

складності: як систем контролю доступу до персонального комп'ютера або стільникового телефону, так й до систем безпеки, які охоплюють весь спектр завдань підприємства з територіально і структурно розподіленими об'єктами.

### Література

1. Лукашенко В.М. Сравнительный анализ специализированных систем управления доступом на базе биометрии / В. М. Лукашенко, А.С. Вербицкий, С.А. Миценко и др. // Nauka i wykształcenie bez granic – 2010 : materiały VI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Przemysł : Nauka i studia, 2010. – Т. 22. – С. 9–12.
2. Мороз А.О. Біометричні технології. Методи дактилоскопії / А.О. Мороз // Математичні машини і системи. – 2011. – № 3. – С. 58–65.
3. Пантелейчук А. Использование DSP компании Texas Instruments в биометрических системах доступа [Электронный ресурс] / А. Пантелейчук // Новости электроники. – 2010. – № 2. – Режим доступа : <http://www.compejournal.ru/enews/2010/2/6>.
4. Романов В.О. Биометрическая идентификация личности: современное состояние и перспективы развития в Украине / В.О. Романов, И.Б. Галелюка, П.С. Ключан // Электронные компоненты и системы. – 2010. – № 5. – С. 16–20.
5. Романов В.О. Технології аутентифікації особи за біометричними характеристиками / В. О. Романов, І. Б. Галелюка, П. С. Ключан // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. – № 9. – С. 54-61.
6. Щеглов А.Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа / А.Ю. Щеглов. – СПб. : НиТ, 2004. – 384 с.
7. Лебедев А.Н. Моделирование в научно-технических исследованиях / А.Н. Лебедев. – М. : Радио и связь. – 1989. – 224 с.
8. Лукашенко А.Г. Виявлення резерву предмета дослідження на основі теорії неповної подібності та розмірностей / А.Г. Лукашенко, О.А. Кулігін, В.М. Лукашенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 3. – С. 184–187.

Надійшла 16.11.2011 р.

Рецензент: д.т.н. Первунінський С.М.

УДК 621.3.029.6

Ю.В. ШИНКАРЕНКО, В.А. МИХАЙЛЕЦ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ГАЗОВ СООБЩЕНИЕ 2

*В статье произведен анализ напряженности магнитного поля влагопреобразующего элемента, а также анализ дрейфа гигроскопического вещества в межэлектродном промежутке, при переносе электрических зарядов, вследствие воздействия на их транспортные процессы ортогональных электрического и магнитного полей преобразователя. Полученные результаты позволяют разрабатывать конструкции влагопреобразующих элементов с улучшенными техническими характеристиками.*

*In the article an analysis of magnetic field strength of humidity-sensitive element has been performed, as well as an analysis has been made for the drift of absorbing material (humectants) within inter-electrode space (spark gap) while electric charges being transferred due to the transportation processes of abovementioned electric charges being affected by orthogonal electromagnetic fields of humidity transformer. This analysis will allow to developing the designs of humidity sensitive elements with enhanced operational and metrological capabilities.*

Ключевые слова: термоэлектrolитический преобразователь влажности газовых сред, влагопреобразующий элемент, принцип суперпозиции полей, ресурс, дрейф, напряженность магнитного поля, гигроскопическое вещество (сорбент), межэлектродный промежуток, радиальный интеграл.

### Результаты исследования МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ВЛАГОПРЕОБРАЗУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА С ОДНОСТОРОННИМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ИСТОЧНИКА ТОКА

Если электрод имеет конечное и одинаковое по всей длине круглое сечение радиусом  $a$ , то напряженность магнитного поля внутри электрода на расстоянии  $x$  от его оси определяется по формуле [4]:

$$H = \frac{i}{4\pi a^2} \cdot x \quad (33)$$

Тогда для расчета напряженности магнитного поля необходимо внести коррективы в сделанное в сообщении 1 рассмотрение магнитного поля влагопреобразующего элемента (ВПЭ) с учетом характера магнитного поля внутри электродов.

Всю длину образующей цилиндрической поверхности представим как систему чередующихся друг за другом участков, заполненных электродом, и участков, заполненных межэлектродным промежутком. Протяженность первых участков равна диаметру электродов  $2a$ , а протяженность вторых  $h-2a$ , где  $h$  – расстояние между центрами круговых сечений электрода.

В разных точках участков шириной  $h-2a$  (от  $x = a$  до  $x = h - a$ ) суммарная напряженность магнитного поля определяется суперпозицией полей, создаваемых всеми токами, текущими в  $N$  витках электродов. Значения этих напряженностей магнитных полей вычисляются по формуле (20) (сообщение 1), а суммарные напряженности в разных точках этих участков по формуле (25) с учетом (26– 29).

В различных точках участков шириной  $2a$ , занимаемых электродом, магнитное поле создается не только током, текущим по этому электроду и вычисляемым по формуле (33), но и токами, текущими в соседних электродах преобразователя. Суммарная напряженность магнитного поля в точках этих участков определится тогда суперпозицией магнитных полей, вычисляемых по формуле (33), а также по формуле (21) (сообщение1) с учетом (25– 29).

На рис. 5 показан график, иллюстрирующий распределение напряженностей магнитных полей, создаваемых тремя электродами с токами на двух крайних межэлектродных промежутках, буквами  $H_1, H_2$  и  $H_3$  обозначены графики распределения напряженностей магнитных полей, создаваемых соответственно током, текущим по первому, второму и третьему виткам электродов.

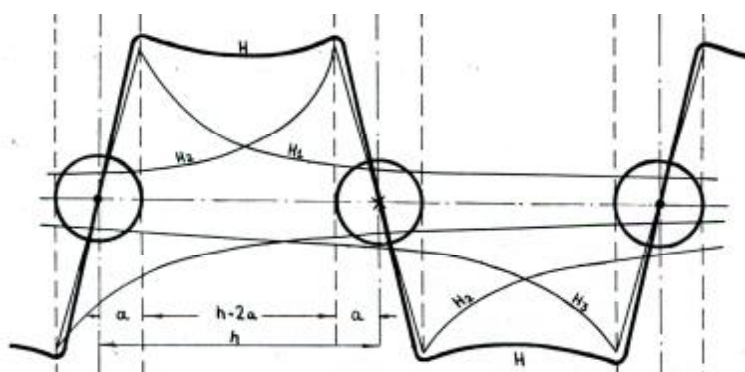


Рис. 5. Распределение магнитного поля на поверхности влагопреобразующего элемента

Теперь уже межэлектродный промежуток имеет протяженность не  $h$ , а  $h-2a$ , где  $2a$  – диаметр электрода. Таким образом, индукция магнитного поля на поверхности электрода принимает конечное значение, а не стремится к бесконечности, как следовало из первого приближения.

При расчете суммарного магнитного поля в разных точках поверхности влагопреобразующего элемента, создаваемого токами, текущими по электродам заданной толщины  $2a$ , в расчетные формулы первого приближения должны быть внесены коррективы, соответствующие выражению (33).

На участках протяженностью  $2a$  в обе стороны от точек с порядковыми номерами кратными десяти, т.е. в точках, локальные координаты которых лежат в интервалах  $|x| \leq a$ , напряженность магнитного поля определяется по формуле (33).

На участках протяженностью  $h-2a$ , т.е. в точках с локальными координатами  $|x| > a$ , величина  $H$  определяется интегралом (20) или (21) (сообщение 1).

Соответствующие коррективы, связанные с учетом толщины электрода, были внесены в программу расчета радиальной составляющей суммарного магнитного поля. Чтобы обеспечить возможность использования полученных расчетных значений  $H$  для анализа магнитных полей ТЭПВ, отличающихся друг от друга размерами конструктивных элементов ( $a, R$  и  $h$ ), расчетные формулы были выражены через безразмерные координаты.

Введя безразмерную основную координату  $\delta_1 = x / R$ , формулу (20) можно привести к виду:

$$H_1 = A_1 I(\delta), \tag{34}$$

где  $A_1 = \frac{i}{4\pi R}, \tag{35}$

$$I(\delta_1) = \int_0^{2\pi} \frac{\delta_1 \cos\alpha}{[\delta_1^2 + 2(1 - \cos\alpha)]^{1.5}} \cdot d\delta. \tag{36}$$

А, введя безразмерную координату  $\delta_2 = x / 2$  в формулу (33) получим:

$$H_2 + A_2 \cdot \delta_2, \tag{37}$$

где  $A_2 = \frac{i}{2\pi R}. \tag{38}$

Как видно из рис. 5, магнитное поле на межвитковом промежутке шириной  $h-2a$  является неоднородным. Распределение  $H$  вдоль оси  $X$  на этом промежутке таково, что в середине промежутка, т.е. в

точках, с координатой  $x$  равными  $x = h/2; 2h+h/2; 4h+h/2$  и т.д., и в точках с координатами  $h+h/2; 3h+h/2; 5h+h/2$  и т.д. напряженность магнитного поля минимальна по абсолютной величине. По мере удаления от середины промежутка в одну или другую сторону величина  $H$  возрастает.

Максимальную напряженность  $H$  имеют точки магнитного поля с координатами  $x=a; h-a; 2h+a; 3h-a; 4h+a$  и т.д. А максимальную напряженность противоположного направления имеют точки, для которых  $h-a; 3h+a; 4h-a; x=h+a; 2$  и т.д.

Магнитное поле изменяется не только в межвитковых промежутках вдоль оси  $OX$ , но и вдоль оси  $OY$ , т.е. вдоль электродов. Если сделать развертку винтовой поверхности влагопреобразующего элемента в виде полоски шириной равной шагу намотки ( $2h$ ) и длиной  $l = 2\pi RN$ , (где  $R$  – радиус витка, а  $N$  – число витков намотанных одним электродом), то выбранные нами направления осей координат совпадают соответственно – ось  $X$  с шириной полоски равной межвитковому промежутку  $h$ , а ось  $Y$  с длиной электрода  $l$ , что показано на рис. 6.

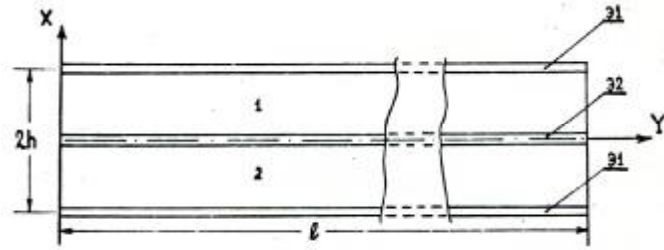


Рис. 6. Развертка винтовой поверхности влагопреобразующего элемента: 1 и 2 – электродные промежутки; Э1 и Э2 – электроды

Используя таблицу 2 (сообщение 1) значений суммарного радиального интеграла можно построить график изменения значений этого интеграла вдоль оси  $OY$ , характер которого будет таким же, как график

изменения напряженности магнитного поля вдоль оси, т.е. вдоль электродов (поскольку  $H_R = \frac{i}{4\pi R} I_R$

выражение (23) в сообщении 1). Для этого достаточно воспользоваться значениями,  $I_R$  взятыми для точек, лежащих по середине межвиткового промежутка ( $h/2$ ). Эти точки имеют номера кратные 10. Магнитное поле будет направлено в одну и ту же сторону только в точках кратных 20, т.к. по разные стороны от электрода с током магнитное поле будет иметь противоположные направления.

Проведя ось  $OY$  по середине межвитковой полоски шириной  $2h$  (ось  $OY$  совпадает с осью электрода), будем откладывать по оси ординат положительные значения  $I_R$  вверх, а отрицательные – вниз, как показано на рис. 7. выбранные из таблицы 2 (сообщение 1) значения интеграла  $I_R$  для точек с одинаковыми  $x = h/2$ , но отличающихся значением  $y$ , приведены в таблице 3.

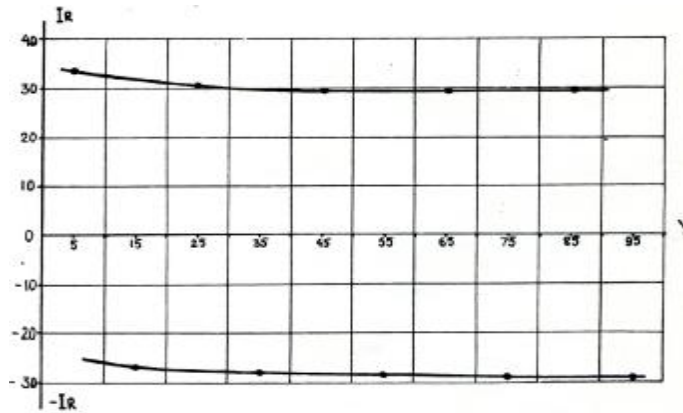


Рис. 7. Изменение магнитного поля вдоль электродов в середине межэлектродного промежутка влагопреобразующего элемента

Таблица 3

**Значения суммарного радиального интеграла для точек середины межэлектродных промежутков**

№ точки по Y	Координата точки (мм)	$I_R$	$\text{grad } I_R$ $x \cdot 10^3 \text{ 1/м}$	$I_R$	$\text{grad } I_R$ $x \cdot 10^3 \text{ 1/м}$
5	11	33,114			
15	33		61,91	- 27,100	
25	55	30,390			- 28,00
35	77		15,48	- 28,332	
45	99	29,709			- 9,52
55	121		6,23	- 28,751	
65	143	29,435			- 4,20
75	165		2,93	- 28,936	
85	187	29,306			- 2,09
95	209			- 29,028	

Из графика, показанном на рис. 7, видно, что магнитное поле изменяется вдоль оси  $Y$  неравномерно. По одну сторону от электрода по мере удаления от торца влагопреобразующего элемента магнитное поле убывает, постепенно выравниваясь и стремясь к предельному значению. Например, разница  $I_{y_{85}} - I_{y_{65}}$  составляет менее 0,4 % максимального значения  $I_R$ , в то время как у начала электрода ( $I_{y_{25}} - I_{y_5}$ ) составляет около 8 %. Характер изменения напряженности магнитного поля по другую сторону от электрода имеет свою специфику.

Рассчитывая средний градиент  $I_R$  вдоль  $Y$  для положительных и отрицательных значений  $I_R$  и, сравнивая его значения для разных  $y$ , можно отметить также, что значение радиального интеграла по разные стороны от электрода по величине стремится к одному и тому же значению, близкому к 29,15. Эта тенденция к выравниванию магнитных полей в симметричных точках по разные стороны от электрода видна на графике.

Различие между значениями  $I_R$  в симметричных точках восьмого и девятого промежутков витков электродов ТЭПВ составляет менее 1 %.

### Выводы

Таким образом, с точностью не хуже 1 % можно считать, что напряженности магнитных полей после седьмого и восьмого витков (т.е. на расстоянии  $\sim 8$  мм от торца влагопреобразующего элемента) в симметричных точках по величине одинаковы. Однако по разные стороны от электродов они направлены в противоположные стороны и вдоль оси  $Y$  практически не изменяются. У краев влагопреобразующего элемента ТЭПВ магнитные поля характеризуются существенной неоднородностью и асимметрией. Из вышеизложенного также следует, что скорость дрейфа вдоль одной межэлектродной полоски влагопреобразующего элемента будет отличаться от скорости дрейфа вдоль другой (по другую сторону от электрода).

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным рассмотреть магнитное поле влагопреобразующего элемента с разносторонним подключением к электродам источника питания с целью уменьшения влияния массопереноса гигроскопического вещества на ресурс ТЭПВ.

### МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ВЛАГОПРЕОБРАЗУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА С РАЗНОСТОРОННИМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ИСТОЧНИКА ТОКА

Из исследований, выполненных авторами, следует, что, так как токи в соседних витках электродов ВПЭ протекают в противоположных направлениях (одностороннее подключение источника питания к электродам), то массоперенос гигроскопического вещества на поверхности ВПЭ вдоль обоих электродов происходит в одном направлении, что приводит к сокращению его ресурса.

Индукция  $B^{(A)}$  магнитного поля в произвольной точке  $M$  на расстоянии  $x$  от тока  $i_A$ , создаваемая этим током, в первом приближении определяется выражением:

$$B^{(A)} = \frac{\mu m_0}{4\pi} \cdot \frac{2i_A}{x},$$

где  $\mu$  – величина, характеризующая магнитные свойства среды;

$m_0$  – магнитная постоянная, равная  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Ом·с/м.

При показанном на рис. 8 токе  $i_A$  вектор  $\vec{B}^{(A)}$  направлен вверх. Тогда проекция этого вектора на оси координат будет:

$$B_x^{(A)} = 0; B_y^{(A)} = 0; B_z^{(A)} = \frac{\mu m_0}{4\pi} \cdot \frac{2i_A}{x} \quad (39)$$

Так как точка  $M$  расположена между двумя прямолинейными токами, то индукция  $B^{(B)}$  поля, создаваемого током  $i_B$ , определится выражением:

$$B^{(B)} = \frac{\mu m_0}{4\pi} \cdot \frac{2i_B}{h-x}, \quad (40)$$

где  $h-x$  – расстояние точки  $M$  от тока  $i_B$

Нетрудно сделать вывод, что изменение направления электрического тока в одном из электродов ВПЭ приведет к изменению направления массопереноса в приэлектродных зонах этого же электрода. В этом случае суммарный массоперенос сорбента в межэлектродном промежутке ВПЭ будет отсутствовать, так как массоперенос сорбента в приэлектродных зонах обоих электродов будет направлен в противоположные стороны. При подключении источника переменного напряжения к электродам ВПЭ с противоположных сторон, как показано на рис. 9, токи в соседних витках электродов текут в одном направлении.

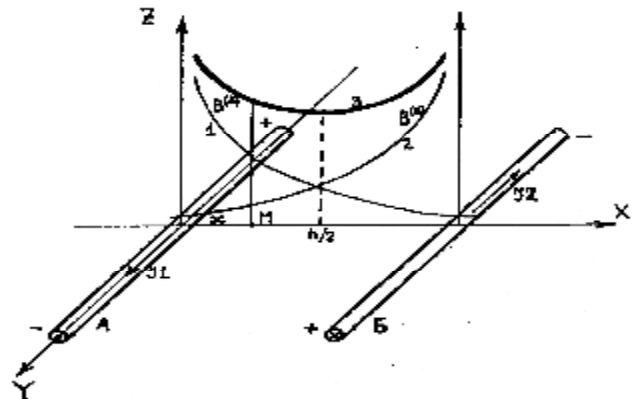


Рис. 8. Связь магнитного поля с направлением тока в витках электродов преобразователя при одностороннем подключении к ним источника тока

В этом случае индукция  $B^{(B)}$  магнитного поля, созданного током  $i_B$  во всех точках интервала  $h$ , по знаку противоположна индукции  $B^{(C)}$  магнитного поля, создаваемого током  $i_C$ . Тогда, суммарная индукция  $B_N$  магнитного поля в произвольной точке  $N$  межэлектродного промежутка  $h$  в первом приближении будет равна:

$$B_N = B_N^{(B)} - B_N^{(C)} \tag{41}$$

или, используя выражения (39) и (40), при условии  $i_B = i_C$  получаем:

$$B_N = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot 2i \cdot \frac{h-2x}{hx-x^2} \tag{42}$$

Из анализа выражения (42) видно, что при  $x=h/2$  суммарная индукция магнитного поля, создаваемого двумя равными по величине параллельными токами, на промежутке  $h$  изменяет свой знак. Показанная на рис. 9 кривая  $B_{(x)}$  в точке  $h/2$  пересекает ось  $OX$ .

Витки электродов в ВПЭ представляют собой систему параллельных токов (соленоидная намотка), поэтому в любых точках межвитковых промежутков с изменением направления электрического тока в электродах одновременно изменится направление векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , однако их векторные произведения сохраняют свои направления, что показано на рис. 9.

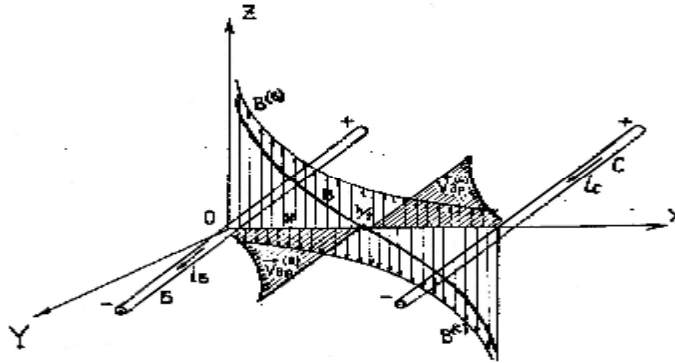


Рис. 9. Схема дрейфа заряженных частиц при разностороннем подключении к электродам источника тока

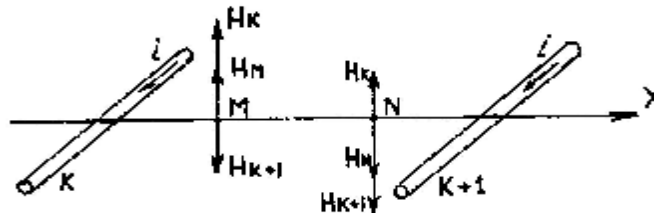


Рис. 10. Графическое сложение магнитных полей в произвольной точке в меж- электродном промежутке при противоположном включении электродов

Иными словами, массоперенос сорбента в приэлектродных зонах межэлектродного промежутка или по обе стороны одного и того же электрода происходит в разные стороны и их направления не изменяются при изменении направления электрического тока в электродах ВПЭ. На рис. 10 схематически показано, что в случае, когда магнитное поле создается только  $K$ -м и  $K+1$  витками электродов, то величина и направление суммарного магнитного поля в точках  $M$  и  $N$  зависит от положения точки на межвитковом промежутке. Если ВПЭ содержит  $N$  витков электродов, то на основе принципа суперпозиции суммарная напряженность магнитного поля  $N$  токов определится векторной суммой напряженностей создаваемых каждым током, т.е.:

$$\vec{H}_M = i \sum_{i=1}^N \vec{H}_{M_i} \tag{43}$$

На рис. 11 изображено семейство кривых, изображающих распределение напряженностей магнитных полей вдоль оси  $X$ , создаваемых токами в витках с порядковыми номерами от пятого до девятого витка. Произвольная точка  $M$  расположена между седьмым и восьмым витками электродов на расстоянии  $x$  от седьмого и  $h-x$  от восьмого витков.

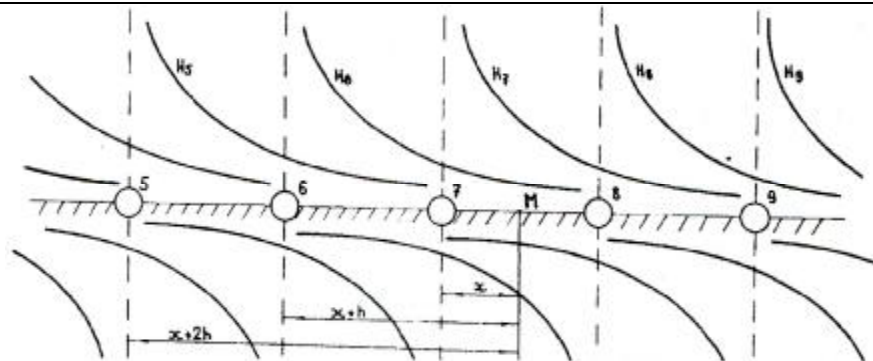


Рис. 11. Распределение магнитного поля создаваемого витками электродов при подключении их в цепь питания с противоположных сторон ВПЭ

Очевидно, что суммарная напряженность магнитного поля ВПЭ в произвольной точке, лежащей между  $K$ - тым и  $K + 1$  витками электродов, определится выражением, состоящим из двух интегральных сумм:

$$H_M = \frac{IR}{4\pi} \left\{ \sum I_R(x') - \sum I_R(x'') \right\}.$$

Каждый член первой и второй сумм представляет собой значение радиального интеграла, вычисленного для точки  $M$  (рис. 10), относительная координата которой  $X'$  (относительно  $K$ - го витка электродов) связана с координатой  $X$  соотношением:

$$X' = X + (i-1)h.$$

Та же точка  $M$  имеет координату  $X''$  (относительно витков электродов расположенных справа от нее)

$$X'' = [(i-K-1)h - x],$$

где  $i$  – текущий номер витка электрода.

Тогда окончательно получаем расчетную формулу для суммарной напряженности магнитного поля в произвольной точке  $M$ :

$$H_M = \frac{IR}{4\pi} \left\{ \sum_{i=1}^K I_R [x + (i-1)h] - \sum_{i=1}^N I_R [(i-K+1)h - x] \right\}, \quad (44)$$

где  $K$  – текущий номер межвиткового промежутка;

$N$  – количество витков электродов;

$R$  – радиус витка электрода.

Таким образом, при определении значений выражения (42) для различных точек вдоль поверхности всего влагопреобразующего элемента целесообразно воспользоваться значениями суммарного радиального интеграла ( $I_R^{(\Sigma)}(x)$ ), который примем равным:

$$I_R^{(\Sigma)}(x) = \sum_{i=1}^K I_R [x + (i-1)h] - \sum_{i=1}^N I_R [(i-K+1)h - x]. \quad (45)$$

Для его расчета можно использовать значения таблицы 2 (сообщение 1).

Если диаметр электрода ВПЭ ( $2r$ ) соизмерим с шириной ( $h$ ) интервала межосевого сечения электродов, то одна часть интервала будет заполнена веществом электродов, а другая часть – гигроскопическим веществом. Интерес представляет магнитное поле на участке протяженностью  $(h-2r)$ , т.е. там, где и происходит собственно массоперенос гигроскопического вещества.

Исходя из этих соображений, программа для вычисления суммы (45) предусматривала учет суперпозиции магнитных полей в каждом из  $N-1$  межвитковых промежутках только в точках с локальными координатами  $X_{\min} \geq r$  и  $X_{\max} \leq h-r$ .

Расчет значений суммы (45) был произведен для первых десяти межвитковых промежутков при  $h = 1$  мм с шагом  $\Delta x = 0,05$  мм, результаты которого приведены в таблице 4, в колонке 2.

По данным этой таблицы построен график, показанный на рис. 12, распределения напряженности магнитного поля вдоль поверхности влагопреобразующего элемента.

Скорость дрейфа заряженных частиц ( $V_{op}$ ), определяющую массоперенос сорбента, вычислим по выражению:

$$V_E = E / B,$$

где  $E = \Delta\phi / h$ ;

$h$  – половина шага намотки электродов;

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi R} \cdot I \cdot I_R^{(\Sigma)}(x).$$

Таблица 4

**Значения суммарного радиального интеграла для ТЭПВ при подключении электродов к источнику питания с противоположных сторон ВПЭ**

№ точки	$I_{R(x)}^{(\Sigma)}$	$V_{оп}$	№ точки	$I_{R(x)}^{(\Sigma)}$	$V_{оп}$	№ точки	$I_{R(x)}^{(\Sigma)}$	$V_{оп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1,459	16,5	69	0,265	90,6	132	-1,772	-13,5
7	0,248	96,8	70	-0,572	41,9	133	-2,721	-8,8
8	-0,747	-32,1	71	-1,351	-17,8	134	-3,864	-6,2
9	-1,697	-14,1	72	-2,209	-10,9	146	3,669	6,5
10	-2,581	-9,3	73	-3,168	-7,6	147	2,527	9,5
11	-3,457	-6,9	74	-4,321	-5,6	148	1,607	14,9
12	-4,393	-5,5	86	3,418	7,0	149	0,731	32,8
13	-5,434	-4,4	87	2,270	10,6	150	-0,066	-363,6
14	-6,684	-3,6	88	1,340	17,9	151	-0,864	-27,8
26	2,432	9,9	89	0,463	51,8	152	-1,712	-14,0
27	1,259	19,1	90	-0,345	69,5	153	-2,660	-9,0
28	0,306	78,4	91	-1,144	-21,0	154	-3,802	-6,3
29	-0,603	-39,8	92	-1,997	-12,0	166	3,706	6,5
30	-1,442	-16,6	93	-2,951	-8,1	167	2,564	9,4
31	-2,268	-10,6	94	-4,009	-5,9	168	1,644	14,6
32	-3,152	-7,6	106	3,537	6,8	169	0,769	31,2
33	-4,138	-5,8	107	2,392	10,0	170	-0,027	-888,9
34	-5,328	-4,5	108	1,469	16,3	171	-0,824	-29,1
46	2,952	8,1	109	0,590	40,7	172	-1,672	-14,4
47	1,777	13,5	110	-0,229	104,8	173	-2,619	-9,2
48	0,839	28,6	111	-1,011	-23,7	174	-3,760	-6,4
49	-0,055	-436,4	112	-1,861	-12,9	186	3,731	6,4
50	-0,884	-27,1	113	-2,812	-8,5	187	2,590	9,3
51	-1,688	-14,2	114	-3,957	-6,1	188	1,644	14,6
52	-2,555	-9,4	126	3,616	6,6	189	0,796	30,1
53	-3,523	-6,8	127	2,473	9,7	190	0,000	-
54	-4,695	-5,1	128	1,552	15,5	191	-0,796	-30,1
66	3,233	7,4	129	0,674	35,6	192	-1,644	-14,6
67	2,081	11,5	130	-0,139	172,7	193	-2,590	-9,3
68	1,151	20,9	131	-0,923	-26,3	194	-3,731	-6,4

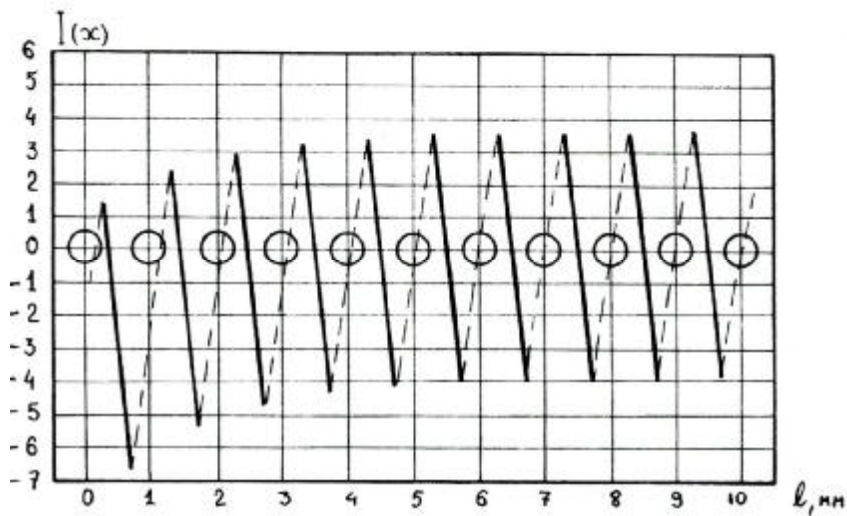


Рис. 12. Асимметрия магнитного поля вдоль поверхности ВПЭ при включении электродов в цепь питания с противоположных сторон

После подстановки и преобразований получаем:



$$V_{op} = \frac{\Delta\phi 4\pi R}{h\mu_0 I} \left[ I_{R(x)}^{\Sigma} \right]^{-1}, \quad (46)$$

а, обозначив через  $A = 4\pi R / h\mu_0 I$  приходим к выражению:

$$V_{op} = A \frac{\Delta\phi}{I_{R(x)}^{\Sigma}}. \quad (47)$$

Приняв напряжение на электродах влагопреобразующего элемента, равное максимальному амплитудному значению, т.е.  $\Delta\phi = 24B$ , и имея табулированные для различных  $X$  значения суммарного радиального интеграла  $I_{R(x)}^{\Sigma}$ , получим значения скорости дрейфа  $V_{op}$  в межэлектродных промежутках влагопреобразующего элемента ТЭПВ, результаты которого приведены в таблице 4, в колонке 3.

#### Выводы

1. Суммарное магнитное поле на межвитковых промежутках изменяется с расстоянием между электродами влагопреобразующего элемента ТЭПВ по закону, весьма близким к линейному.

2. Точка инверсии (точка, в которой напряженность суммарного магнитного поля изменяет свой знак, проходя через нуль), лежит вблизи середины межвиткового промежутка и ее расстояние от середины промежутка уменьшается с увеличением его порядкового номера. Но уже на десятом межвитковом промежутке она находится точно на середине этого промежутка. После перехода к противоположному концу влагопреобразующего элемента картина повторяется в обратном порядке.

3. Отмечается также асимметрия магнитного поля относительно поверхности влагопреобразующего элемента, у краев которого напряженность магнитного поля одного направления по модулю заметно отличается от напряженности магнитного поля противоположного направления. Эта периодичность особенно существенна на межвитковых промежутках обоих концов влагопреобразующего элемента. По мере удаления от одного из концов это различие по модулю исчезает и снова возрастает при приближении к противоположному концу влагопреобразующего элемента ТЭПВ.

Таким образом, в данной конструкции влагопреобразующего элемента будет несколько увеличен его ресурс за счет изменения направления массопереноса гигроскопического вещества вдоль одного из электродов. Это является следствием подключения к электродам ТЭПВ источника тока с противоположных сторон. В этом случае суммарный массоперенос гигроскопического вещества в межвитковом промежутке, в каком либо одном направлении, вдоль электродов не происходит.

#### Литература

1. Литвинов А.М. Стационарный режим работы подогревного электролитического преобразователя влажности / Литвинов А.М. – К. : Наукова думка. – 1979. – С. 84–92.
2. Воронец Д. Термодинамические свойства и применение / Д. Воронец, Д. Козич. – М. : Энергоатомиздат. – 1984. – С. 85–89.
3. Ландау Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М. : Наука, – 1988. – 512 с.
4. Тамм И.Е. Основы теории электричества / Тамм И.Е. – М. : Наука – 1976. – 616 с.

Надійшла 26.11.2011 р.

Рецензент: д.т.н. Скрипник Ю.О.

УДК 621.33

В.Д. КОСЕНКОВ, Л.В. СКУБІЙ

Хмельницький національний університет

Д. А. ІВЛЄВ

Одеський національний політехнічний університет

### ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РЕАКТИВНОЇ ЕРС МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З РОЗДІЛЬНИМИ П-ПОДІБНИМИ МАГНІТОПРОВОДАМИ ІНДУКТОРА

*В статті отримані залежності, що дозволяють визначити величину реактивної ЕРС секції якорної обмотки, що комутується, залежно від схеми укладки обмотки та геометричних розмірів магнітного кола машини постійного струму з роздільними П-подібними магнітопроводами індуктора.*

*In the studies obtained relationships for determining the value of reactive EMF anchor winding section which is switched depending on the conclusion of the winding circuit and geometrical dimensions of magnetic circuit DC machine with separate P – similar magnetic inductor.*

Ключові слова: магнітопровід, магнітна провідність, реакція якоря.

#### Постановка проблеми і аналіз публікацій

Останнім часом розроблено ряд конструкцій машин постійного струму обертового та лінійного