

Системы контроля и управления температурно-временными режимами в электротермическом оборудовании



Представлено описание функциональных возможностей и технических характеристик систем контроля и управления температурно-временными режимами в электротермическом оборудовании.

ООО НПФ «КонтрАвт», Нижний Новгород

Области применения

Производство продукции во многих отраслях промышленности связано с термической обработкой исходных материалов или изделий в соответствии с требуемыми температурно-временными режимами, которые определяются технологией производства данных видов продукции. Для обеспечения этих температурно-временных режимов применяется электротермическое оборудование (далее – ЭТО), управление которым осуществляется соответствующей системой контроля и управления.

Перечень таких технологических процессов очень велик. Назовем только некоторые из них.

- Термическая обработка металлов в машиностроении, авиастроении, автомобилестроении, судостроении применяется в таких процессах, как: закалка, отпуск, отжиг, азотирование, цементирование, нагрев под штамповку и т. п. В качестве ЭТО для этих целей применяются камерные, шахтные, колпаковые, муфельные печи различных конструктивных исполнений.

Термическая обработка керамических материалов при производстве строительных материалов, посуды, художественных изделий в печах обжига.

- Термическая обработка стекла в процессах молирования и фьюзинга стекла.

- Термическая сушка лакокрасочных покрытий в камерах сушки.

- Термическая обработка порошковых полимерных покрытий в камерах полимеризации.

- Термическая сушка материалов в сушильных шкафах, проходных печах.

- Термическая обработка в термопластавтоматах, экструдерах при производстве пластмассовых изделий и пленок.

- Термическая обработка продуктов питания.

- Термическая обработка при проведении лабораторных исследований, при производстве ювелирных изделий.

Несмотря на такое разнообразие процессов и применяемого ЭТО, есть некоторые факторы, которые являются общими для всех и важны для целей настоящей статьи.

Во-первых, как следует из самого названия статьи, речь пойдет только об электротермическом оборудовании. Это означает, что температурный режим обеспечивается электронагревательными приборами.

Во-вторых, процесс термической обработки ограничен во времени. Более того, зависимость температурного режима от времени в ряде случаев является принципиальным технологическим требованием. В рамках данной статьи мы рассмотрим три характерных вида температурно-временных режимов.

Режим «Непрерывный»

В ЭТО поддерживается постоянный температурный режим (см. рис. 1), а обрабатываемые материалы (сырье, изделия) помещаются в зону нагрева на определенное время. Например, в проходных печах это может обеспечиваться транспортной системой типа конвейера, а в камерных и шахтных печах может проводиться загрузка/выгрузка с помощью манипуляторов или кранов. Обратим внимание на то, что во втором случае при загрузке/выгрузке в температурный режим в ЭТО вносится возмущение, которое трудно контролировать. В любом случае, несмотря на то, что в ЭТО поддерживается постоянный

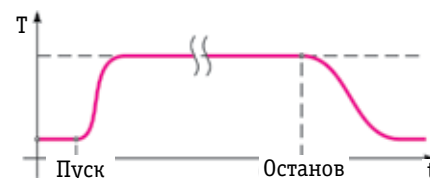


Рис. 1. Непрерывный режим нагрева

температурный режим, изделие сначала нагревается, затем выдерживается при постоянной температуре и наконец остывает.

Режим «Разогрев-удержание»

В отличие от предыдущего в этом случае температурный режим в ЭТО меняется, хотя и по простейшему закону: вначале в охлажденное ЭТО помеща-

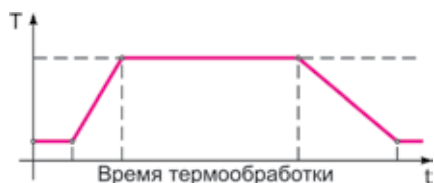


Рис. 2. Режим заданного разогрева и временной выдержки

ется изделие, затем производится контролируемый нагрев с заданной скоростью, по достижении требуемого уровня температуры изделие выдерживается заданное время, после чего происходит охлаждение (контролируемое или нет) и выгрузка. График температуры от времени в ЭТО имеет вид трапеции (см. рис. 2). Это простейший вид температурной зависимости.

Режим «Программное управление по заданной временной циклограмме»

Этот режим отличается от предыдущего более сложной зависимостью температуры от времени (см. рис. 3).



Рис. 3. Режим программного управления по заданной временной диаграмме

В-третьих, технологией производства может быть предусмотрена необходимость поддержания в ЭТО не только температуры, но и других технологических параметров, например давления, уровня вакуума, концентрации газов и т. п.

Наконец, сложность ЭТО варьируется от простейшего сушильного шкафа до сложнейших систем. В последних может понадобиться специальная система управления вспомогательными устройствами и системами. Разнообразие ЭТО иллюстрирует рис. 4.

Итак, непосредственно в электротехническом оборудовании протекает термическая обработка и создается необходимый режим, а система контроля и управления собственно управляет этим режимом. Конечно, для конечного пользователя понятие ЭТО включает и то, и другое. В данной статье мы специально выделяем си-



Рис. 4. Примеры электротермического оборудования различного технологического назначения

стему управления по следующим причинам.

Если говорить об изготовлении нового ЭТО, то производство ЭТО и системы управления — технологически разные вещи. Как правило, для производителя ЭТО система управления — непрофильная деятельность. В этом смысле предлагаемые здесь системы НПФ «КонтрАвт» могут быть интересны производителям ЭТО.

В российских условиях, вероятно, даже более важным и интересным является применение новых систем управления для модернизации уже применяемого ЭТО. Как показывает опыт, на отечественных предприятиях типичной является следующая ситуация.

Физическое состояние ЭТО имеет износ 60–80%. Это означает, что конструктивная часть ЭТО может служить еще 5–15 лет.

Система управления морально и физически устарела практически на 100%. Ни метрологические характеристики, ни качество поддержания параметров не соответствуют современным требованиям. Кроме того, устаревшие системы управления, как правило, не обеспечивают управление температурой во времени, сбор и архивирование данных, подготовку отчетов.

Приобретение нового ЭТО невозможно по финансовым причинам.

Выходом из создавшейся ситуации может быть применение новых систем управления со старым ЭТО.

Что это дает и почему?

Как уже отмечалось, само оборудование еще может служить много лет при незначительном ремонте конструктивной части.

Новая система обеспечивает характеристики ничуть не ниже, чем система на новом оборудовании. В частности, это означает, что на таком обновленном оборудовании можно обеспечивать такие технологические требования, которые раньше были просто невозможны. Как следствие, это может привлечь новые, в том числе и иностранные, заказы. В нашей практике бывали случаи, когда первый же заказ после модернизации системы окупал многократно вложения в модернизацию.

Стоимость системы управления составляет, как правило, 10–15% от стоимости всего ЭТО. Это означает, обновление ЭТО и получение принципиально другого уровня его характеристик можно произвести за счет минимальных средств. А это значит, что инвестиционная привлекательность такого решения многократно выше.

Без сомнения, можно утверждать, что главным результатом внедрения современных систем контроля и управления электротермическим

оборудованием является повышение конкурентоспособности предприятия за счет следующих факторов:

- повышения качества продукции;
- сокращения затрат на брак;
- экономии электроэнергии;
- увеличения ресурса и повышения надежности электротермического оборудования;
- сокращения трудозатрат и исключения человеческого фактора;
- повышения технологической дисциплины и роста ответственности персонала.

Выполняемые функции Системы обеспечивают:

- одно- и многозонное управление температурными режимами работы электротермического оборудования;
- различные виды управления температурными режимами:
 - а) непрерывное;
 - б) разогрев-удержание;
 - в) программное управление по заданной временной циклограмме;
- бесконтактную коммутацию нагревательных элементов, в том числе через трансформатор;
- управление вспомогательным оборудованием и системами;
- независимый контроль и регистрацию технологических параметров, аварийных режимов, действий персонала;
- сигнализацию о предельных и аварийных режимах работы;
- сбор данных, архивирование, подготовку отчетов о технологических параметрах, действиях операторов, аварийных ситуациях;
- управление оборудованием как со шкафов, так и с автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора.

Функциональная структура системы

Полномасштабная Система контроля и управления состоит из ряда функциональных подсистем. Функциональная структура системы контроля и управления представлена на рис. 5.

Подсистема управления температурным режимом является обязательным элементом. Наличие всех остальных систем определяется технологией, которая реализуется в ЭТО, задачами, стоящими перед системами управления, конструк-

цией ЭТО, а также иными требованиями заказчика, связанными с безопасностью, необходимостью сбора и хранения данных и т. п.

Обычно структура системы контроля и управления состоит из следующих уровней:

Уровень 1. Датчики, регистрирующие параметры и события в системе. Исполнительные устройства и механизмы: контакторы, твердотельные реле, электроприводы, электроклапаны, реле и проч.

Уровень 2. Измерительные и регулирующие приборы, преобразующие сигналы датчиков в цифровую форму и формирующие алгоритмы управления температурно-временными режимами, а также контроллеры.

Уровень 3. Серверы – хранилища данных, в которых собираются измеренные параметры и события.

Уровень 4. Собранная информация обрабатывается и представляется персоналу в удобном и наглядном виде. Доступ к ней осуществляется через автоматизированные рабочие места (АРМ), но современные технологии позволяют получать информацию и через SMS-сообщения, и через Интернет.

Уровни 1 и 2 – обязательные, наличие остальных диктуется составом подсистем.

Подсистема управления температурным режимом

Как уже отмечалось, это основная подсистема, и она обязательно присутствует.

Выполняемые функции:

- измерение температуры;
- регулирование температуры по позиционному или ПИД-алгоритму;
- управление температурным режимом. Возможные варианты:
 - а) непрерывный нагрев на постоянном уровне;
 - б) нагрев и выдержка в течение заранее заданного времени;
 - в) программное управление нагревом по заданной временной циклограмме;
- регулирование мощности нагревателей с применением либо широтно-импульсной, либо фазово-импульсной модуляции, бесконтактная коммутация;
- сигнализация в случае нарушения температурных режимов, предусмотренных технологическим регламентом;
- сигнализация аварийных ситуаций: обрыв датчиков, обрыв в контуре управления;
- нарушение работоспособности;
- передача данных в подсистему сбора, регистрации и архивирования



Рис. 5. Функциональная структура системы контроля и управления

ния данных и в подсистему управления комплексом оборудования;

- индикация режимов работы.

Подсистема независимого контроля аварийных режимов

Это подсистема хоть и не относится к числу обязательных, но является чрезвычайно важной с точки зрения предотвращения аварийных ситуаций и разрушения ЭТО. Канал прохождения всех сигналов и оборудование этой подсистемы являются полностью независимыми от других подсистем. Эта подсистема независимо контролирует температурный режим в ЭТО и полностью отключает нагрев, если обнаруживается превышение предельно допустимых уровней, после которых возможно разрушение ЭТО. Устанавливается по требованию заказчика на сложном и дорогостоящем ЭТО с целью снижения рисков разрушения ЭТО. В простейших видах ЭТО — эта задача также решается, но в целях снижения стоимости она может быть реализована на технических средствах подсистемы управления.

Выполняемые функции:

- измерение температуры (при необходимости и других технологических параметров) по полностью независимым каналам;
- сигнализация в случае нарушения предельно допустимых режимом (возможна предупредительная и аварийная сигнализация) с подачей световых и звуковых сигналов;
- блокировка нагрева с полным отключением электронагревателей;
- передача данных в подсистему сбора, регистрации и архивирования данных и в подсистему управления комплексом оборудования.

Подсистема управления вспомогательными системами и оборудованием

Устанавливается при наличии дополнительных систем и оборудования по требованию заказчика. Возможные виды управления вспомогательными системами и оборудованием:

- управление системой подачи обрабатываемой продукции;
- управление транспортными системами;
- управление вентиляцией, циркуляцией, продувкой;

▸ управление системой подачи газов, необходимых при термообработке;

- управление вакуумными системами;
- управление блокировками;
- управление системой учета обработанной продукции.

Подсистема сбора, регистрации и архивирования данных

Дополнительная подсистема. Устанавливается по требованию заказчика при термообработке ответственной и дорогостоящей продукции. Установка этой подсистемы оказывается принципиальной в тех случаях, когда требуются свидетельства на готовую особо ответственную продукцию. Возможные варианты решения:

Вариант 1. Применение Накопителей-архиваторов DataBox.

Самое простое и дешевое решение. Применяется при небольшом числе точек контроля и единиц оборудования, когда не требуется постоянное визуальное наблюдение за процессом. Данные собираются на Накопитель-архиваторе DataBox, а затем с помощью flash-носителя переносятся на компьютер для визуального наблюдения, анализа, подготовки отчетов.

Вариант 2. Применение электронных регистраторов (электронных самописцев) с панелью отображения.

Регистраторы устанавливаются на Шкафах контроля и управления непосредственно у электротермического оборудования. Применение регистраторов обеспечивает:

- визуальное отображение на графической панели информации о процессах и событиях в виде графиков, гистограмм, индикаторов;
- архивирование данных;
- контроль временных циклограмм в случае программного управления нагревом;
- формирование дополнительных сигнализаций.

Вариант 3. Сбор, регистрация и архивирование данных в подсистеме управления комплексом оборудования.

Подсистема управления комплексом оборудования

Дополнительная подсистема. Рекомендуются устанавливать при

большом числе подконтрольных параметров, большом числе единиц электротермического оборудования, при термообработке ответственной и дорогостоящей продукции, при необходимости анализа и совершенствования технологии термообработки, а также при необходимости подготовки отчетности.

Выполняемые функции:

- сбор данных по сети от отдельных шкафов управления;
- архивирование данных на сервере;
- визуальное отображение на дисплее автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора информации о процессах и событиях в виде графиков, гистограмм, индикаторов;
- задание с АРМа оператора всех температурных режимов (в том числе и временных циклограмм), уровней сигнализации, хранение всех заданий в библиотеке технологических режимов;
- управление с АРМа оператора вспомогательными системами и оборудованием;
- анализ исторических данных с целью выработки мероприятий по повышению качества термообработки;
- регистрация действий персонала;
- формирование так называемых технологических паспортов деталей, содержащих информацию о дате и времени термообработки, значениях технологических параметров за время термообработки, Ф.И.О. термиста и прочую необходимую информацию;
- передача информации в смежные системы по высокоскоростным линиям связи, доступ к данным через Интернет;
- передача SMS-сообщений о важных (аварийных) событиях.

Конструктивное исполнение системы

Конкретная реализация системы контроля и управления сильно зависит от решаемой задачи, вида ЭТО, масштабов системы. Обычно на каждую единицу ЭТО изготавливается отдельный Шкаф контроля и управления (ШКУ), однако в ряде случаев оказывается целесообразным разместить систему управле-



Рис. 6. Шкаф напольного исполнения с управлением системой и индикацией измеренных параметров на локальных измерителях-регуляторах

ния несколькими единицами ЭТО в одном ШКУ. При необходимости ШКУ объединены в единую систему по сети RS-485. По этой же сети данные поступают на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. ШКУ изготавливаются в напольном (рис. 6) и настенном (рис. 7) исполнении. Объем информации, отображаемой на ШКУ, также может сильно различаться. Либо это информация на локальных регуляторах, либо на панели оператора. Однако вся информация может быть представлена и на АРМ оператора.



Рис. 7. Шкаф настенного исполнения с управлением системой и индикацией измеренных параметров на графической панели

Преимущества системы контроля и управления

Применяемый принцип построения и архитектура системы контроля и управления обуславливает ряд преимуществ, которые позволяют пользователю получить оптимальное для него решение:

- ▶ модульность

Система строится из отдельных подсистем и модулей, число модулей может наращиваться по мере необходимости и в разное время.

- ▶ масштабируемость

Масштаб системы может быть очень разным: от единиц до сотен точек контроля и управления.

- ▶ поэтапность создания

В соответствии с требованиями заказчика система может создаваться и вводиться в эксплуатацию поэтапно для отдельных единиц ЭТО, при этом на каждом этапе заказчик получает работающее полнофункциональное решение для данного ЭТО.

- ▶ гибкость архитектуры

Архитектура учитывает особенности объектов ЭТО, их взаимное расположение, информационные потоки, масштаб системы, этапность создания.

- ▶ разнообразие конструктивных решений

Большой выбор конструктивов обеспечивает наилучшее решение для выбранной архитектуры и масштабов системы.

Указанные особенности позволяют наиболее точно удовлетворять требования заказчика, учитывать особенности применяемого ЭТО, планировать развитие системы, постепенно наращивая возможности и масштабы системы.

В результате обеспечивается оптимизация финансовых затрат, повышается эффективность инвестиций и конкурентоспособность предприятия.

Порядок работы с заказчиком

Порядок работы с заказчиком в процессе создания системы достаточно традиционен и состоит из следующих основных этапов.

Этап 1. Согласование Технических требований (ТТ) (бесплатно).

Этап 2. Подготовка Технико-коммерческого предложения (ТКП) (бесплатно), принятие решения о реализации Проекта.

Этап 3. Детальное обследование объекта. Подготовка Технического задания (ТЗ).

Этап 4. Проектирование и изготовление системы, установка на объекте заказчика.

Этап 5. Пробная эксплуатация, устранение замечаний.

Как показывает наш опыт, следование указанным этапам позволяет в кратчайшие сроки с минимальными доработками и коррекциями получать главное: успешно и эффективно работающую систему контроля и управления, которая обеспечивает высокий уровень параметров ЭТО.

О.А. Баранов, коммерческий директор;

Д.В. Громов, технический директор;

А.В. Александров, начальник Сектора системных решений,

ООО НПФ «Контравт», Нижний Новгород,

тел.: (831) 260-0308,

sales@contravt.nnov.ru,

www.contravt.ru