

соединены с датчиками, а выходы с цепями управления электроприводов линий приготовления и раздачи жидких кормов, что позволяет выдавать заданные дозы корма животным, и управлять электроприводами исполнительных механизмов приготовления и раздачи жидких кормов.

Вся информация о ходе технологического процесса выводится на панель оператора.

Технология жидкого кормления свиней – перспективный и ресурсный элемент целостной системы эффективного использования ресурсов в животноводстве.

Список использованных источников

1. Черник Г.В., Хоцко Л.Г., Горшков Л.П. Механизация свиноводческих ферм и комплексов. – Л.: Колос, 1981. – С. 73–104.
2. Патент ВУ 2323 U, 2005.12.30. Автоматизированная система откорма свиней.

Матвеев В.В., к.ф.-м.н., доцент,

Матвеев И.П., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Минск, Республика Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВЧ-СУШКИ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MATLAB

Одним из перспективных направлений в интенсификации процессов сушки всевозможных материалов является использование энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ). Это связано с тем, что благодаря возможности подвести СВЧ-энергию непосредственно внутрь высушиваемого материала удастся полезно использовать закономерность процесса сушки – «диффузионное движение влаги происходит навстречу направлению градиента температуры в высушиваемом материале». При больших температурах создаваемый градиент давления пара внутри материала резко интенсифицирует процесс сушки за счет включения механизма фильтрации влаги и пара через поры из внутренних областей материала на его поверхность к границе, где традиционные конвективные процессы сушки более эффективны.

Рециркуляционная сушка зерна активным вентилированием с использованием поля СВЧ позволяет достичь сразу нескольких положительных эффектов по сравнению с классическими вариантами – увеличение производительности сушки зерна и его более равномерную просушку по всей толщине слоя, а также уменьшение энергозатрат.

Основные особенности СВЧ-нагрева – высокая степень поглощения энергии влажных материалов и соответственно скорость роста температуры, бесконтактный избирательный нагрев неоднородных материалов, большой КПД, отсутствие инерции в подводе мощности и простота автоматизации процесса. Эти преимущества определяют необходимость создания промышленных установок для СВЧ-обработки и сушки материалов.

Проблема конструирования таких установок состоит в том, что сложная форма многомодовых камер и расположение обрабатываемого материала в них не позволяет найти точное распределение ВЧ-полей внутри нагреваемого материала.

Решение этой задачи возможно путем математического моделирования с использованием пакета MATLAB.

В работе проведено моделирование трехмерного электромагнитного поля пирамидальной камеры на основе метода конечных элементов с использованием пакета MATLAB.

Приведена формулировка уравнений для расчетной области.

Запишем уравнения Максвелла в виде:

$$\nabla \times \vec{H} = J + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Учитывая соотношения $\vec{D} = \varepsilon_a \vec{E}$, $\vec{B} = \mu_a \vec{H}$ и $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ получим:

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \varepsilon_a \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu_a \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

Запишем поле в виде гармонического представления:

$$\vec{E}(x, y, z, t) = \vec{E}(x, y, z) e^{j\omega t}$$

$$\dot{\vec{H}}(x, y, z, t) = \dot{\vec{H}}(x, y, z)e^{j\omega t}$$

тогда уравнения для комплексных амплитуд $\dot{\vec{E}}$ и $\dot{\vec{H}}$ имеют вид:

$$\nabla \times \left(\mu_a^{-1} \nabla \times \dot{\vec{E}} \right) - \omega^2 \dot{\varepsilon}_a \dot{\vec{E}} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times \left(\dot{\varepsilon}_a^{-1} \nabla \times \dot{\vec{H}} \right) - \omega^2 \mu_a \dot{\vec{H}} = 0$$

Были заданы граничные условия.

На проводящих стенках заданы условия идеального проводника:

$$\vec{n} \times \dot{\vec{E}} = 0$$

Для исследования прохождения волны в раскрыве рупора ставилось условие малого отражения в виде:

$$\mu^{1/2} \vec{n} \times \dot{\vec{H}} + \varepsilon_a^{1/2} \vec{n} \times (\dot{\vec{E}} \times \vec{n}) = 0 \quad (3)$$

Для моделирования влияния диэлектрика, помещенного в раскрыве рупора, использовано условие импедансной нагрузки:

$$\mu^{1/2} \vec{n} \times \dot{\vec{H}} + (\varepsilon'_a - \varepsilon''_a)^{1/2} \vec{n} \times (\dot{\vec{E}} \times \vec{n}) = 0 \quad (4)$$

Для возбуждения рупора использовалось условие согласованной нагрузки:

$$\vec{n} \times (\nabla \times \dot{\vec{E}}) - jk_z \vec{n} \times (\dot{\vec{E}} \times \vec{n}) = -2jk_z \vec{n} \times (\vec{E}_0^+ \times \vec{n}); \quad \vec{n} = \vec{z}_0,$$

где \vec{E}_0^+ – равна величине электрической составляющей H_{10} – волны.

Величина E_m рассчитывалась следующим образом.

Продольное волновое число для H_{10} -волны

$$k_z = \sqrt{k_0^2 - k_x^2} = k_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\pi}{k_0 D_{x0}} \right)^2} = k_0 K_{z10}^M = 37.38$$

Волновое сопротивление $W_{10}^H = \frac{\omega \mu_0}{k_z} = 517.5 \text{ Ом}$ на частоте $f = 2.45 \text{ ГГц}$.

Средняя по времени подводимая мощность определяется через вектор Пойтинга как:

$$\overline{P}_0^+ = \frac{E_m}{2W_{10}^H} \int_0^{D_{x0}} \int_0^{D_{y0}} \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx dy = \frac{abE_m^2}{4W_{10}^H} \quad (5)$$

При $\overline{P}_0 = 1 \text{ кВт}$ величина E_m для H_{10} волны равна ($D_{y0} = D_{x0} / 2$)

$$E_m = \frac{\sqrt{8\overline{P}W_{10}^H}}{a} = 22.6 \text{ кВ/м} \quad (6)$$

Таким образом, анализ показывает, что равномерность поля в направлении \vec{y}_0 реализуется в полосе $10 \leq y \leq 30$ см. В направлении \vec{x}_0 реализуется характерный для H_{10} -волны закон $\sin^2(x)$. Из-за возбуждения высших мод интенсивность ВЧ-поля на краях вдвое превосходит интенсивность в средней области.

Матвеев И.П., к.т.н., доцент, Кленовский О.М.
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь
МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ РЕГУЛЯТОРОВ ЯРКОСТИ
ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В PROTEUS

На современном этапе развития информационных технологий создается большое количество разнообразных программных продуктов, позволяющих упростить и ускорить процессы разработки, исследования и, в конечном итоге, производства технических устройств. Программы схемотехнического проектирования и моделирования электронных устройств (Electronic WorkBench, MathLab, Proteus и др.) позволяют разрабатывать и исследовать виртуальные схемы различных устройств на компьютере.

В данной работе для проведения компьютерного моделирования была использована программа Proteus, которая представляет собой симулятор принципиальных электрических схем. Proteus включает большую библиотеку электронных компонентов, что позволяет проектировать электронные схемы различной сложности, а также моделировать их работу. Таким образом, можно просмотреть результаты работы виртуальной схемы, скорректировать параметры элементов, увидеть ошибки до практической реализации [1].