

В.В. СЕБКО, д-р техн. наук, доцент, НТУ "ХПИ", Харьков
А.Ю. ВЕРБА, магистр, НТУ "ХПИ", Харьков.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТРЕХПАРАМЕТРОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ АРАХИСОВОГО СЫРЬЯ

Досліджено можливість використання теорії роботи трансформаторного електромагнітного датчика (ТЄД) стосовно контролю електричних та температурних параметрів зразка арахісової сировини.

Исследована возможность использования теории работы трансформаторного электромагнитного датчика (ТЭД) применительно к контролю электрических и температурных параметров образца арахисового сырья.

Введение. Производство арахиса и арахисового масла на сегодняшний день является одним из основных условий развития пищевой и кондитерской промышленности. В связи с этим особое значение имеет развитие методов и устройств контроля параметров арахисового сырья, которые дают возможность оценить качество продукции. Наряду с такими показателями качества как влажность и диэлектрическая проницаемость, контроль температуры в процессе различных видов обработки арахисового сырья имеет важное самостоятельное значение. Основным видом промышленной обработки арахисового сырья является высокотемпературная сушка, примерно до 160°C и обжарка в специальных печах и в жарочных шкафах [1]. Таким образом, определение температуры арахисового сырья в процессе промышленной обработки является важной научной и практической проблемой. В настоящее время широко известны электромагнитные методы контроля температурных параметров немагнитных изделий и сред [2-4] и [6-8]. Основным достоинством этих методов является бесконтактность, простота функций преобразования и схемных реализаций, высокая надежность и чувствительность, возможность автоматизации процесса измерений параметров контролируемых объектов. Однако применительно к контролю температурных параметров продуктов растительного происхождения (к которым относится арахис) эти методы и устройства, на сегодняшний день не использовались. Следует отметить, что для того чтобы определить температуру арахисового сырья электромагнитным методом необходимо знать удельную электрическую проводимость σ и средний радиус пробы арахисового сырья a_{cp} , а значит исследовать

бесконтактный трехпараметровый электромагнитный метод контроля геометрических, электрических и температурных параметров проб арахисового сырья.

Целью работы является исследование возможности использования теории трансформаторного электромагнитного датчика (ТЭД) применительно к измерительному контролю геометрических, электрических и температурных параметров арахисового сырья в температурном диапазоне тепловой обработки от 20 до 160°C.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть возможность использования бесконтактного трехпараметрового электромагнитного метода применительно к контролю параметров арахисового сырья в продольном магнитном поле.

2. Привести основные соотношения, описывающие измерительный контроль среднего диаметра $d_{\text{ср}}$, удельной электрической проводимости σ и температуры t пробы арахисового сырья.

Измерительный трехпараметровый контроль проб арахисового сырья в продольном магнитном поле теплового ТЭД.

На рис.1 с учетом результатов работ [2-8], приведена схема включения теплового ТЭД для контроля геометрических, электрических и температурных параметров арахисового сырья. В схему входит ТЭД, источник питания - Г на переменном токе, измеритель частоты – ИЧ, осциллограф – ОС, измеритель ЭДС ТЭД – B_2 , образцовое сопротивление – $R_{\text{об}}$, измеритель падения напряжения – V_1 , измеритель фазового угла сдвига – Φ , опорный электромагнитный датчик – ОЭД, измеритель напряжения – V_3 . В схему также входит компенсационный электромагнитный датчик КЭД, при этом ОЭД, ТЭД и КЭД имеют одинаковое число витков, радиусы первичных и вторичных обмоток и длину [2-4] и [6-8]. Первичные катушки ТЭД, ОЭД и КЭД включены последовательно согласно, а вторичные ТЭД и КЭД последовательно встречно. КЭД предназначен для полной компенсации ЭДС E_0 в отсутствии в нем контролируемой пробы арахисового сырья. Схема предусматривает греющее устройство ГУ для изменения температуры контролируемой пробы - П арахисового сырья в диапазоне соответствующем тепловой промышленной обработке.

Как уже отмечалось выше, в данном случае предлагается применение теплового трансформаторного электромагнитного датчика (ТЭД), использующего продольное магнитное поле, на базе которого реализуется бесконтактный трехпараметровый вихретоковый метод совместного контроля среднего диаметра $d_{\text{ср}}$, удельной электрической проводимости σ и температуры t пробы арахисового сырья. Следует

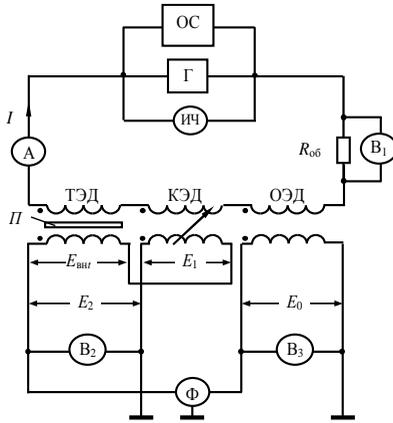


Рис. 1.

арахисового сырья за счет применения новых алгоритмов измерительных и расчетных процедур контроля геометрических, электрических и температурных параметров проб арахисового сырья.

Контролируемая проба арахисового сырья размещается вдоль длины ТЭД (по большой оси соленоида) пинцетом в один слой (так, чтобы, например, семь орехов касались друг друга). Работа схемы состоит в том, что изменяют частоту намагничивающего тока I с помощью источника питания Γ , до тех пор, пока B_2 не покажет разностную ЭДС $E_{вн1}$, затем с помощью измерителя напряжения B_3 регистрируют опорную ЭДС E_0 , а фазометром измеряем фазовый угол $\varphi_{вн}$ между ЭДС E_0 и $E_{вн1}$. В отличие от известных схем включения, в данном случае проводится полная компенсация ЭДС E_0 , т.е. один раз за все время измерений. Следует отметить, что время расходуемое на полную компенсацию значительно меньше времени, которое уходит на частичную компенсацию ЭДС E_1 , которая применялась в работах [2-4] при контроле немагнитных изделий, поскольку, при контроле различных проб арахисового сырья необходимо было бы каждый раз для каждой пробы осуществлять частичную компенсацию. Поэтому, полная компенсация ЭДС E_0 , которая проводится перед началом работы схемы при отсутствии в ТЭД контролируемой пробы, является весьма предпочтительной. В работах [2-4] и [6-8] был введен безразмерный параметр N характеризующий удельную нормированную ЭДС ТЭД с немагнитным цилиндрическим изделием и его фаза $\varphi_{вн}$, а также параметр N_y – нормированная ЭДС обусловленная магнитным потоком,

отметить, что с помощью ТЭД мы имитируем процесс тепловой промышленной обработки проб арахисового сырья, нагревая пробу с помощью специально предусмотренного греющего устройства – ГУ в тепловом ТЭД, что в свою очередь позволяет контролировать параметры пробы в процессе обработки. Анализ полученных результатов позволит установить рациональный временной режим тепловой обработки

проходящим через квадратную единичную площадку со стороны равной глубине проникновения магнитного поля δ [2-4] и [6-8].

При этом с учетом работ [2-4] и [6-8] N_y определяется по формуле:

$$N_{\text{уср}} = \frac{E_{\text{внт}} a_n^2 x_t^2}{E_0 a^2}. \quad (1)$$

При высоких частотах, зондирующего контролируемую пробу арахисового сырья продольного магнитного поля, мы будем ориентироваться на среднее значение параметра N_i и среднее значение диаметра пробы. Таким образом, по первой функции преобразования $N_i = f(\Phi_{\text{внт}})$, мы определяем среднее значение диаметра пробы:

$$d_{\text{ср}} = d_n \sqrt{\frac{E_{\text{внт}} \gamma}{E_0 (N_{1t} + N_{2t} + N_{3t} + N_{4t} + N_{5t} + N_{6t} + N_{7t})}}. \quad (2)$$

По второй функции преобразования $N_{yt} = f(\Phi_{\text{внт}})$ находим удельную электрическую проводимость σ пробы арахисового сырья:

$$\sigma = N_{\text{уср}} = \frac{4E_0 N_{\text{уср}t} x_t^2}{2\pi f E_{\text{внт}} d_{\text{ср}}^2 \mu_0}. \quad (3)$$

Температуру арахисового сырья в диапазоне от 20 до 160°C, находим по формуле:

$$t = \left(\frac{1 + \alpha t_{\text{н}}}{\alpha} \right) \left(\frac{4\sigma_{\text{н}} E_0 N_{\text{уср}t} x_t^2}{2\pi f E_{\text{внт}} d_{\text{ср}}^2 \mu_0} - 1 \right) + t_{\text{н}}, \quad (4)$$

где α - температурный коэффициент сопротивления арахисового сырья, который можно найти из двухчленной зависимости удельного электрического сопротивления ρ от температуры t [5], по результатам измерения двух температур t и t_1 .

Приведем вывод формулы для определения ТКС α арахисового сырья. Двухчленная зависимость удельного электрического сопротивления ρ от температуры t выглядит следующим образом [5]

$$\rho_2 = \rho_1 \left(1 + \frac{\alpha}{1 + \alpha t_1} (t - t_1) \right), \quad (5)$$

отсюда

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 = \frac{\alpha t}{1 + \alpha t_1} - \frac{\alpha t_1}{1 + \alpha t_1}, \quad (6)$$

$$\left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1\right)(1 + \alpha t_1) = \alpha t - \alpha t_1, \quad (7)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 + \alpha t_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} - \alpha t_1 = \alpha t - \alpha t_1, \quad (8)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 = \alpha t - \alpha t_1 - \alpha t_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} + \alpha t_1, \quad (9)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 = \alpha \left(t - t_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} \right), \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1}{t - t_1 \frac{\rho_2}{\rho_1}}. \quad (11)$$

Следует отметить, что на практике определение α совместно с $d_{\text{ср}}$, σ и t может позволить четко идентифицировать контролируемый объект, например, пищевые масла, если точно не известен состав объекта контроля.

Таким образом, исследована возможность использования теории ТЭД применительно к контролю пробы арахисового сырья в продольном магнитном поле.

Выводы. В настоящей статье определены пути решения важной научной и практической проблемы, связанной с определением температуры арахисового сырья в процессе промышленной обработки. В рамках решения этой проблемы, исследована возможность применения теории трансформаторного электромагнитного датчика (ТЭД) к измерительному контролю геометрических, электрических и температурных параметров проб арахисового сырья в температурном диапазоне тепловой обработки от 20 до 150°C. Рассмотрена возможность использования бесконтактного трехпараметрового электромагнитного метода применительно к контролю параметров проб арахисового сырья в продольном магнитном поле. Приведены основные соотношения, описывающие измерительный контроль среднего диаметра $d_{\text{ср}}$, удельной электрической проводимости σ и температуры t пробы арахисового сырья. Научной новизной настоящей статьи, является применение теории работы ТЭД к измерительному контролю параметров пробы арахисового сырья в диапазоне температур, который соответствует диапазону тепловой промышленной обработки. Практическое значе-

ние статьи состоит в том, что приведенная методика, позволит осуществлять измерительный контроль геометрических, электрических и температурных параметров арахисового сырья в процессе высокотемпературной сушки и промышленной тепловой обработки, а также установить их рациональные временные режимы. Перспективы дальнейших исследований - состоят в создании электромагнитных методов и устройств контроля параметров пищевых масел с целью оценки качества пищевой продукции по конкретным показателям, указанным в государственных нормативных документах.

Список литературы: 1. ГОСТ17111-88. Арахис. Требования при заготовках и поставках. – М.: Изд-во стандартов. – 1988. – 28 с. 2. *Солмхева О.С.* К измерению радиуса и электропроводности изделий электромагнитным методом // Вестник Харьковского государственного политехнического университета.- Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 17. – С. 123-125. 3. *Себко В.П., Солмхева О.С.* Совместное определение радиуса и удельной электрической проводимости изделий дифференциальным электромагнитным методом // Материалы Международной научно-технической конференции "Современные приборы, материалы и технологии для технической диагностики и неразрушающего контроля промышленного оборудования". – Харьков: ХТУРЭ. – 1998. – С. 134-137. 4. *Ду Хуан Янг.* Дифференциальный трансформаторный электромагнитный преобразователь для контроля магнитных и электрических параметров изделий // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 1999. – Вып. 37. – С. 61-63. 5. *Спектор С.А.* Электрические измерения физических величин. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с. 6. *Себко В.В.* Погрешности совместного измерения диаметра, удельного электрического сопротивления и температуры изделия в продольном магнитном поле // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганськ: СНУ. – 2002. – №8 [54]. – С. 224-228. 7. *Себко В.В.* Вихретоковий контроль геометричних, електричних і температурних параметрів немагнітних циліндричних изделий // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ"ХПІ". – 2006. – №4. – С. 85-89. 8. Пат. на корисну модель №18632, Україна. Безконтактний модифікований спосіб контролю параметрів немагнітних виробів сумісно з температурою / *В.В. Себко.* Заявл. 22.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. №11.

Поступила в редколлегию 18.01.2010