

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ ТЕПЛОЕМКИХ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Проведенные исследования [1,2,3] показывают, что расходование в нагревателях электропечей сопротивления (ЭПС) мощности при термообработке массивных металлоизделий по графику

$$P(t) = 5P_H \cdot e^{-5t/t_H},$$

где t_H – время нагрева до технологической температуры θ_3^0 при постоянной мощности $P(t) = P_H$, дает существенную экономию электроэнергии по сравнению с традиционным электронагревом с $P(t) = P_H = const$.

На рис. 1 представлен вариант схемы автоматического управления ЭПС, реализующей предлагаемый способ электронагрева под термообработку массивных изделий.

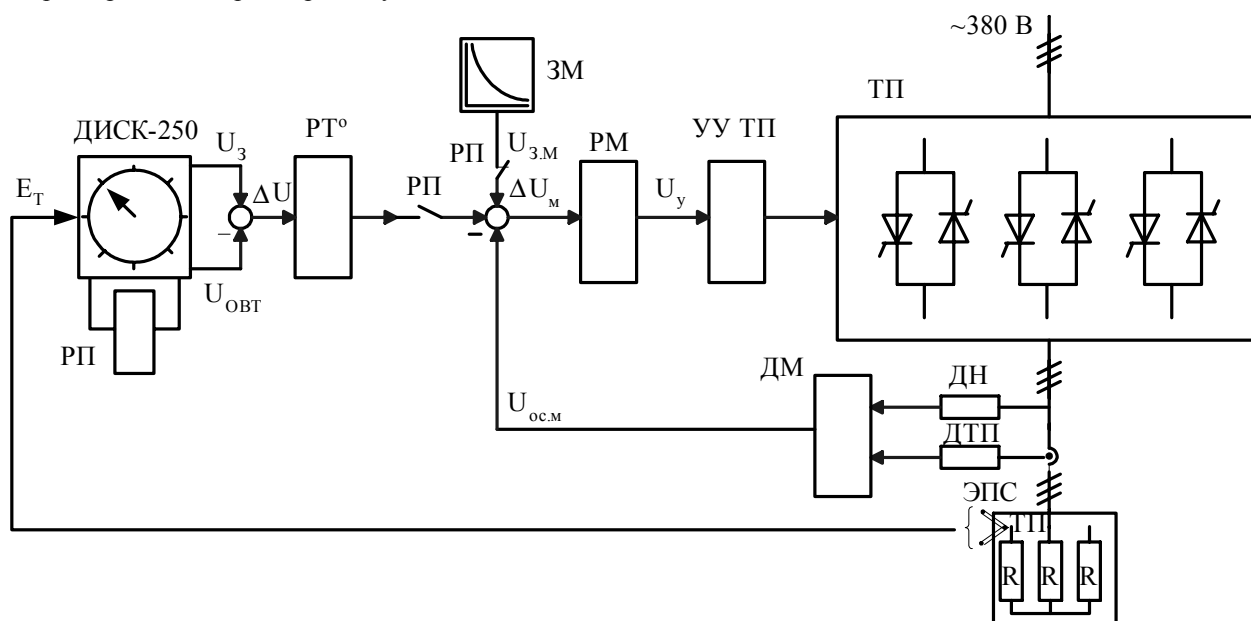


Рис. 1 – Оптимизированная система автоматического управления нагревом электропечи сопротивления

Начальная стадия t_H , во время которой температура рабочего пространства печи РПП и поверхность термообрабатываемого металлоизделия нагреваются до технологического значения θ_3^0 , осуществляется замкнутым контуром регулирования мощности, где задание на мощность формируется специальным задатчиком в виде за-

висимости $U_3(t) = 5e^{-5t/t_H}$, а затем отслеживается контуром автоматического регулирования за счет отрицательной обратной связи по фактическому значению мощности, расходуемой в нагревателях ЭПС. В контур входят: ЗМ – программируемый задатчик мощности; РМ – регулятор мощности с узлом сравнения сигналов задания и обратной связи на входе; ДМ – датчик мощности, работающий на основе перемножения сигналов тока и напряжения нагрузки; ТП – силовой тиристорный преобразователь с управляющим устройством УУТП.

ТП выполнен трехфазным с выходом на переменном токе. Выход ТП представляет собой синусоидальное напряжение сети 50 Гц, действующее напряжение которого практически без искажений регулируется широтно-импульсным методом. ТП работает фиксированными циклами $T_{Ц}$, длительность которых, обычно, составляет 2 или 4 с, т.е. 100 или 200 периодов сети 50 Гц. Сквозность γ_H циклов регулируется системой в пределах $(0 \div 100\%)T_{Ц}$. При этом напряжение и мощность регулируется достаточно плавно с точностью до $1/2$ периода сети.

$$U_{вых}(t) = \gamma_H \cdot U_{эф} \quad P_{вых}(t) = \gamma_M \cdot 5P_H$$

Регулируемое напряжение $U_{вых}$ либо представляет неискаженную синусоиду, когда тиристоры в цикле включены, либо отсутствует, когда тиристоры в паузах циклов заперты. Такие ТП особенно удобны для приме-

нения в многозонных ЭПС. Во-первых, потому, что в отличие от ТП с СИФУ преобразователи отдельных зон не влияют на управляемость друг друга, так как не содержат в своем напряжении искажений и гармонических составляющих; во-вторых, общая мощность источника многозонных ЭПС, обычно, превышает $5P_H$ зоны, что

позволяет легко реализовать искомую зависимость $P(t) = 5P_H \cdot e^{\frac{-5t}{T_H}}$; в-третьих, ТП отдельных зон при регулировании мощности не работают строго синхронно и потому не создают в сети низкочастотных субгармоник мощности, которые имеют место при синхронных включениях и отключениях мощных нагрузок.

ДИСК-250 – это стандартный измерительно-регулирующий прибор, который позволяет задавать уставку температуры θ_3^0 в виде положения на шкале температур и в виде аналогового сигнала U_3 , а также обеспечивает автоматическое измерение и визуальную индикацию текущей температуры. Выходом прибора является сигнал задания на температуру $+U_3$ и текущее значение сигнала обратной связи по фактической температуре $-U_{OC}$. Эти сигналы поступают на вход регулятора температуры РТ, который в функции рассогласования этих сигналов формирует на своем выходе регулирующее напряжение. Это напряжение на этапе предварительного нагрева t_H не используется из-за контакта РП, а когда достигается значение уставки θ_3^0 и выходное позиционное устройство прибора ДИСК-250 включит реле РП, то его переключающие контакты отсоединят вход регулятора мощности РМ от выхода программирующего задатчика ЗМ и подключит к выходу РТ. При этом образуется замкнутая двухконтурная система автоматического регулирования температуры с подчиненным контуром регулирования мощности, которая и будет с надлежащей точностью поддерживать θ_3^0 во время выдержки, используя обратную связь по температуре. ДИСК-250 позволяет многократно изменять уставку температуры θ_3^0 . При этом каждая смена уставки переводит схему устройства в исходное состояние с отключением РП и нагревом ЭПС с садкой в соответствии с рассмотренным выше алгоритмом нагрева до θ_3^0 . Поэтому предлагаемое устройство дает возможность вести эффективную термообработку и таких металлоизделий, скорость нагрева которых ограничена неким значением $\Delta\theta^0 / \text{час}$.

Широко распространены случаи, когда с целью повышения эффективности работы и экономии электроэнергии под модернизацию предоставляется одиночная ЭПС, питающаяся от трехфазного цехового трансформатора, который не обладает избытком установленной мощности. При этом реализация рассмотренного метода повышения эффективности с кратковременным использованием пятикратной мощности весьма затруднительна. Для таких случаев предлагается вариант силовой схемы ТП, которая приведена на рис. 2.

Трехфазный тиристорный преобразователь собран по мостовой схеме Ларионова с выходом на постоянном токе. Максимальное выпрямленное напряжение такого преобразователя $U_{d0} = 2,34U_{\phi.\text{эф}}$, которое легко подрегулировать до $U_{d0} = 2,23U_{\phi}$, чтобы обеспечить требуемое начальное значение

мощности $\frac{(2,23U_{\phi})^2}{R} = 5 \cdot \frac{U_{\phi}^2}{R}$ на каждом из соединенных параллельно нагревателей R .

Управляющее устройство УУ ТП в этом варианте можно выполнить фазово-импульсным с вертикальным принципом управления, что позволит более точно отслеживать желаемую зависимость для регулирования расходуемой в нагревателях мощности

$$P(t) = 5P_H \cdot e^{\frac{-5t}{T_H}}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Воинов В.В., Воинов В.П. Формирование высокоэффективных переходных процессов в электроприводе и электротермии. /Вісник НТУ «ХПІ», - 2008, - с.495

2. Воинов В.В., Воинов В.П. «Спосіб формування бажаних перехідних режимів» /Патент України №29614, - виданий 25.01.2008, - бюл. №2

3. Воинов В.В., Воинов В.П. Использование желаемых экспоненциальных траекторий для повышения эффективности переходных процессов. /Вісник НТУ «ХПІ», - 2008, - с.11-15

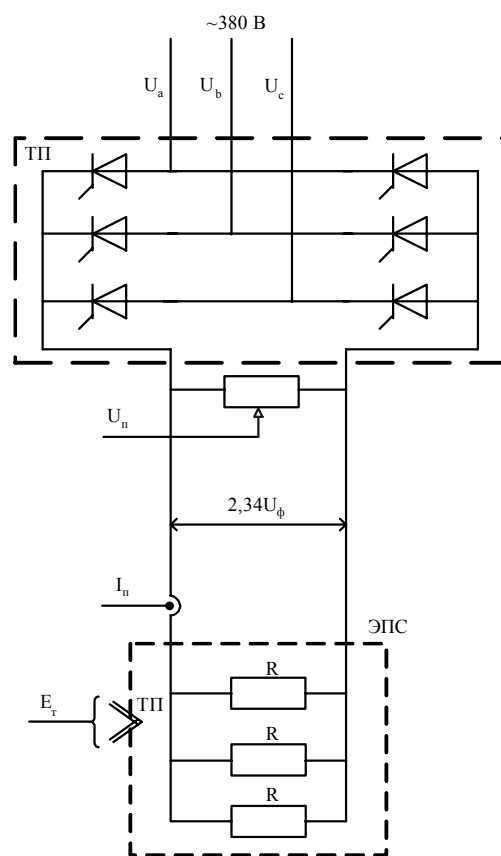


Рис. 2 – Вариант оптимизированной силовой схемы питания электропечи сопротивления