

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.317.08; 621.317.1; 621.317.6

**Ю. Н. КЛИКУШИН
В. Ю. КОБЕНКО
Д. П. ЧУПИН**

Омский государственный
технический университет

СПОСОБ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Предлагается способ лингвистической интерполяции результатов измерения, который учитывает влияние на результат измерения всех реперных точек шкалы. Алгоритм модели формирует три списка, два из которых представляют собой прямо и обратно упорядоченные последовательности имен реперных точек, задающие пределы измерения. Третий список, формируемый под воздействием входной величины, является неупорядоченной последовательностью имен реперных точек. Если измерить степень неупорядоченности (хаотичности) третьего списка, то можно получить численные оценки неопределенности результата измерения.

Ключевые слова: измерение, интерполяция, классификационные свойства, лингвистическая модель, неупорядоченность, хаос положения, шкала.

Постановка задачи. Рассмотрим ситуацию (рис. 1), при которой измерению подлежит постоянный ток I_x , лежащий в диапазоне от 0 до 10 А. Шкала показывающего прибора имеет 6 оцифрованных отметок в том же диапазоне. Под воздействием входной величины стрелка прибора отклонилась от нулевой отметки на некоторый угол. Поскольку между оцифрованными отметками делений нет, то задача измерения сводится к задаче интерполяции положения стрелки между двумя соседними отметками 2 и 4 А.

При этом возможны два алгоритма интерполяции. Первый из них предполагает переход к номинальной шкале, у которой есть только два значения. Поэтому суждение о неизвестном значении измеряемой величины должно быть таким: «Значение тока равно либо 2, либо 4 А».

Второй вариант предполагает использование некоторых дополнительных, априорных сведений о характере распределения значений между отметками. Так, например, если используется измеритель-



Рис. 1. Пример, иллюстрирующий постановку задачи

ный механизм магнитоэлектрической системы, то предполагается, что существует линейная функция принадлежности положения стрелки к отметкам шкалы.

В этом случае можно применить понятие расстояния и значение входной величины определять по принципу принадлежности стрелки к той отметке, расстояние до которой минимально.

На практике, в рассмотренной ситуации для увеличения точности интерполяции применяются два способа: увеличение количества реперных точек в том же диапазоне и переключение пределов измерения.

Однако в любом случае положение стрелки всегда будет определяться с использованием только двух отметок (из N возможных). Следовательно, эффективность использования измерительной шкалы в самом простом варианте (рис. 1) составляет всего одну треть ($1/3$).

Таким образом, сформулируем проблему как задачу разработки такого алгоритма интерполяции, при котором учитывалось бы влияние всех реперных точек шкалы в оценку положения стрелки указателя.

Алгоритм лингвистической интерполяции. Главная идея алгоритма лингвистической интерполяции (рис. 2) базируется на целостном представлении шкалы, основным агрегированным свойством которой является ее упорядоченность [1, 2]. Алгоритм назван лингвистическим потому, что его работа связана с обработкой списков имен реперных точек шкалы.

В блоке 1 осуществляется ввод измеренного значения J_x тока. В блоке 2 производится вычисление модуля разности значения J_x и массива реперных точек: $D_i = |J_x - Z_i|$, где Z_i — значение i -ой реперной точки. Блок 3 является базой данных, в которой хранится виртуальная шкала. В блоке 4 осуществляется контроль полноты просмотра всех ($N=6$) реперных точек. На выходе этого блока формируется массив $\{D\}$, который представляет собой список отклонений D_i по всем реперным точкам $\{D\} = \{D_1, D_2, \dots, D_N\}$. Этот массив сортируется $\{D^s\}$ по возрастанию в блоке 5. Перебор реперных точек эталонов производится в счетчике 6. Вывод полученного списка эталонов осуществляется в блоке 7.

Введем следующую систему понятий, в рамках которой рассмотрим логику алгоритма лингвистической интерполяции.

Прямой шкалой (Direct Scale, DS) будем называть упорядоченную по возрастанию последовательность реперных точек шкалы (например, рис. 1). При этом возможны 3 варианта представления DS:

- 1) в значениях измеряемой величины (DS_x);

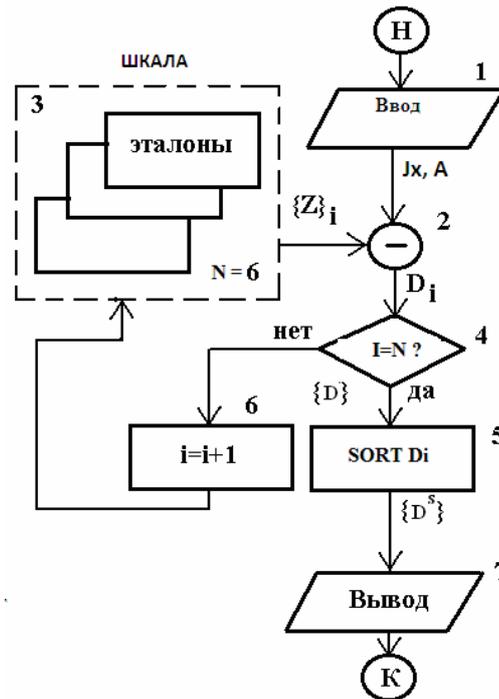


Рис. 2. Структурная схема алгоритма лингвистической интерполяции

- 2) в значениях рангов (порядковых номеров) (DS_r);

3) в символах алфавита (DS_s), как общепринятой упорядоченной системе языка. В частности, для рассматриваемого примера, прямая шкала, состоящая из шести элементов, имеет следующие варианты обозначения: $DS_x = \{0; 2; 4; 6; 8; 10\}$, $DS_r = \{1; 2; 3; 4; 5; 6\}$, $DS_s = \{A; B; C; D; E; F\}$.

Обратная шкала (Reverse Scale, RS) представляет собой упорядоченную по убыванию последовательность реперных точек шкалы, которая имеет также 3 отображения: $RS_x = \{10; 8; 6; 4; 2; 0\}$, $RS_r = \{6; 5; 4; 3; 2; 1\}$, $RS_s = \{F; E; D; C; B; A\}$.

Измерительная шкала (Measurement Scale, MS) является такой, в общем случае, неупорядоченной последовательностью реперных точек, которая соответствует текущему значению измеряемой величины. Чтобы определить эту последовательность, необходимо к измеренному значению (J_x) применить алгоритм (рис. 2). Предположим, для определенности, что $J_x = 2,5$ А, тогда измерительная шкала будет иметь отображения: $MS_x = \{2; 4; 0; 6; 8; 10\}$, $MS_r = \{2; 3; 1; 4; 5; 6\}$, $MS_s = \{B; C; A; D; E; F\}$.

Принцип интерполяции состоит в том, чтобы оценить неопределенность результата измерения,

Алгоритм вычисления оценки неопределенности

№ п/п	Прямая шкала (DS _x)	Расстояние между (DS _x) и (MS _x)	Измерительная шкала (MS _x)	Расстояние между (RS _x) и (MS _x)	Обратная шкала (RS _x)
1	0	2	2	8	10
2	2	2	4	4	8
3	4	4	0	6	6
4	6	0	6	2	4
5	8	0	8	6	2
6	10	0	10	10	0
	«Прямое» расстояние (L)	8 = 2 + 2 + 4 + 0 + 0 + 0	«Обратное» расстояние (R)	36 = 8 + 4 + 6 + 2 + 6 + 10	
	Разность (Δ) между расстояниями (L) и (R): Δ = (L) - (R) = 8 - 36 = -28		-28		
	Расстояние (P) между прямой (DS _x) и обратной (RS _x) шкалами		36		
	Оценка неопределенности M = (Δ/P) = -28/36 = -0,7777		-0,78		

используя положение измерительной шкалы ($J_x = 2,5$ А) относительно упорядоченных границ прямой ($J_x = 0$ А) и обратной ($J_x = 10$ А) шкал. Следует отметить, что при использовании предлагаемого алгоритма автоматически выполняется условие существования так называемых «двух столбов сравнения», сформулированное Н. Г. Загоруйко в работе [3] и примененное им для решения задачи измерения компактности образов и оценки сходства между объектами.

Физический смысл лингвистической интерполяции состоит в том, что если значение (J_x) входной величины меняется, то меняются положение Measurement Scale и степень ее неупорядоченности, причем наибольшая хаотичность будет соответствовать центральному положению измерительной шкалы. Следовательно, понятие «хаос» можно использовать для количественной оценки положения измерительной шкалы относительно крайних отметок (Direct Scale и Reverse Scale). Будем называть такой хаос статическим (хаосом положений), в отличие от динамического хаоса, который является результатом наличия движения элементов системы [4, 5].

В качестве количественной меры статического хаоса удобно использовать понятие относительного расстояния между шкалами, выраженного либо в пространстве значений ($DS_x - MS_x - RS_x$), либо в пространстве рангов ($DS_r - MS_r - RS_r$). Проведенными исследованиями установлено, что для линейных (равномерных) шкал оценки неопределенности, полученные в пространстве значений и рангов, совпадают.

В табл. 1 представлен алгоритм и результаты вычисления оценки неопределенности для примера измерения тока ($J_x = 2,5$ А, рис. 1).

С позиций теории нечетких множеств [6], полученная оценка неопределенности эквивалентна такому показателю, как степень принадлежности результата измерения к прямой и обратной шкалам. При этом знак минус означает, что результат измерения находится ближе к прямой шкале, а знак плюс — к обратной. В рассматриваемом примере результат измерения ($J_x = 2,5$ А) принадлежит левой границе (прямой шкале) примерно на 78 %.

Характеристика неопределенности. Чтобы построить всю характеристику неопределенности, надо просканировать значение входной величины в заданном диапазоне (от 0 до 10 А) и оценить относительные расстояния (M). Полученная таким образом эмпирическая характеристика будет иметь ступенчатый характер в силу ограниченного числа реперных отметок шкалы.

Непрерывная аналитическая модель характеристики неопределенности (рис. 3) была получена с помощью программы TCWin (фирмы Jandel Scientific) из более чем 4000, хранящихся в базе данных этой программы. При этом наилучшей моделью (Eqn. 8011, Rank = 1) характеристики неопределенности оказалась сигмоидальная (Sigmoid) функция:

$$Y = A + \frac{B}{(1 + \exp(-(X - C)/D))}, \quad (1)$$

где $A \approx -1$; $B \approx 2$; $C \approx 5,5$; $D \approx 1,26$ — параметры модели; $X = J_x$ — входная независимая переменная (ток); $Y = M$.

Геометрический смысл параметров модели заключается в том, что коэффициент A определяет минимальное значение (-1) характеристики неопределенности, $A + B = 1$ — определяет максимальное значение характеристики неопределенности, коэффициент C — задает положение нуля, а коэффициент D — задает крутизну характеристики неопределенности.

Модель (1) является универсальной в том смысле, что она справедлива как для линейных, так и нелинейных шкал. Нелинейность шкалы и изменение пределов измерения влияют лишь на параметры (C) и (D) характеристики неопределенности (1). Вид этой функции (сигмоидальная), а также параметры (A) и (B) остаются постоянными.

В цифровых приборах характеристику (1) можно хранить в памяти и использовать ее не только для оценки неопределенности результатов измерений в заданном, но и любом другом диапазоне измерений.

Поскольку размытость характеристики (рис. 3) интегрально включает все составляющие (методические, инструментальные, модельные, вычислитель-

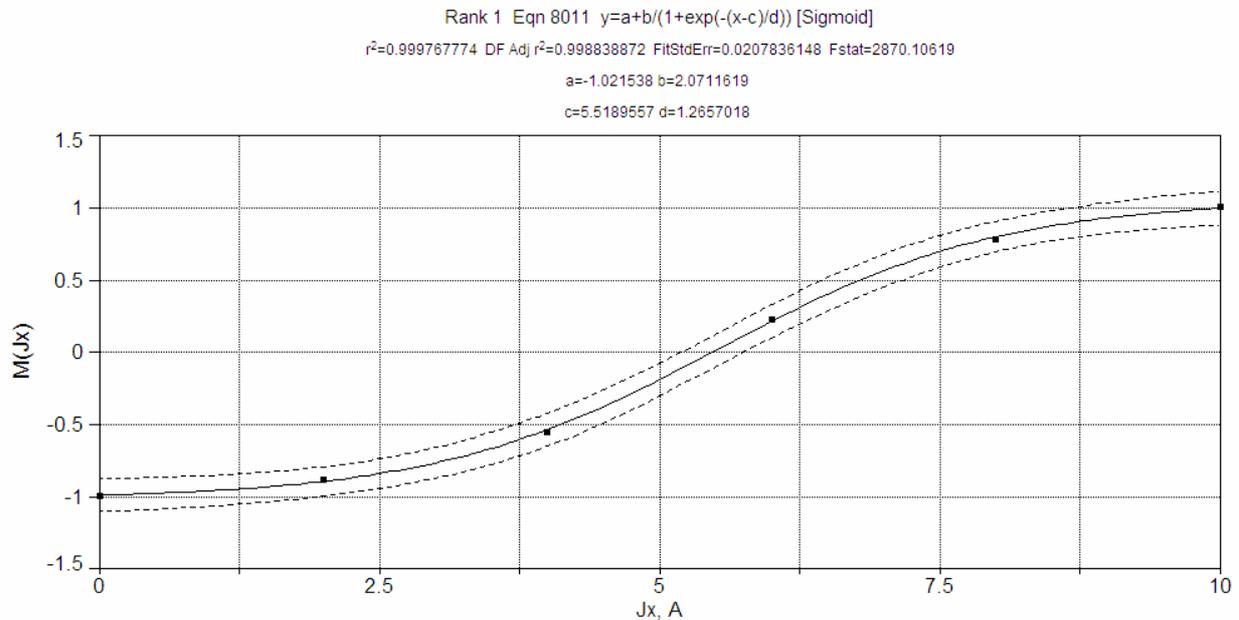


Рис. 3. Характеристика неопределенности результатов измерения

ные) погрешности измерения, то появляется возможность учесть не только неопределенность результата, но и неопределенность неопределенности.

Выводы. Установлена новая закономерность, связывающая результаты измерения и их неопределенности в виде функции принадлежности результатов к упорядоченным последовательностям реперных точек шкалы. Измерение рассматривается как внесение неупорядоченности (хаоса) в упорядоченную систему шкал. Возможно, что такая позиция может стать новой парадигмой теории измерений, наподобие тому, как предложение П. В. Новицкого заменить действие случайной погрешности с неизвестным законом распределения эквивалентным действием погрешности с равномерным распределением, привело к созданию информационной теории измерений [7].

По мнению авторов, ближайшим структурным аналогом способа лингвистической интерполяции является нейронная сеть [8], в которой: 1) множество входов представляет собой множество результатов измерения; 2) суммирующие устройства с различными весовыми коэффициентами эквивалентны шкалам прямой и обратной последовательностей; 3) роль активационного (порогового) элемента с сигмоидальной характеристикой выполняет характеристика неопределенности (рис. 3). Если это действительно так, то можно интерпретировать процедуру измерения, как частный случай процедуры распознавания образов, с приписыванием ей классификационных функций.

Предлагаемый способ лингвистической интерполяции результатов измерений позволяет, во-первых, унифицировать процедуру измерения — за счет универсальности алгоритма интерполяции. Во-вторых, повысить информативность и расширить функциональные возможности средств измерений — без использования сложных алгоритмов обработки.

Перспективы применения лингвистической модели связаны с построением интеллектуальных цифровых измерительных приборов со встроенными виртуальными шкалами.

Библиографический список

1. Горшенков, А. А. Температурная шкала для распределений вероятности [Электронный ресурс] / А. А. Горшенков, В. А. За-

харенко, Ю. Н. Кликушин // Интернет-издание Журнал радиоэлектроники. — 2010. — № 10. — Режим доступа: <http://jre.cplire.ru>. (дата обращения: 05.03.2014).

2. Горшенков, А. А. Системный подход к описанию свойств МТШ-90 / А. А. Горшенков, В. А. Захаренко, Ю. Н. Кликушин, С. А. Орлов // Измерительная техника. — 2011. — № 8. — С. 34–38.

3. Загоруйко, Н. Г. Как измерять компактность образов и оценивать сходство между объектами / Н. Г. Загоруйко // Идентификация, измерение характеристик и имитация случайных сигналов : сб. материалов МНТК ИИИ 2009. — Новосибирск : Изд-во КВАНТ, 2009. — С. 101–113.

4. Анищенко, В. С. Сложные колебания в простых системах. Механизмы возникновения, структура и свойства хаоса в радиофизических системах / В. С. Анищенко. — М. : Наука, 1990. — 312 с.

5. Дмитриев, А. С. Хаос и обработка информации в нелинейных динамических системах / А. С. Дмитриев // Радиотехника и электроника. — 1993. — Т. 38, № 1. — С. 1–24.

6. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова. — М. : Наука, 1986. — 312 с.

7. Новицкий, П. В. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий. — Л. : Энергия, 1968. — 248 с.

8. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2001. — 382 с.

КЛИКУШИН Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Технология электронной аппаратуры».

Адрес для переписки: iit@omgtu.ru

КОБЕНКО Вадим Юрьевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Адрес для переписки: kobra_vad@rambler.ru

ЧУПИН Дмитрий Павлович, аспирант кафедры «Технология электронной аппаратуры».

Адрес для переписки: chupindp@gmail.com

Статья поступила в редакцию 05.03.2014 г.

© Ю. Н. Кликушин, В. Ю. Кобенко, Д. П. Чупин

УСТРОЙСТВА ДЛЯ УЧЕТА РАСХОДА ГАЗА

Рассмотренные контактные виды расходомеров (тахометрические, турбинные, тепловые, ротаметры и др.) жидкостей, паров и газов обладают существенным недостатком: сложность в изготовлении, невысокие рабочие давления, относительно высокая погрешность измерения. Авторы статьи, проведя анализ существующей проблемы, предложили к установке вихревой расходомер Proline Prowirl 72.

Ключевые слова: газ, расходомер.

Расход вещества — это масса или объем вещества, проходящего через данное сечение канала средства измерения расхода в единицу времени. В зависимости от того, в каких единицах измеряется расход, различают объемный расход или массовый расход. Объемный расход измеряется в м³/с (м³/ч и т. д.), а массовый — в кг/с (кг/ч, т/ч и т. д.).

Расход вещества измеряется с помощью расходомеров, представляющих собой средства измерений или измерительные приборы расходомера.

В настоящее время к расходомерам предъявляется более десятка требований, удовлетворить которые совместно достаточно сложно и не всегда возможно.

К этим требованиям относятся: высокая точность измерения (приведенная погрешность от 0,1 до 1,5 %), надежность, независимость результатов измерения от изменения плотности вещества, быстродействие прибора, большой диапазон измерения (от 0,001 до 5 000 м³/ч), необходимость измерения расхода веществ не только в обычных, но и в экстремальных условиях при очень низких и очень высоких давлениях (до 900 бар) и температурах (от -273 до +700 °С).

На сегодняшний день актуальна проблема измерения расхода газовых сред с высокой точностью. Повышение точности достигается как за счет применения новых прогрессивных методов и приборов, так и за счет совершенствования старых классических методов.

По условию измеряется расход газа со следующими технологическими параметрами: расход $Q = 1556,75 \text{ м}^3/\text{ч}$; давление $P = 5,6 \text{ бар}$.

Существующие расходомеры на сегодняшний день.

1. Турбинный расходомер. Турбинный расходомер работает следующим образом. При движении измеряемой среды по каналу 2 через струенаправляющий аппарат 3 в зазоре между передним обтекателем 4 и ступицей 5 турбинки 6 создается пониженное статическое давление (рис. 1). За кормой ступицы турбинки в связи с большим проходным сечением канала происходит увеличение статического давления. В результате появляется сила, действующая на турбинку против потока. Турбинка начинает перемещаться в сторону переднего обтекателя. При этом уменьшается зазор между передним обтекателем и кольцевым телом обтекания, что приводит к увеличению гидродинамического сопротивления и силы, действующей на турбинку по потоку. Таким обра-

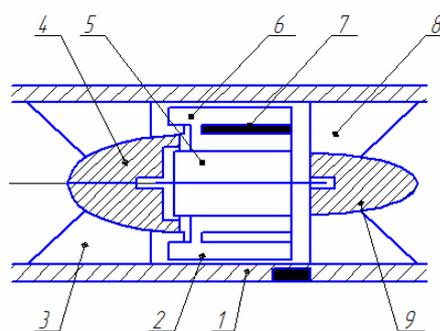


Рис. 1. Турбинный расходомер

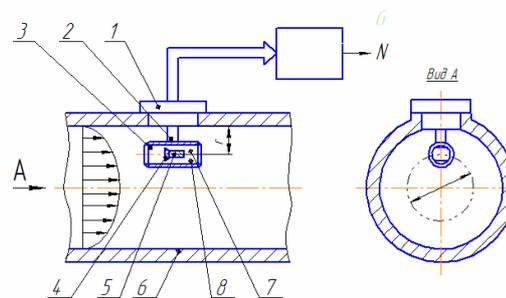


Рис. 2. Вихревой расходомер

зом, частота вращения турбинки пропорциональна объемному расходу [1].

2. Вихревой расходомер. При обтекании плохообтекаемого тела (рис. 2) набегающим потоком на гранях трапециевидальной призмы 4 плохообтекаемого тела периодически изменяется знак профиля скорости и происходит отрыв потока от граней трапециевидальной призмы 4 плохообтекаемого тела и образуется вихревое течение. При этом в каналах 7 и 8, образованных между направляющей и плохообтекаемым телом, образуются две области вихреобразования, ограниченные боковыми стенками плохообтекаемого тела и внутренней поверхностью направляющей 3. В начальный момент вследствие неполной симметрии каналов 7 и 8 вихрь на одной из граней призмы 4 зарождается раньше, чем на другой. Образовавшийся вихрь сносится в канал, например, 7, при этом задерживается срыв вихря в другой канал 8 до момента выхода вихря из канала 7. За счет направляющей 3 между каналами 7 и 8 в проточной части

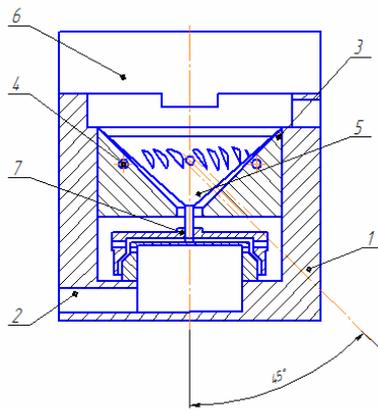


Рис. 3. Счетчик газа

датчика образуется пневматическая положительная обратная связь и процесс вихреобразования принимает устойчивый периодический характер. При этом на боковых поверхностях плохообтекаемого тела возникает перепад давлений, пульсирующий с частотой, пропорциональной местной скорости потока в области направляющей плохообтекаемого тела [2].

3. Счетчик газа–расходомер. Работа счетчика осуществляется следующим образом. В полости 2 поступает газ (рис. 3). Поднимает конус 5, посаженную на коническую поверхность 4 опоры 3. Турбинка 7, благодаря тангенциальным отверстиям, а также наличию на наружной поверхности конуса 5, выполненных по винтовой линии, начинает вращаться вокруг оси со скоростью, пропорциональной объемному расходу.

Измеряя скорость движения турбинки, получаем расходомер (скорость движения которого пропорциональна объемному расходу), а измеряя общее количество оборотов (или ходов) его — счетчик количества (объем или массу) прошедшего вещества.

Задачей заявляемого технического решения является повышение точности измерений. Предлагается к установке вихревой расходомер Proline Prowirl 72.

Поставленная задача решается тем, что в вихревом расходомере Proline Prowirl 72, содержащем установленный в измерительной трубе корпус, в котором находится тело обтекания, расположенное по диаметру корпуса и закрепленное в нем, по крайней мере, в одной точке, датчик, вставленный в отверстие в стенке корпуса за телом обтекания и включающий сенсор и мембрану, соединенную непосредственно с сенсором, выполненным в виде жесткого стержня, соединенного в верхней части с балансиrom, и пьезоэлемент в виде плоской пластины, имеющей три электрода — базовый на нижней поверхности пластины и два электрода на верхней ее поверхности, симметричных относительно оси симметрии сенсора, связанных с устройством обработки сигнала с пьезоэлемента, согласно изобретению датчик дополнительно содержит связанную с балансиrom вторую мембрану, расположенную параллельно первой мембране и разнесенную с ней по высоте на высоту рычага, соединяющего стержень с балансиrom, при этом пьезоэлемент прилегает ко второй мембране.

Достоинства: широкий диапазон температур, возможность использования практически на любых средах.

Недостатки: чувствительность к влиянию внешних помех (вибрации), ненулевая шкала.

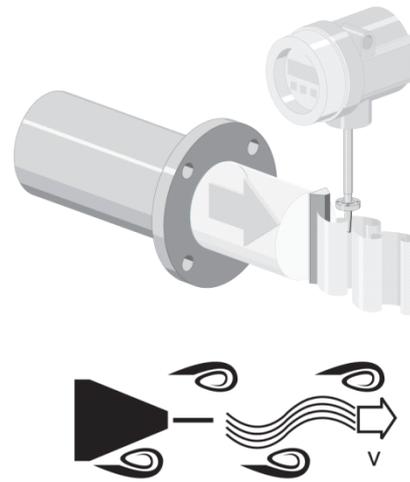


Рис. 4. Общий вид и принцип действия вихревого расходомера

Действие вихревых расходомеров основано на принципе вихреобразования Кармана (рис. 4). При обтекании жидкостью тела обтекания с обеих сторон попеременно образуются вихри с противоположными направлениями вращения. Эти вихри вызывают локальное снижение давления. Флуктуации давления регистрируются датчиком и преобразуются в электрические импульсы. В рамках предельных условий применения устройства возникновение вихрей происходит с постоянной частотой. Частота вихреобразования, таким образом, пропорциональна объемному расходу.

В качестве коэффициента пропорциональности используется так называемый *k*-фактор:

$$k\text{-фактор} = \frac{\text{Импульсы}}{\text{Единичный объем [дм}^3\text{]}}$$

В рамках предельных условий применения устройства *k*-фактор зависит только от геометрии устройства. Он не зависит от скорости течения, вязкости или плотности рабочей среды. Таким образом, *k*-фактор также не зависит от типа измеряемой среды, будь то пар, газ или жидкость.

Первичный сигнал измерения уже является цифровым (сигналом частоты) и линейным по отношению к потоку. После изготовления устройства *k*-фактор определяется на заводе путем калибровки и не подвержен долговременному дрейфу или дрейфу нулевой точки.

Устройство не имеет подвижных частей и не требует техобслуживания.

Выводы. Предложенное устройство для учета расхода газа имеет широкий диапазон температур, возможность использования практически при любых средах.

Библиографический список

1. Пат. 2324146 Российская Федерация, МПК G 01 F1/12. Турбинный расходомер / Коротков П. Ф.; заявитель и патентообладатель Коротков Пётр Фёдорович. — № 2324146; заявл. 25.05.2006; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 5. — 6 с.
2. Пат. 2097706 Российская Федерация, МПК G 01 F1/32. Вихревой расходомер / Мартынов Е. В., Краснов Ю. Н., Колчин А. В.; заявитель и патентообладатель Казанский гос. техн. ун-т им. А. Н. Туполева. — № 2097706; заявл. 27.03.95; опубл. 27.11.97, Бюл. № 3. — 4 с.

ПЕННЕР Виктор Андреевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Метрология и приборостроение».

Адрес для переписки: penner1102@mail.ru

АНДРЕЕВА Кюннэй Егоровна, студентка гр. П-519 кафедры «Метрология и приборостроение». Адрес для переписки: kunnewke@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.03.2014 г.
© В. А. Пеннер, К. Е. Андреева

УДК 621.9.048.6

**Д. А. ЛЕБЕДЕВА
А. А. НОВИКОВ
Д. А. НЕГРОВ**

Омский государственный
технический университет

РАЗРАБОТКА НОВОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЛНОВОДА- ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕВИЗИОННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ

В результате исследования был разработан, рассчитан и изготовлен ультразвуковой хирургический волновод-инструмент, который обеспечивает необходимую амплитуду колебаний рабочего окончания при высокой нагрузочной способности при удалении ацетабулярного компонента эндопротеза. Использование волновода-инструмента позволяет извлекать чашку эндопротеза после предварительного «раскачивания» с небольшими костными потерями, а также сократить время извлечения.

Ключевые слова: высокая нагрузочная способность, ревизионное эндопротезирование, ацетабулярный компонент, волновод-инструмент.

На сегодняшний день эндопротезирование является наиболее эффективным методом при лечении тяжелых травм и заболеваний тазобедренного сустава. Количество первичных эндопротезирований год от года неуклонно возрастает. Это обусловлено как увеличением уровня заболеваемости тазобедренного сустава, в частности шаровидной головки, шейки бедренной кости и вогнутой округлой вертлужной впадины, так и их травм, приводящих к эндопротезированию. Пропорционально количеству первично установленных эндопротезов растет и число ревизионных эндопротезирований. Основной трудностью в ревизионном эндопротезировании является замена тазобедренного ацетабулярного компонента эндопротеза.

Данный эндопротез состоит из двух основных частей. Бедренный компонент эндопротеза предназначен для замещения головки и шейки бедренной кости и состоит из ножки и головки эндопротеза. Ацетабулярный компонент (чашка эндопротеза), устанавливается в замен вертлужной впадины тазобедренного сустава. Так как обязательной частью чашки эндопротеза является полимерный вкладыш из биосовместимой пластмассы, то использование пластмассы требует и соответствующих возможностей по ее обработке, как на предварительных стадиях, так и интраоперационно.

Одним из эффективных способов внешнего воздействия на пластмассы является воздействие энергии ультразвуковых колебаний [1]. Волноводы-инструменты в известных ультразвуковых аппаратах для травматологии и хирургии выполнены в соответствии с требованием обеспечения резонансного режима

всей акустической системы, а их торцевые части имеют размеры и форму согласно лечебному предписанию и не предназначены для удаления отдельных элементов эндопротеза при ревизионном эндопротезировании [2]. Для обеспечения выполнения этой функции основная задача — разработка волновода-инструмента, обеспечивающего необходимую амплитуду колебаний рабочего окончания (выбор формы которого тоже является одной из задач разработки) при высокой нагрузочной способности.

В качестве базового варианта был выбран конструктив составного волновода-инструмента типа «тройная елочка на основании» [3]. Данный ультразвуковой волновод представляет собой комбинированную конструкцию, состоящую из одного цилиндрического и трех съемных экспоненциальных элементов.

Волновод-инструмент состоит из полуволновых цилиндрического 1 и экспоненциальных элементов 2, окончания экспоненциальных элементов выполнены в виде конической трехэлементной «елочки» 3 (рис. 1а). Экспоненциальные элементы с диаметром основания d расположены на рабочем торце цилиндрического элемента с диаметром D , выполненного с центральным глухим отверстием глубиной в четверть длины волны и диаметром $D_1 = D - 2d$, а сами элементы закреплены винтовыми соединениями через 120 град (рис. 1б).

Окончания экспоненциальных элементов выполнены в виде конической трехэлементной «елочки» общей длиной $l \leq 0,2\lambda$, где λ — длина волны, причем первый элемент «елочки» выполнен в виде конуса под углом при вершине 60 град, а второй и третий

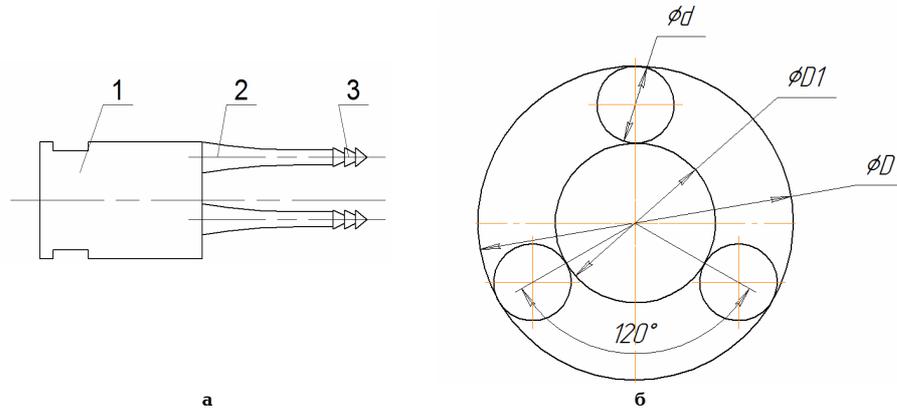


Рис. 1. Чертеж ультразвукового волновода-инструмента типа «Тройная елочка»



Рис. 2. Волновод-инструмент «Тройная елочка»

элемент — в виде усеченного конуса под углом при вершине 35 град (рис. 2).

Для повышения эффективности проникновения волновода-инструмента в ацетабулярный компонент эндопротеза необходимо выполнение следующих требований к волноводной системе:

- 1) ультразвуковой инструмент должен обеспечивать требуемую амплитуду колебаний при заданной выходной площади инструмента;
- 2) динамические напряжения не должны превышать предела выносливости материала ультразвукового инструмента;
- 3) ультразвуковой инструмент должен работать в режиме устойчивого резонанса при изменении, в процессе проникновения в эндопротез, действующей на него технологической нагрузки.

При проектировании ультразвукового волновода-инструмента заданная выходная площадь инструмента (определяемая размерами ацетабулярного компонента эндопротеза) накладывает ограничения по коэффициенту усиления K_y :

$$K_y = A_{вх} / A_{вых}, \quad (1)$$

где $A_{вх}$ и $A_{вых}$ — входная и выходная амплитуда колебаний волновода. Необходимо учитывать, что чем больше коэффициент усиления, тем больше динамические напряжения, возникающие в волноводе, выше потери энергии в волноводной системе и ниже устойчивость акустической системы к нагрузке. Таким образом, амплитуда на рабочем торце волновода-инструмента должна быть достаточной для обеспечения беспрепятственного проникновения его в материал эндопротеза.

Соответствие рассчитанного волновода второму пункту требований может быть оценено как:

$$\sigma_{max} \leq [\sigma^{-1}], \quad (2)$$

где σ_{max} — максимальное напряжение в волноводе.

Условие, сформулированное в третьем пункте, можно оценить устойчивостью собственной частоты колебаний волновода к изменению технологической нагрузки:

$$\Omega = \Delta\Psi \left(\frac{\Delta f}{f} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где $\Delta\Psi$ — изменение технологической нагрузки, приводящее к рассогласованию системы; Δf — изменение резонансной частоты системы под действием технологической нагрузки.

Очевидно, что чем больше показатель частотной устойчивости (Ω), тем более целесообразно применение волновода в ревизионном протезировании с изменяющейся нагрузкой.

Расчет такого волновода-инструмента является комплексной задачей, решаемой относительно двух противоположных вариантов: максимальной частотной устойчивости при заданном коэффициенте усиления и максимального коэффициента усиления при заданной частотной устойчивости.

В процессе проникновения в ацетабулярный компонент эндопротеза, изготовленного из биосовместимой пластмассы, амплитуда выходных колебаний непосредственно зависит от коэффициента усиления волновода и определяется технологическими задачами. Вследствие недостаточной частотной устойчивости амплитуда колебаний уменьшается, что приводит к резкому снижению эффективности работы волновода во время операции. Поэтому первый вариант является более предпочтительным. Он может быть реализован при рациональной геометрии

ИССЛЕДОВАНИЕ МОТОРА БЕДИНИ В КАЧЕСТВЕ ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Проведены исследования мотора Бедини в качестве зарядного устройства аккумуляторных батарей. Результаты исследования представлены в виде осциллограмм напряжения и тока, измеренных в цепях зарядного устройства. Приведены расчеты входных / выходных токов и мощностей зарядного устройства, а также расчеты эффективности устройства.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, мотор Бедини, баланс мощностей, зарядное устройство, эффективность.

Введение. На просторах глобальной сети можно найти множество статей, посвященных устройствам, которые якобы позволяют получить «свободную энергию», «энергию эфира» или так называемую «радиантную энергию». Множество людей, заинтересованных этой темой, пытаются повторить представленные в них устройства и обсуждают полученные результаты.

Нами было проведено исследование устройства, называемого мотором Бедини (МБ). Это устройство, по заверению автора Джона Бедини (Jhon Bedini), позволяет заряжать свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. При этом само устройство питается от аналогичной батареи напряжением 12 В. По заверениям изобретателя этого устройства, заряжаемая батарея в процессе заряда «наполняется» некоей энергией, полученной из окружающей среды. Как следствие, заряжаемая батарея получает 100 % заряда за очень короткий промежуток времени (по разным источникам от 10 до 30 минут). При этом устройство работает от аккумуляторной батареи той же емкости и не исчерпывает ее в процессе заряда [1].

Для проведения экспериментальных исследований у автора изобретения была приобретена одна из модификаций МБ.

Предмет исследования. Мотор Бедини представляет собой некий аналог бесколлекторного (вентильного) двигателя постоянного тока (рис. 1). На его статоре размещены 8 катушек индуктивности. Из них 4 предназначены для приведения в движение ротора, а также участвуют в зарядке батареи (в прилагаемой инструкции они именуется Motor Coils), другие 4 — представлены как катушки генератора (Generator Coils) для снятия дополнительной энергии. Ротор состоит из 2-х дисков, закрепленных на горизонтальном валу, снизу и сверху статора. На роторе закреплены постоянные магниты (по одному сверху и снизу напротив сердечников катушек).

Электрическая схема устройства представлена на (рис. 2). Состоит устройство из 4-х одинаковых блоков $A1-4$, токоограничивающих резисторов $R1, R6$, геркона $S1$ и аккумуляторных батарей $GB1$ и $GB2$. Каждый из блоков включает в себя катушку индуктивности (Motor Coil), транзистор с токоограничивающим резистором, диод и неоновую лампу.

Геркон $S1$ размещается рядом с сердечником одной из катушек.

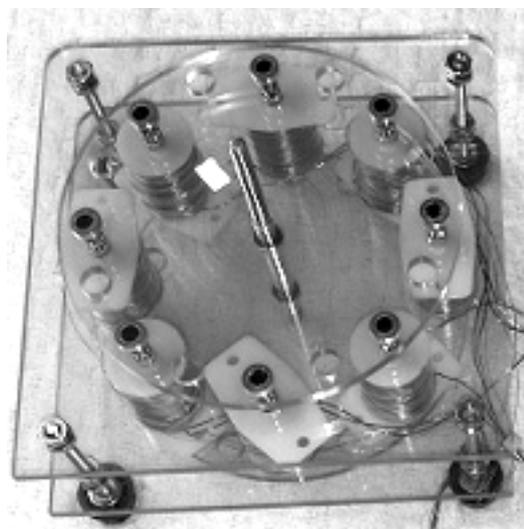


Рис. 1. Внешний вид МБ

В качестве питающей $GB1$ и нагрузочной $GB2$ батарей использовались свинцово-кислотные батареи номинальной емкостью 7,2 Ач, напряжением 12 В.

Измерения средних токов и напряжений проводились на измерительном стенде National Instruments BNC-2120. Осциллограммы напряжений и токов получены на осциллографе.

Результаты исследования и их обсуждение. Первые испытания устройства в работе показали, что среднее значение потребления тока в режиме холостого хода (XX) (без заряжаемой батареи $GB2$) составляет 1,82 А при напряжении питания 12,03 В.

Так, средняя потребляемая мощность в режиме XX составила 21,85 Вт. Под нагрузкой (с заряжаемой батареей) средний ток, потребляемый устройством, составил 3,32 А при напряжении 11,56 В — средняя потребляемая мощность 38,39 Вт. При этом средний ток заряда нагрузочной батареи составил 1,25 А при напряжении 13,54 В — средняя мощность, отдаваемая устройством, составила 16,91 Вт [2].

Так, потребляемая устройством мощность более чем в 2 раза превышает мощность, отдаваемую в нагрузочную батарею. Следовательно, при условии, что батареи $GB1$ и $GB2$ имеют одинаковую емкость, заряд

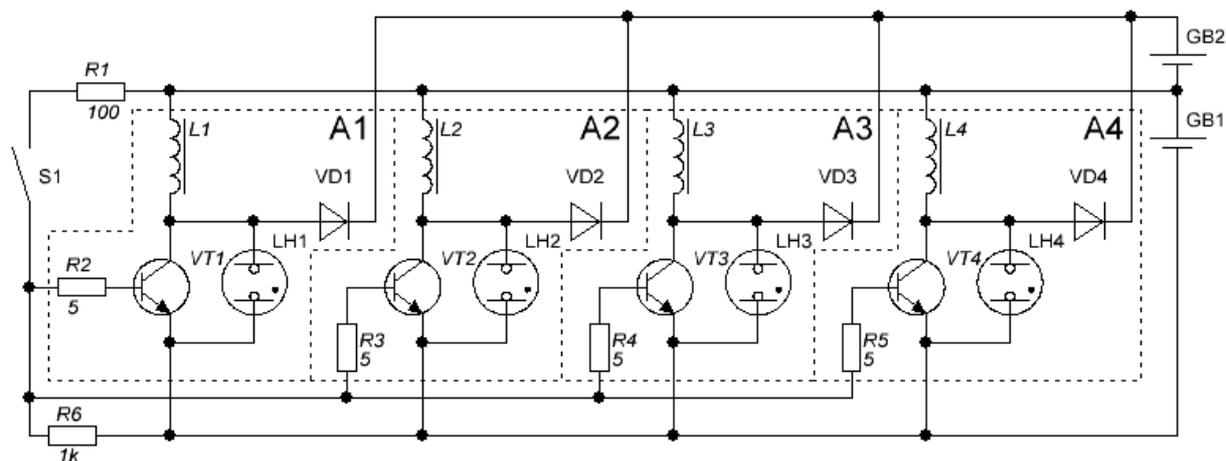


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема МБ

батареи *GB1* будет исчерпан быстрее, чем зарядится батарея *GB2*.

В ходе дальнейших исследований с помощью осциллографа были получены осциллограммы сигналов в различных точках схемы.

В целях упрощения схема устройства была урезана до одного блока (рис. 3).

На рис. 4 представлена форма напряжения на базе транзистора *T1* (точка *a*).

Изменение уровня в этой точке обусловлено замыканием/размыканием контактов геркона. Период сигнала составляет 7,5 мс, частота переключения транзистора *T1* равна

$$f_{T1} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мс}} = 133,3 \text{ Гц}.$$

Коэффициент заполнения *D* в установившемся режиме равен

$$D = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ мс}}{7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мс}} \cdot 100 \% = 33,3 \%$$

Под действием магнита контакты геркона замыкаются, и по базе транзистора протекает ток — транзистор открыт. Падение напряжения на базе *T1* составляет 0,8 В (рис. 4). Длительность протекания тока через базу транзистора составляет 2,5 мс. В течение этого времени транзистор *T1* открыт и по катушке *L1* протекает ток. Следующие 5 мс геркон разомкнут и транзистор закрыт. Мгновенный обрыв цепи *L1T1GB1* вызывает всплеск ЭДС самоиндукции в индуктивности *L1*. Это видно на осциллограмме, снятой в точке *b* (рис. 5). Осциллограмма снята при отключенной батарее *GB2*.

В момент закрытия транзистора ЭДС самоиндукции достигает 120 В. В течение ~2,5 мс напряжение снижается до ~1 В. После этого в цепи протекает переходной процесс в виде возрастания напряжения до 2,8 В и снижения до 1 В. Во время «накачки» катушки *L1* (транзистор открыт) напряжение на ее выводах составляет 1 В. Измерения проводились в режиме отсечки постоянной составляющей напряжения.

При подключенной нагрузочной батарее *GB2*, в момент закрытия транзистора *T1*, на ее клеммах можно наблюдать всплеск напряжения величиной 0,08 В (рис. 6). Напряжение батареи *GB2* во время проведения измерения составляло 11,8 В.

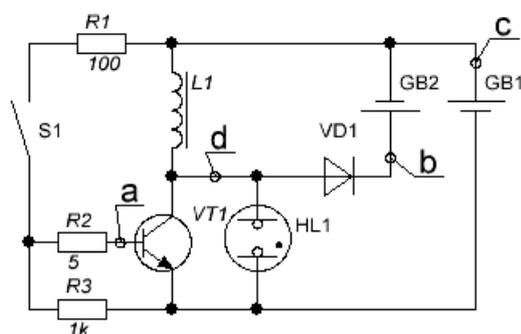


Рис. 3. Упрощенная схема МБ

Осциллограмма напряжения в точке *d* представлена на рис. 7. Измерения проводились при подключенной батарее *GB2*.

Здесь наблюдается всплеск напряжения, вызванный закрытием транзистора *T1* до значения 14 В. Спустя 1,4 мс начинается переходной процесс, в результате чего значение напряжения снижается до 1 В, снова возрастает до 3 В и окончательно снижается. Эта осциллограмма напоминает осциллограмму на рис. 5, если ту «обрезать» на уровне 14 В. Измерения проводились в режиме отсечки постоянной составляющей напряжения.

Осциллограмма тока в цепи *L1VD1GB2* приведена на рис. 8.

В момент закрытия транзистора в этой цепи появляется всплеск тока величиной 1,44 А, который затухает в течение 1,25 мс.

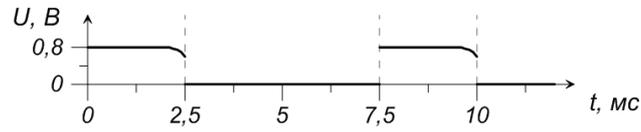
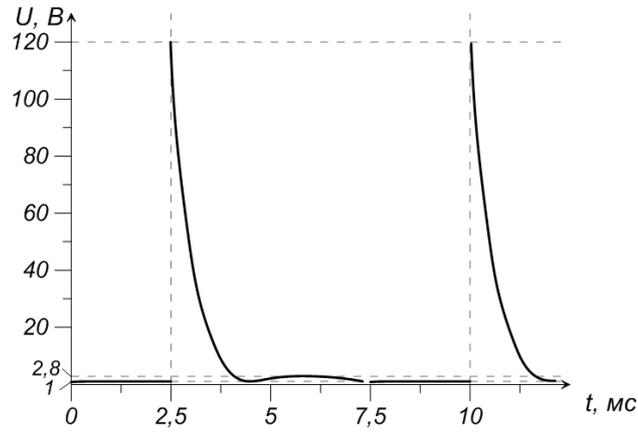
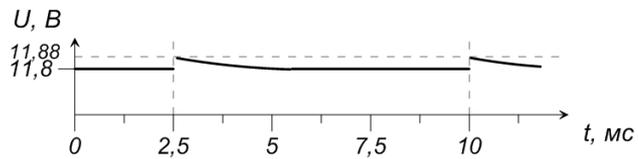
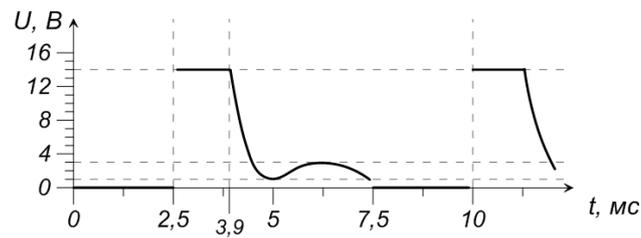
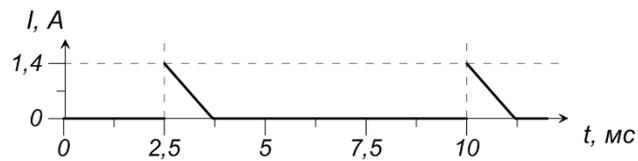
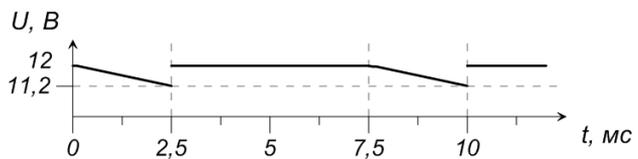
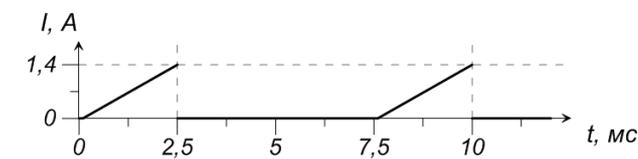
Среднее значение тока в цепи *GB1L1T1* можно оценить, вычислив площадь треугольника *ABC* [2] (рис. 8)

$$I_{CP} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3}} \cdot S_{ABC} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1,44 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,12 \text{ А}.$$

Напряжение на клеммах питающей батареи *GB1* (точка *c*) представлено на осциллограмме (рис. 9).

Во время «накачки» индуктивности *L1* напряжение плавно снижается. При напряжении холостого хода батареи *GB1* 12 В, за 2,5 мс, пока открыт транзистор *T1*, напряжение на клеммах батареи снижается до 11,02 В.

Осциллограмма тока в цепи *GB1L1T1* приведена на рис. 10.

Рис. 4. Осциллограмма напряжения в точке *a*Рис. 5. Осциллограмма напряжения в точке *b*Рис. 6. Осциллограмма напряжения на клеммах батареи *GB2*Рис. 7. Осциллограмма напряжения в точке *d*Рис. 8. Осциллограмма тока в цепи *LIVD1GB2*Рис. 9. Осциллограмма напряжения на клеммах батареи *GB1*Рис. 10. Осциллограмма тока в цепи *GB1L1T1*

Ток в цепи *GB11T1* плавно возрастает на протяжении всего времени, пока открыт транзистор *T1* (2,5 мс). К моменту закрытия транзистора ток достигает значения 1,44 А.

Среднее значение тока в цепи *GB11T1* равно

$$I_{CP} = \frac{1}{7,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1,44 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,24 \text{ А}.$$

Выводы. В результате проведенных исследований получены результаты, опровергающие возможности устройства, заявленные автором. При расчете потребляемой и отдаваемой устройством мощностей было выявлено, что исследуемое устройство в единицу времени потребляет в 2,27 раза больше мощности, чем отдает в нагрузку (батарею *GB2*). Таким образом, коэффициент полезного действия исследуемого устройства равен

$$\eta_{МБ} = \frac{P_{ВЫХ}}{P_{ВХ}} \cdot 100 \% = \frac{16,91}{38,39} \cdot 100 \% \approx 44 \%.$$

Средние токи разряда батареи *GB1* (0,24 А) и заряда батареи *GB2* (0,12 А), вычисленные по осциллограммам (рис. 8, 10), также подтверждают неэффективность мотора Бедина в качестве зарядного устройства.

Автор упоминает о критичности устройства к частоте, на которой оно работает. А именно, он говорит об эффекте резонанса. Возможно, если бы мы добились эффекта резонанса, нам удалось бы получить лучшие результаты. Однако хочется заметить, что для достижения резонанса устройство потребует сложной настройки, которую необходимо регулярно повторять с различными батареями.

Библиографический список

1. Bearden, T. Free energy generation. 20 Bedini — Bearden Years. Circuits & Schematics / T. Bearden. — 2-е изд. — 2006. — 234 с. — ISBN 0-9725146-8-6.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. В 2 ч. Ч. 1. / Л. А. Бессонов. — 9-е изд. — М.: Высшая школа, 1996. — 638 с.
3. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. В 2 ч. Ч. 1. / Г. И. Атабеков. — 5-е изд. — М.: Энергия, 1978. — 522 с.

ЧУПИН Дмитрий Павлович, аспирант кафедры «Технология электронной аппаратуры». Адрес для переписки: chupindp@gmail.com

Статья поступила в редакцию 12.03.2014 г.

© Д. П. Чупин

Информация

Конкурс проектов 2014 г. на проведение совместных научных исследований американскими и российскими университетами

Американский фонд гражданских исследований и развития (CRDF Global) объявил конкурс проектов 2014 г. на проведение совместных научных исследований американскими и российскими университетами

Окончание приема заявок на конкурс: понедельник, 28 июля, 2014 г. (23:59) Североамериканское восточное летнее время (EDT).

CRDF Global принимает заявки на участие в конкурсе проектов в области фундаментальных научных исследований 2014 г. Данный конкурс финансируется CRDF Global за счет средств, предоставленных Государственным департаментом США и Национальным научным фондом США (NSF).

Основные задачи конкурса.

Поддержка качественных инновационных фундаментальных исследований, проводимых совместными коллективами американских и российских ученых в Уральском регионе РФ по тематике данного конкурса. Содействие разнообразию в научном сообществе.

Создание устойчивых совместных научных связей между российскими и американскими учеными.

Для реализации данных целей CRDF Global определил тематику конкурса с учетом национальных приоритетов США и России. В рамках данного конкурса будут приниматься заявки на проведение фундаментальных научных исследований в следующих областях:

- нанотехнологии;
- энергосберегающие и энергоэффективные технологии;
- рациональное природопользование.

Гранты размером до \$110,000 USD каждый будут присуждены совместным коллективам американских и российских ученых. Продолжительность гранта составляет до 2 лет с возможностью продления срока реализации проекта без дополнительного финансирования.

Более подробная информация о конкурсе, полный текст объявления и все необходимые формы и шаблоны размещены на сайте CRDF Global.

Источник: http://www.rsci.ru/grants/grant_news/284/236454.php (дата обращения: 27.05.2014)