

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЕМКОСТНОМ МНОГОЗОННОМ ЭЛЕКТРОДНОМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВЕ

И.Г.РУТКОВСКИЙ

Белорусский государственный аграрный технический университет

Контролирование температуры при тепловой обработке термоблажных сред позволяет сэкономить 15—20% энергии. Если непрерывность цикла нагрева не обусловлена технологическими требованиями то целесообразно применять емкостной электронагрев, как альтернативу проточному. Поскольку в этом случае процесс регулирования организуется значительно проще. Емкостной электродный электронагреватель датчик (ЭЭН-Д) позволяет наряду с нагревом обрабатываемой среды проводить контроль ее температуры. ЭЭН-Д содержит три вертикальных плоскопараллельных электрода, два из которых меньшие, расположены вертикально один над другим, а третий напротив параллельно им, при этом меньшие электроды подключены к источнику питания.

Параллельно источнику питания присоединены два последовательно-соединенные сопротивления, одно из которых переменное, так что вместе с сопротивлениями обрабатываемой среды находящейся между двумя меньшими электродами и третьим промежуточным электродом образован измерительный мост. Сигнал разбаланса моста снимается с промежуточного электрода и точки соединения последовательно-соединенных постоянного и переменного сопротивлений. При нагреве изменяются сопротивления плеч мостовой схемы, что приводит к разбалансу моста. Электротепловые процессы в ЭЭН-Д и изменение сигнала разбаланса измерительного моста описываются следующими уравнениями:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial x} = b \cdot g \cdot (Q_c - Q_{c0}) \quad (1)$$

$$C_p r_c \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + C_p r_c \cdot v \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} = b \cdot Q_c \cdot v \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{U_k^2 \cdot h}{\rho i(Q_c) \cdot H^2} \quad (2)$$

$$DU = U \cdot R_{np} \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 \cdot R_2 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4) \cdot R_{np} + R_1 \cdot R_2 \cdot (R_3 + R_4) + R_3 \cdot R_4 \cdot (R_1 + R_2)} \quad (3)$$

где C_p — удельная теплоемкость обрабатываемой среды, Дж/(кг·°C); P_c — плотность обрабатываемой среды, кг/м³; $Q_{c.0}$, Q_c — начальная и текущая температура, °C; t — переменная по времени нагрева, с; x — текущая координата длины электронагревателя, м; Π , H — ширина электродов и межэлектродное расстояние электронагревателя, м; h — коэффициент полезного действия ЭЭН; v — скорость перемещения жидкости при конвекции, м/с; b — коэффициент объемного расширения, 1/°C; g — ускорение свободного падения, м/с²; p — давление на выталкиваемые слои жидкости, Па; DU , U_k — напряжение в измерительной диагонали и на k -ой последовательно соединенной зоне, В; pt — удельное сопротивление обрабатываемой среды, Ом·м; R_{np} , R_1 , R_4 , R_2 , R_3 — внутреннее сопротивление измерительного прибора, постоянное и переменное сопротивление мостовой измерительной схемы, термозависимые сопротивления участков ЭЭН-Д (R_m), Ом.

Математическая модель, описывающая процесс нагрева в емкостном ЭЭН-Д решалась численно, методом конечных разностей на ЭВМ. Сравнение результатов расчета с экспериментом подтвердило высокую адекватность математической модели.

Кроме контроля температуры нагрева среды емкостной ЭЭН-Д позволяет контролировать процесс парообразования. Это также важно, поскольку существующие парогенераторы требуют сложной системы управления, особенно в пусковом режиме. Проведенные исследования показывают, что информационный сигнал разбаланса мостовой измерительной схемы изменяется не только в процессе нагрева, но и при кипении жидкости. При изменении давления в парогенераторе информационный сигнал моста изменяется в зависимости от изменения интенсивности парообразования.

ЛИТЕРАТУРА. 1. Электротехнология/ В.А.Карасенко и др. — М.: Колос, 1992. - С. 135. 2. Прищепов М.А., Рутковский И.Г. Математическое моделирование электротепловых характеристик емкостных электродных электронагревателей-датчиков// Матер. межд. науч.-техн. конф. моделирование и прогнозирование аграрных энергосберегающих процессов и технологий/ БАТУ. - Мн., 1998. - С. 116-117. 3. Заявка на патент РФ N960007. Электронагреватель токопроводящих сред/ Л.С.Герасимович, М.А.Прищепов, И.Г.Рутковский.