

3. Вітвицький В.Д., Скаковський Ю.М. Рішення задач оперативного обліку в АСУТП ділянок цукробурякового виробництва // Наук. пр. Одес. нац. акад. харч. техн./ Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2004 – Вип. 27. – С.213-221.
4. Жуковский Э.И., Скаковский Ю.М., Витвицкий В.Д. Современные тенденции и перспективы автоматизации сахарных заводов // Автоматика-2008: доклады XV международной конференции по автоматическому управлению. 23-26 сентября 2008 г., т.1. – Одесса: ОНМА. – С.197-200.
5. Вуклович М.П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Таблицы и диаграммы. –М: Машгиз, 1951. 94 с.

УДК 621.319.7

РОТОРНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Монтик П.Н., проф.

Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса,

Гамоліч В.Я, ст. н. с.

Одесский национальный политехнический университет, Одесса.

Рассмотрен метод создания электромагнитных полей, амплитуды напряженности и частоты которых определяются, соответственно, геометрической формой электрода и скоростью его вращения.

The method of creation of the electromagnetic fields is considered, amplitudes of tension and frequency of which concern, by the geometrical form of electrode and speed of his rotation.

Ключевые слова: заряд, потенциал, электрическое поле, амплитуда, напряжённость, частота, декартовы и полярные координаты.

В экспериментальных исследованиях, математическом моделировании процессов в электромеханических системах, в электротехнологических установках для элетросепарации и транспортирования дисперсных материалов, нанесения порошковых покрытий, электроплазмоллиза, электроантисептирования и в других областях промышленности широко применяются различные по структуре энергетические поля. Они интенсифицируют технологические процессы и, соответственно, позволяют улучшить качественные показатели продукции при снижении энергозатрат [2,3,4].

Эффективность использования энергетических полей во многом определяется физическими характеристиками исходных продуктов, которые складываются, в свою очередь, из комплекса их физико-химических свойств. С учетом непрерывности спектра электромагнитных полей, следует учитывать их действующие факторы, например, напряженность, частоту, форму (круговое, импульсное и т.д.) полей. Практическая реализация таких устройств, обеспечивающих создание вращающихся полей с требуемыми параметрами, в литературе освещены недостаточно полно [1,2,4]. Поэтому ниже рассматривается метод создания электромагнитных полей с наперед заданным законом распределения напряженности $\vec{E}(r, \varphi, Z, t)$.

Такие поля предполагается получать путем вращения заряженного одного или нескольких электродов определенной формы, расположенные на поверхности ротора, выполненного в виде диэлектрического цилиндра.

Теоретической базой этого метода является уравнение Пуассона, согласно которому потенциал поля $u(r, \varphi, Z)$ определяется следующим уравнением:

$$\Delta u = -\rho/\varepsilon \varepsilon_0, \quad (1)$$

где: ρ - плотность распределения зарядов в системе электродов;

ε_0 - электрическая постоянная;

ε - относительная диэлектрическая проницаемость среды;

r, φ, Z - цилиндрические координаты.

Уравнение (1) может быть приведено к двумерному виду, если рассматривать условия создания кругового вращающегося электрического поля. В общем случае краевые условия для уравнения (1) записываются в виде зависимостей между градиентом потенциала и напряженностью поля.

Задача построения такого электрического поля начинается с ее решения при одном электроде, а затем применяется принцип суперпозиции для учета влияния большего числа электродов, установленных на роторе. Краевые условия к плоской задаче будем искать в виде:

$$\nabla U_0(r, \varphi) = -\overline{E}_0(r, \varphi), \quad (2)$$

где $\overline{E}_0(r, \varphi)$ - напряженность электрического поля в точках заданной кривой $r = r(\varphi)$. Кривую $r = r(\varphi)$ для удобства будем рассматривать в виде дуги кругового вращающегося поля $r = r_0$ при $0 < \varphi < \varphi_0$ для кольцевого краевого условия (рис.1.) или в виде луча $\varphi = \varphi^*$ при $r_1 < r < r_2$ для радиального краевого условия (рис.2.).

Если α - линейная плотность заряда на отрезке АВ (рис.1), то абсолютная величина элемента напряженности в точке М равна:

$$dE = \frac{\alpha dx}{4\pi\epsilon_0\epsilon CM^2},$$

а ее проекция на ось абсцисс будет определяться следующим выражением:

$$dE = \frac{\alpha \cos \psi}{4\pi\epsilon\epsilon_0 CM^2} dx$$

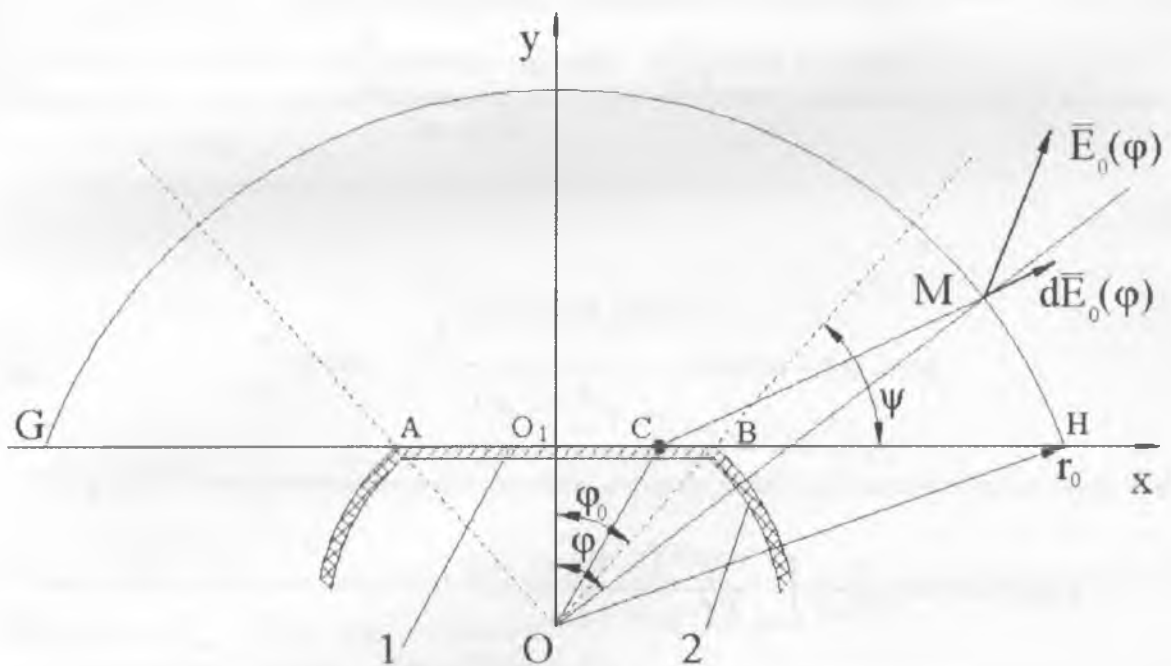


Рис. 1 - Напряженность кольцевого краевого условия

1 – электрод; 2 – диэлектрический ротор; φ – полярный угол; Ψ – угол элемента напряженности.

Значение $\cos \psi$ и длину отрезка CM выражаем через полярные координаты r_0 и φ . Из треугольника OO_1C находим:

$$\angle LO_1OC = \varphi_1 \arctg \frac{x}{h}; \quad OC = \sqrt{x^2 + h^2}; \quad (x=O_1, C; h= O_1, O)$$

Из треугольника OMC следует, что угол $\angle MOC = \varphi - \arctg \frac{x}{h}$ и отрезок CM, соответственно, будет равен:

$$CM = \sqrt{OC^2 + OM^2 - 2 \cdot OC \cdot OM \cdot \cos \angle MOC} =$$

$$= \sqrt{x^2 + h^2 + r_0^2 - 2r_0 \sqrt{x^2 + h^2} \cos \left(\varphi - \arctg \frac{x}{h} \right)},$$

обозначая его в дальнейшем через $K(r_0, \varphi)$, находим декартовы координаты элемента напряженности в точке (r_0, φ) :

$$dE(r_0, \varphi) = \frac{\alpha \sin \psi}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon K(r_0, \varphi)} dx$$

$$dE(r_0, \varphi) = \frac{\alpha \sin \psi}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon K(r_0, \varphi)} dx$$
(3)

Применяя теорему синусов к треугольнику OCM, запишем:

$$\frac{\sin(\psi + \arctg \frac{x}{h})}{r_0} = \frac{\sin(\varphi - \arctg \frac{x}{h})}{\sqrt{K(r_0, \varphi)}},$$

откуда следует:

$$\psi(x, \varphi) = \arcsin \frac{r \sin \left(\varphi - \arctg \frac{x}{h} \right)}{\sqrt{K(r_0, \varphi)}} - \arctg \frac{x}{h}$$
(4)

Принимая длину отрезка АВ равной $2a$, найдем декартовы координаты напряженности в точке $M(r_0, \varphi)$:

$$E_{0x}(r_0, \varphi) = \frac{\alpha}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon} \int_{-a}^a \frac{\cos \Psi(x, \varphi)}{K(r_0, \varphi, x)} dx$$

$$E_{0y}(r_0, \varphi) = \frac{\alpha}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon} \int_{-a}^a \frac{\cos \Psi(x, \varphi)}{K(r_0, \varphi, x)} dx$$
(5)

Формула (5) определяет краевое кольцевое условие к уравнению (2).

Радиальное краевое условие строим на луче $\varphi = \varphi^*$, $r_1 < r < r_2$ (Рис. 2.)

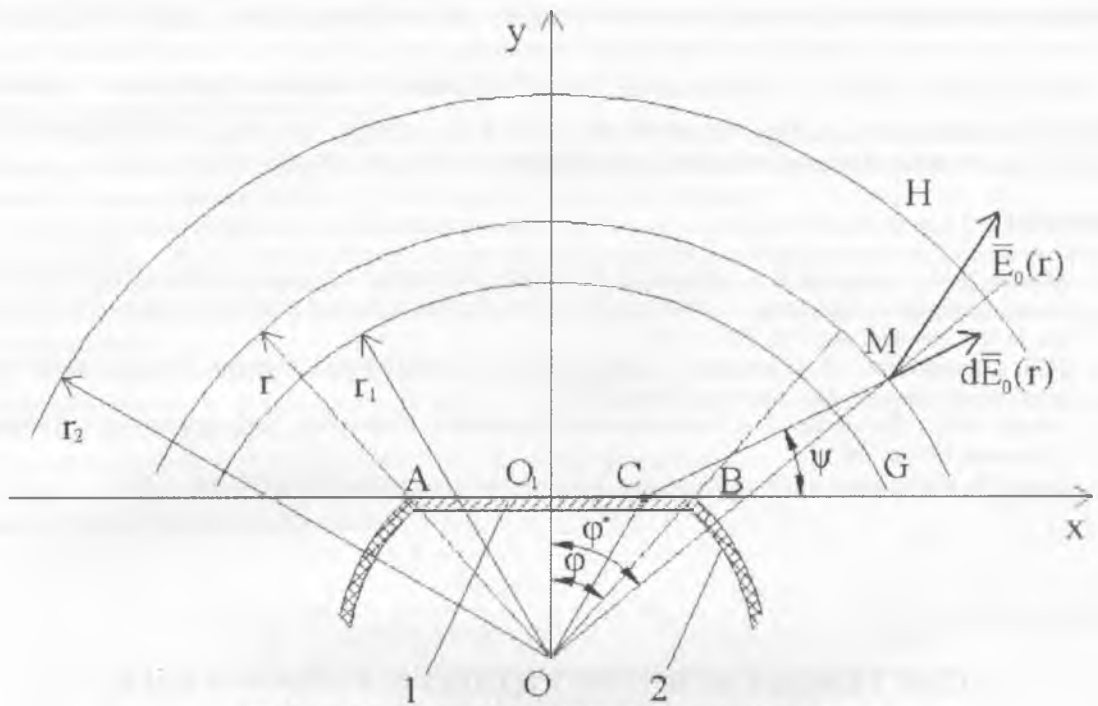


Рис. 2 - Напряженность радиального краевого условия

1 – электрод, 2 – диэлектрический цилиндр.

Из рис.2 следует, что в рассматриваемом случае в формулах (3) - (5) координату r_0 следует заменять на r , а координату φ на φ^* .

Это позволяет определить декартовы координаты напряженности краевого условия (2):

$$E_{ox}(r, \varphi^*) = \frac{\alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{\cos\psi(x, \varphi^*)}{K(r, \varphi^*, x)} dx; \quad (6)$$

$$E_{oy}(r, \varphi^*) = \frac{\alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{\cos\psi(x, \varphi^*)}{K(r, \varphi^*, x)} dx.$$

В свою очередь, декартовы координаты E_{ox} и E_{oy} в (5) – (6) однозначно можно представить полярными координатами E_{or} и $E_{o\varphi}$ краевого условия (2).

Таким образом, краевая задача (1;2) – (5;6) представляет математическую модель стационарного электрического поля, создаваемого электродом АВ, расположенным на диэлектрическом роторе. Решение этой задачи однозначно задается тремя параметрами: α , a , h .

Если равномерно вращать ротор, с расположенном на нем проводящим электродом, то вектор \vec{E} в любой точке $(r > \sqrt{0,25a^2 + h^2})$ электрического поля создает поток импульсов. Очевидно, что длительность импульсов τ_1 , интервал времени между ними τ_2 зависят от четырёх параметров - полярного угла Φ , скорости вращения Ω и двух конструктивных параметров a и h (a - половина ширины электрода O_1B ; h - расстояние от электрода до оси вращения O_1). При этом

$$\tau_1 + \tau_2 = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Более общую модель электромагнитного поля можно получить при вращении ротора с переменной скоростью $\omega(t)$.

Таким образом, если на вращающемся роторе установить несколько электродов, заряженных выпрямленным напряжением, и, изменяя параметры α , ω , a , h , можно получить электромагнитное поле заданной формы (дискретное или непрерывное), определенной амплитуды, частоты и фазы.

Литература

1. Машек Ч.М., Синецын Е.В., Машек А.С. Расчет электрического поля системы технологической транспортировки порошков - Ленинград:Известия Ленинградского электротехнического института им. В.И.Ульянова, вып.166,1983, с.104.
2. Н.П. Верещагин, В.И.Левитов, Г.З.Мирзабекян, М.И.Пашин. Основы электрогазодинамики дисперсных систем- М.: Энергия.1984с. 324.
3. Балага М.К., Литинский Г.А.Электро-антисептирование в пищевой промышленности- Кишинев : Штиница,1988,с.180
4. Lord P.R. Elektrostatic forces in Processing Textile Materials,Textile MFR,V.88 ,nov.,1982

УДК 664.046:65.011.46

СИСТЕМЫ ГАРАНТИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СУШКИ ЗЕРНА

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор, Степанов М.Т., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Рассматривается применение систем гарантирующего управления для повышения энергетической эффективности процессов сушки зерна. Алгоритмы таких систем позволяют решить две новые задачи: 1) перераспределение ресурсов управления между температурами зерна и сушильных агентов; 2) ведение процесса в окрестности границ допустимых и энергоэффективных режимов сушки.

Application of guaranteeing control systems for increase of power efficiency of grain drying processes is considered. Algorithms of such systems allow to solve two new problems: 1) redistribution of resources of management between temperatures of a grain and drying agents; 2) conducting process in a vicinity of borders allowable and power-efficacious drying conditions.

Ключевые слова: системы гарантирующего управления, сушка, зерно, энергетическая эффективность, управление.

Процесс сушки зерна требует значительных энергетических затрат. Предприятия часто стремятся минимизировать его применение за счет поиска компромисса между снижением прибыли из-за потерь сухой массы и качества зерна при хранении, с одной стороны, и затратами на процесс сушки, с другой. Снижение удельных энергетических затрат на сушку и соблюдение всех требований технологии при реализации процесса является комплексной проблемой и, в общем случае, требует усилий разработчиков техники, технологии, систем автоматизации. Не оспаривая потенциальных возможностей двух первых направлений, мы считаем, что на данном этапе наиболее значительный экономический эффект может быть получен за счет оснащения зерносушилок современными системами автоматического управления (САУ). Поэтому цель исследования – повысить эффективность работы шахтных прямоточных зерносушилок, снизив удельные затраты энергии, потери качества зерна и повысив производительность, за счет совершенствования структуры и алгоритмов систем автоматизации. В качестве основы такого совершенствования выбраны принципы, разработанные в классе систем гарантирующего управления (СГУ) и систем с прогнозированием.

Сушилка является сложным объектом для эффективного управления. Эта сложность объясняется следующими основными причинами (здесь и далее – на примере зерносушилки ДСП-32от):

а) на режим работы зерносушилок технологическим регламентом наложено минимум пять ограничений: на температуры сушильных агентов (СА) и зерна для первой и второй зон и на влажность зерна после сушки. При этом количество управляющих воздействий, реально доступных для воздействия на процесс, только три: изменение расхода топлива, подаваемого в топку, изменение степени подсоса наружного воздуха к СА, подаваемому в первую зону сушки, и изменение производительности сушилки. Очевидно, что при традиционных подходах к управлению гарантировать их одновременное выполнение при изменениях условий сушки невозможно;

б) удельные энергозатраты на сушку будут тем меньше, чем ближе значения режимных параметров будут