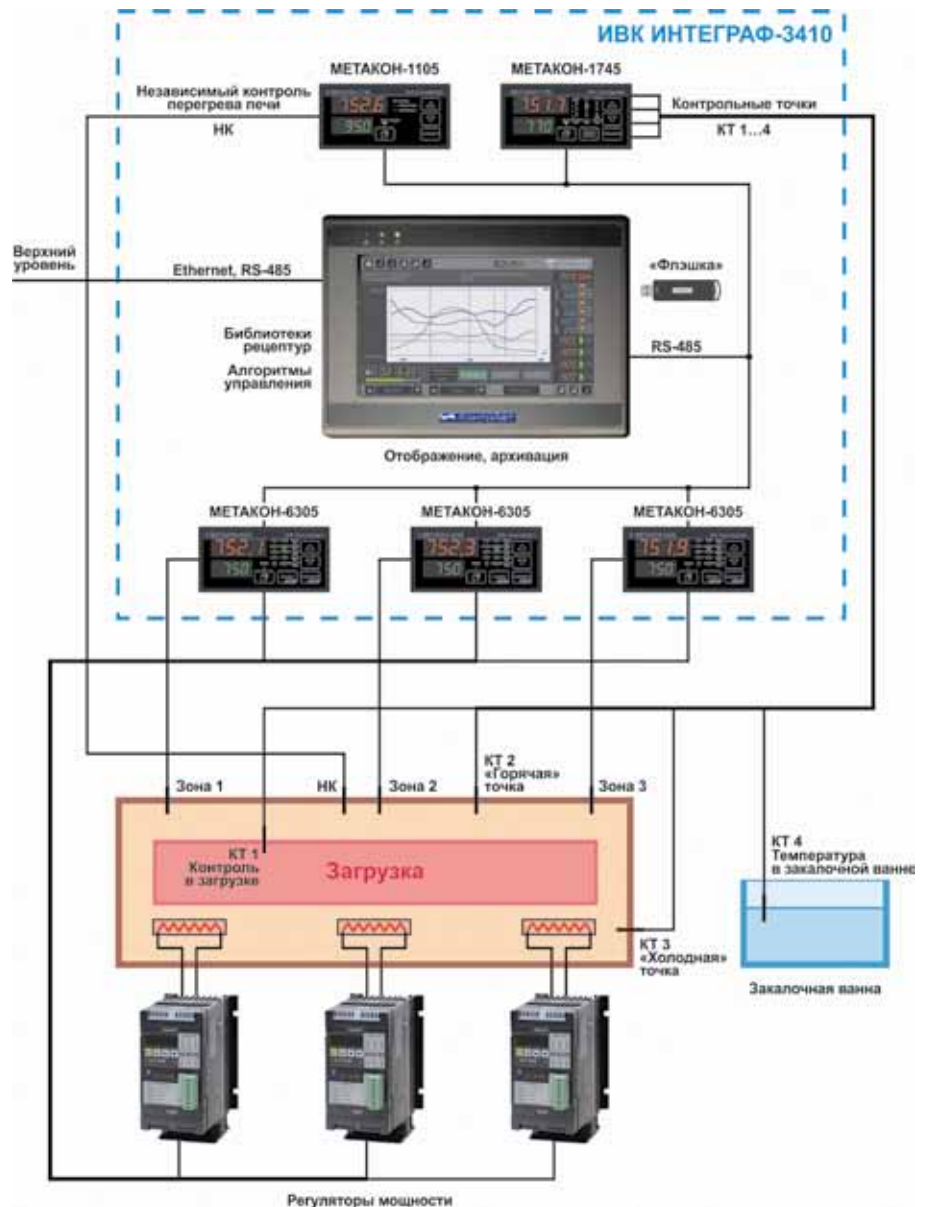


Рис. 7. Структурная схема применения контроллера-регистратора «ИНТЕГРАФ-3410»

(ИВК) «ИНТЕГРАФ-3410» для работы с электротермическим оборудованием. По сути, это специализированный видеографический контроллер-регистратор, предназначенный для решения целого комплекса вопросов по автоматизации трехзонных печей (выпускаются модели для одной и двухзонных печей). Комплекс обеспечивает:

- ▶ прецизионное измерение температуры в каждой зоне;
- ▶ высокоточное ПИД-регулирование в каждой зоне;
- ▶ реализацию температурно-временного алгоритма «разогрев — выдержка — охлаждение»;
- ▶ формирование сигналов с выходами на реле, привязанных к исполнению временного алгоритма;

▶ сигнализацию по уровню температуры в каждой зоне с выходами на реле («выход за технологический допуск», «аварийный перегрев», а также два вида сигналов, задаваемых пользователем);

▶ прецизионное измерение технологических параметров по 4 дополнительным каналам. Эти каналы измерения могут применяться для контроля температуры в загрузке, в холодных и горячих точках печи, во вспомогательном оборудовании (например, в закалочных ваннах). Однако, применяя нормирующие измерительные преобразователи НПСи, по ним можно измерять и другие технологические параметры: давление, вакуум, расход, влажность, ток и мощность нагрузки и пр.

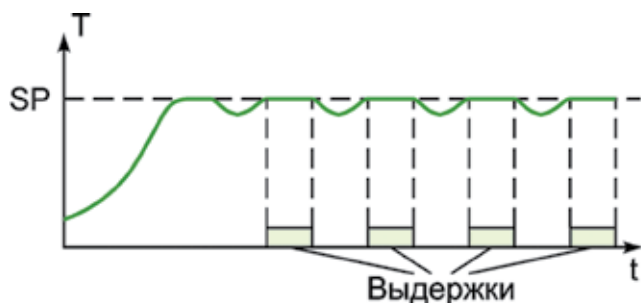


Рис. 8. График температуры непрерывного процесса при многократной загрузке

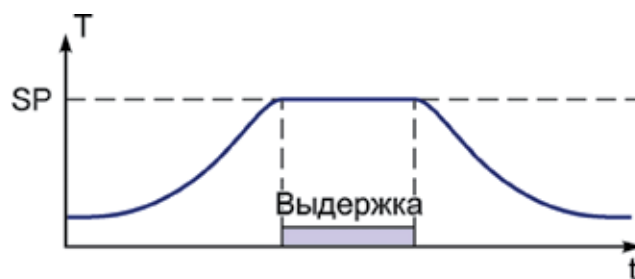


Рис. 9. График температуры конечного процесса при однократной загрузке

- ▶ сигнализацию по 4 дополнительным каналам с выходами на реле;
- ▶ полностью независимый канал измерения температуры с сигнализацией для защиты от перегрева термооборудования;
- ▶ регистрацию, архивирование и видеографическое отображение всех измеренных параметров, входных и выходных дискретных сигналов;
- ▶ формирование и использование библиотеки рецептов;
- ▶ запись журнала событий;
- ▶ просмотр архивных данных;
- ▶ связь с верхним уровнем для передачи данных и диспетчерского управления.

Структурная схема применения видеографического контроллера-регистратора «ИНТЕГРАФ-3410» приведена на рис. 7.

Как видим, «ИНТЕГРАФ-3410» обеспечивает необходимый состав аппаратуры. В зависимости от числа зон в печи и требований, предъявляемых к процессу термообработки, данный контроллер-регистратор позволяет реализовать состав аппаратуры, относящийся к типам С, В и даже А.

Особо отметим, что видеографический контроллер-регистратор «ИНТЕГРАФ-3410» не только обеспечивает необходимый состав аппаратуры, но и реализует температурно-временные алгоритмы.

Среди огромного множества технологических процессов термической обработки материалов (изделий) можно выделить два, которые особенно распространены. Это процесс термической выдержки материала (изделия) при определенной темпе-

ратуре с заданным временем, а также его разновидность — процесс разогрева, выдержки и охлаждения изделия вместе с термическим оборудованием. Графики температуры, характерные для этих двух процессов, показаны на рис. 8 и 9. Термообработка в соответствии с графиком на рис. 8 часто применяется для металлических изделий в шахтных и камерных печах, при сушке материалов в камерах сушки, при обработке порошковых покрытий в камерах полимеризации, в прессах резинотехнических изделий и т.п. Ярким примером процесса, который ведется по графику, показанному на рис. 9, может служить термообработка металлов в вакуумных печах.

Более подробное описание функциональных возможностей и технических характеристик «ИНТЕГРАФ-3410» мы планируем опубликовать в следующем номере журнала «ИСУП».

Все нюансы управления, вызванные температурно-временными зависимостями и требованиями технологий, были описаны в статье «Специализированный контроллер для управления термической обработкой изделий с алгоритмом «разогрев — выдержка — охлаждение» («ИСУП». 2014. № 2). Тем, кто интересуется решением проблем, которые выше были названы «информационной ограниченностью», будет полезна статья «Системы контроля и управления температурно-временными режимами в электротермическом оборудовании» («ИСУП». 2011. № 5), в которой обсуждаются вопросы комплексной автоматизации, сбора

и обработки информации и диспетчерского управления на уровне цеха и завода в целом.

Как видим, регистратор «ИНТЕГРАФ-3410» представляет собой интегрированное решение, которое полностью «закрывает» все основные вопросы измерения, управления, сигнализации, регистрации в задачах высококачественной термообработки ответственных металлических изделий в соответствии с международными требованиями. Решение, построенное на базе ИВК «ИНТЕГРАФ-3410», позволяет не только преодолеть большинство технических проблем, но и решить основные вопросы из разделов «Человеческий фактор» и «Информационная ограниченность». Для технической реализации решения необходимо только добавить измерительные датчики, силовые коммутационные элементы (регуляторы мощности) и конструктивную оболочку (шкаф). Однако полное решение вопросов из разделов «Человеческий фактор» и «Информационная ограниченность» требует от руководства предприятий, конечно же, изменения процессов и проведения серьезных организационных мероприятий (распределение должностных обязанностей и ответственностей, порядок информационного обмена и т.п.).

А. Г. Костерин, генеральный директор,  
Д. В. Громов, главный инженер,  
НПФ «КонтрАвт», г. Нижний Новгород,  
тел.: +7 (831) 260-1308,  
e-mail: sales@contravt.ru,  
[www.contravt.ru](http://www.contravt.ru)