

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОМПОНЕНТОВ СЕКЦИЙ КРЕПИ

Джерби Мохамед Шамседдин

Донецкий государственный технический университет

jmc@kita.dgtu.donetsk.ua

On the basis of the carried analysis of technology's manufacturing elements powered support is established, that a "narrow" place are the thermal operations. The two-level system of automation and control processes heat treatment providing automatic control temperature developed at heat treatment of details powered support, flexibility at a choice of furnaces, management of shop of heat treatment and coordination of his work with adjacent shops. Using this system in thermal shop has allowed to raise a synchronization's level technological routes.

Анализ аритмии, синхронизации и ритмичности работы производственных участков, показал низкий уровень синхронизации термических операций (0,3). Это обуславливается частым простоем печей, задержкой обработки деталей, длительностью загрузки и выгрузки деталей, малой гибкостью при выборе печи. Важным фактором является также технологический брак. Бракованные детали отправляются на повторную термообработку, что приводит к значительным дополнительным затратам времени и ресурсов. Поэтому для повышения уровня синхронизации работы термического цеха необходима автоматизация его работы на современном уровне.

Общей целью автоматизированной подсистемы управления термообработкой (АПСУ ТК) является своевременная (с точки зрения потребности сборочных участков) термообработка необходимых сборочных единиц (деталей) в соответствии с технологическими маршрутами и с минимальными затратами на термообработку.

С учетом структуры и организации процессов термообработки функции управления, решаемые на различных иерархических уровнях, можно разделить на две группы:

1) функции централизованного оперативного управления цехом термообработки (распределение потока деталей по участкам термообработки (УТ) и выдача на них уставок на нормативный режим термообработки), а также координация его работы со смежными цехами (учет текущих заделов деталей на сборочных участках-потребителях, с которых также посылаются запросы на участки, поставляющие заготовки в цех термообработки).

2) функции локального оперативного управления участками термообработки (регулирование режима работы нагревательной печи в соответствии с уставками, погрузочно-разгрузочные операции).

Следовательно, АПСУ ТК должна иметь двухуровневую иерархическую структуру, включающую две соответствующие функциональные подсистемы регулирования.

Принципы построения и функции подсистемы централизованного оперативного управления цехом термообработки (ЦОУ ЦТ) включают:

✓ Задачи управления: для каждой поступившей партии деталей ND-го типа необходимо выбрать NP-й УТ(печь), задать уставку на режим термообработки (температуру $\bar{\theta}(NP,ND)$ и время нагрева $T(NP,ND)$), а также выдать в необходимые моменты команды на ее загрузку в печь Z и выгрузку OT (по окончании термообработки).

✓ Метод решения задач управления: учитывая, что каждая из поставленных задач решается в различных производственных ситуациях по различным критериям и алгоритмам, целесообразно использовать при построении ЦОУ ЦТ принцип ситуационного управления[4].

✓ Критерии управления:

выбор NP-й печи для партии деталей типа ND осуществляется из подмножества печей \overline{NPS} , подходящих по специализации для данного вида термообработки:

$$NP \in \overline{NPS}, \quad (1)$$

так, чтобы обеспечивалось своевременное поступление деталей на соответствующий сборочный участок

$$t_{пс}(ND) < t_{оз}(ND), \quad (2)$$

где $t_{пс}(ND) = \bar{t}_c(NP) + \tau_v + \tau_{дс}(ND)$ – момент поступления партии деталей на ND-й сборочный участок; τ_v – время выгрузки деталей из печей; $\tau_{дс}(ND)$ – время доставки деталей типа ND на соответствующий сборочный участок; $t_{оз}(ND)$ – момент, когда задел деталей на ND-ом сборочном участке исчерпан. при минимальном расходе электроэнергии на термообработку:

$$[\text{Э}_{ур}(NP,ND) + \text{Э}_{то}(NP,ND)] \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{ур}(NP,ND)$ – расход электроэнергии на уравнивание фактической заданной для ND-й детали температур NP-й печи; $\mathcal{E}_{то}(NP,ND)$ – расход электроэнергии на термообработку ND-й детали в NP-й печи:

$$\mathcal{E}_{то}(NP,ND) = P_{потр} \cdot T(NP,ND), \quad (4)$$

где $T(NP,ND)$ – нормативное время термообработки; $P_{потр}$ – мощность, потребления ЭПС при заданном режиме термообработки, Вт:

Если вариант, удовлетворяющий ограничению (2) не найден (в случае нарушения синхронизации работы цехов), выбирается вариант, обеспечивающий минимальный простой сборочного участка из-за отсутствия данной детали к очередному такту сборки $t_{тс}(ND)$

$$T_{пр}(NP) = t_{тс}(ND) - t_{тс}(NP) \rightarrow \min, \quad (5)$$

✓ Принцип и период управления: учитывая необходимость контроля как результирующих характеристик цеха термообработки так и внешних независимых возмущений, в ЦОУ ЦТ использован комбинированный принцип управления, рациональный цикл опроса, исходя из максимальной скорости нагрева

$$VT_m = \frac{\Delta\theta_{Доп}}{\Delta t} \text{ град/мин.}$$

✓ Структура комплекса технических средств (КТС): На верхнем уровне АПСУ ТК (центральный диспетчер (ЦД) цеха термообработки) устанавливается центральная ЭВМ, осуществляющая централизованный сбор и накопление информации о состоянии объектов, решение задач оперативного управления и выдачу соответствующих команд, а также отображение перечисленной информации на дисплее диспетчера рис.1. Связь ЦД с объектами (участками термообработки УТ1-п и пунктом поступления деталей ППД) осуществляется посредством интеллектуального блока-шлюза (Смарт-шлюз). Основные его функции: прием и ретрансляция данных между контроллерами Ремиконти в сети "Транзит"; буферизация данных, проходящих по сети "Транзит"; выход на стандартные сети (выход на сеть Ethernet верхнего уровня). На объектах УТ1-п и ППД (сети Транзит нижнего уровня) установлены соответствующие микропроцессорные контроллеры Ремиконт (МПКР). МПКР выполняет следующие функции: ввод с клавиатуры и отображения на табло нужная информация (ND, NDP, NDO); сбор информации от объектов (от ДТ1-п фактическая температура θ), токовые сигналы от датчиков поступают на вход АЦП, где сигналы преобразуются в цифровой сигнал и поступает в основной блок Ремиконта. По заданному алгоритму сигналы обрабатываются в основном блоке и формируется управляющий сигнал который через ЦДП воздействует на электрический исполнительный механизм регулятор напряжения (РН1-п). Центральный диспетчер цеха (ЦД) имеет возможность следить за состоянием объектов и, при необходимости, корректировать с клавиатуры управляющие воздействия, формируемые ЦЭВМ. В случае отказа или отключения КТС, оператор может перейти на ручное управление с пульта МПКР, так как он имеет всю необходимую информацию (ΔT , OT , θ).

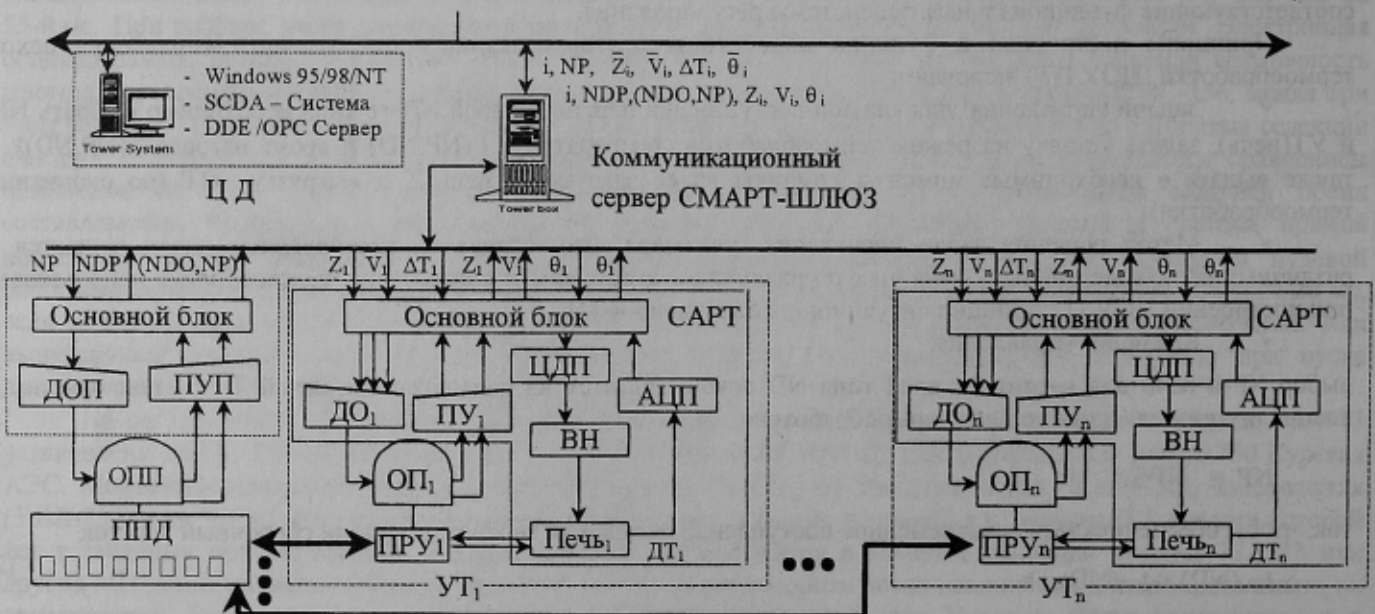


Рисунок 1 - Структурная схема АПСУ ТК

Задача управления на нижнем уровне сводится к осуществлению нагрева садки печи до определенной температуры $\theta_{нагр}$, соответствующей уставке $\theta_s(NP,ND)$; выдержки ее в печи заданное технологическим процессом время $t(NP, ND)$ при этой температуре, поддерживаемой с необходимой точностью, и остывание садки (быстрое при закалке и отпуске, медленное при отжиге и нормализации).

Для осуществления поставленной задачи управления построена система автоматического регулирования температуры (САРТ) ЭПС, структурная схема которой приведена на рис. 2а, состоящая из следующих элементов: задающее устройство (ЗУ); вычислительное устройство (ВУ); регулятор напряжения (РН); объект управления (ОУ) печь, термopара (ТП).

Объект управления (ОУ) - электрическая печь сопротивления является сложным неоднородным объектом рис. 2б, в котором можно выделить следующие основные элементы: нагреватели; футеровки; изделия. Чтобы упростить расчеты при определении динамических характеристик электропечей, вводим следующие упрощающие допущения.

Считая, что постоянной времени звеньев изделия, можно пренебречь по сравнению с постоянными времени нагревателя и стенки, футеровку печи можно принять за полуограниченное тело, для которого передаточная функция

$$W_{\Phi}(p) = \frac{1}{1 + \sqrt{T_{\Phi}} \cdot p}$$

Нагреватель считаем теплотехническое тонким телом, и его передаточную функцию можно определить как передаточную функцию инерционного звена первого

порядка
$$W_{\text{н}}(p) = \frac{1}{T_{\text{н}} p + 1}$$

Будем считать, что ЭПС является однородным, сосредоточенным и бесконечно тонким в теплотехническом отношении телом с постоянными теплоотдачей α

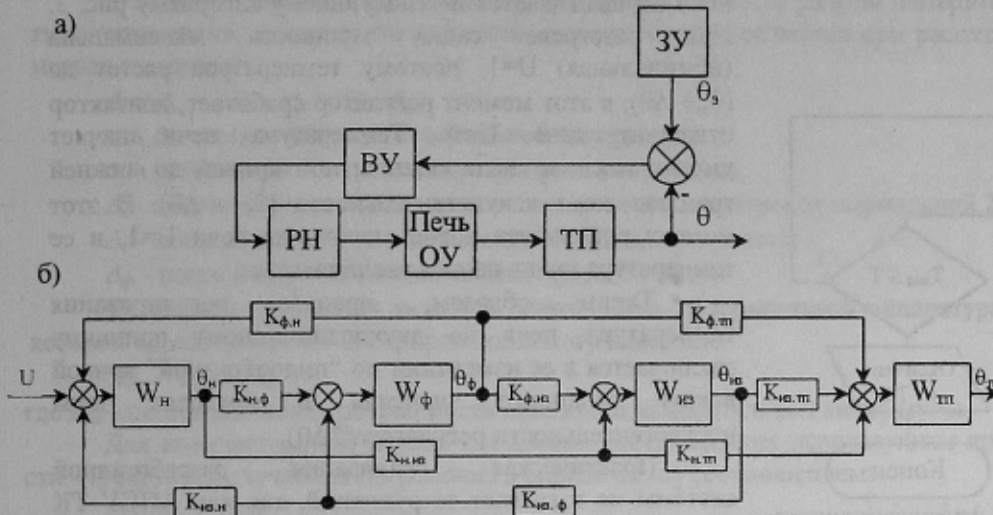


Рисунок 2 - Структурная схема система САРТ ЭПС

и теплоемкостью C [3]. Тогда уравнение энергетического баланса для ЭПС будет выглядеть так:

$$C \frac{d\theta}{dt} + \alpha\theta = P, \tag{6}$$

где θ - температура печи; P - мощность, вводимая в печь. Разделив обе части уравнения на α , приведем его к виду:

$$T_{\text{п}} \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_{\text{п}} P, \tag{7}$$

где $T_{\text{п}} = C/\alpha$ - постоянная времени печи, имеющая размерность времени;

$k_{\text{п}} = 1/\alpha$ - коэффициент передачи печи как звена САУ.

Переходя к операторной форме, получаем выражение для передаточной функции ЭПС:

$$W_{\text{п}}(p) = \frac{\theta(p)}{P(p)} = \frac{k_{\text{п}}}{T_{\text{п}} p + 1}, \tag{8}$$

где $\theta(p)$ и $P(p)$ - изображение по Лапласу соответственно температуры печи и мощности, вводимой в печь. Следовательно, в линеаризованной форме ЭПС представляет собой инерционное звено первого порядка.

Поведение системы регулирования температуры во многом определяется динамической характеристикой термоэлектрического преобразователя[1,3]. Его передаточная функция при наличии защитного чехла может быть аппроксимирована выражением:

$$W_{\text{ТП}} = \frac{K_{\text{ТП}}}{T_{\text{ТП}} p + 1} e^{-pt_0}, \tag{9}$$

где $K_{\text{ТП}}$ - безразмерный коэффициент передачи;

$T_{\text{ТП}}$ - постоянная времени, с;

t_0 - запаздывание, с.

Термоэлектрический термометр без защитного чехла практически не обладает запаздыванием и может быть аппроксимирован передаточной функцией инерционного звена первого порядка:

$$W_{ТП} = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП}P + 1}$$

Поведение системы регулирования температуры во многом определяется динамической характеристикой термоэлектрического преобразователя, который является основным источником запаздывания, особенно если он снабжен двумя защитными чехлами (керамическим и металлическим). Процесс регулирования температурным режимом печи может осуществляться как непрерывными, так и дискретными способами. В качестве регулирования используется дискретный метод – двухпозиционный. При таком регулировании в качестве исполнительного устройства (ИУ) используется тиристорный переключатель, обеспечивающий периодическое включение и выключение печи с большой допустимой частотой переключений.

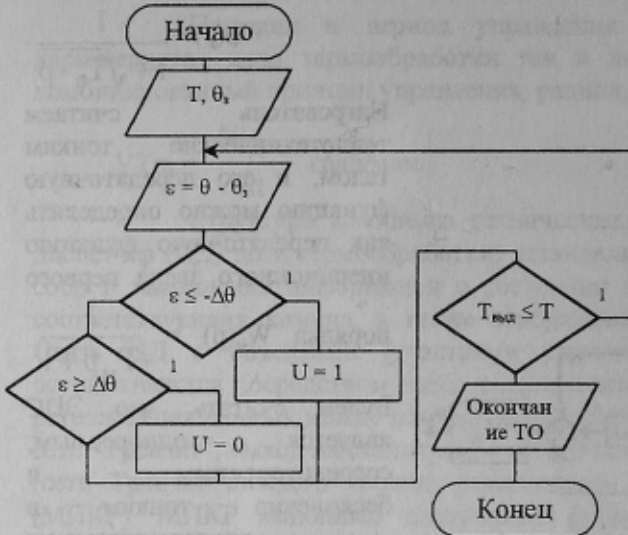


Рисунок 3 - Алгоритм работы двухпозиционного регулятора

Двухпозиционное регулирование температуры печи осуществляется по следующему алгоритму рис. 3. При разогреве садки мощность максимальна (номинальная) $U=1$, поэтому температура растет до $(\theta_3 + \Delta\theta)$, в этот момент регулятор сработает, контактор отключит печь $U=0$. Температура печи начнет уменьшаться по экспоненциальной кривой до нижней границы зоны нечувствительности $(\theta_3 - \Delta\theta)$. В этот момент произойдет новое включение печи $U=1$, и ее температура вновь начнет увеличиваться.

Таким образом, процесс регулирования температуры печи по двухпозиционному принципу заключается в ее изменении по “пилообразной” кривой вокруг заданного значения в пределах зоны нечувствительности регулятора $(2\Delta\theta)$.

Практическая реализация разработанной системы не вызывает затруднений, так как АПСУ ТК включает известные элементы: ЭПС, локальный регулятор, систему связи с объектом управления и центральную ЭВМ.

С помощью разработанного моделирующего алгоритма промоделировано и исследовано функционирование АПСУ ТК в реальных производственных ситуациях для условий Дружковского машиностроительного завода при различных критериях управления и в сравнении с существующей системой управления. Моделирование проведено за 100 смен на основе реальных нормативно-технологических, отчетных и статистических данных завода за второе полугодие 1999 г.. Сравнительная оценка эффективности исследуемых вариантов по среднестатистическим оценкам простоев сборочных участков из-за задержки термообработки, простоев печей, времени ожидания деталей, уровней синхронизации и затрат электроэнергии на термообработку показала, что наилучшие показатели достигаются при использовании разработанных алгоритмов автоматизированного управления и предложенных критериев управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукас В.А. Теория автоматического управления. Учеб. для ВУЗов. М., Недра, 1990.
2. Спорыхин В.Я., Джерби М.Ш. Комплексная система автоматизация технологических процессов изготовления крепей // СИЭТ6 – 99, Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людей. збірник наукових праць, випуск № 6, Київ 1999р.
3. Электрооборудование и автоматика электротермических установок: Справочник // Под.ред. А.П. гаузена, М. Д. Бершицкого, М. Я. Смелянского и др. Эдемского. М.: Энергия, 1978
4. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ 2 // Пер. с англ.: - М. "Мир", 1987г.