

На правах рукописи



ВОЛКОВА Татьяна Александровна

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
С ЕМКОСТНЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

Специальность:

05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» на кафедре электромеханики.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Исмагилов Флюр Рашитович
заведующий кафедрой электромеханики
Уфимского государственного авиационного
технического университета

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Шапиро Семен Валентинович
заведующий кафедрой физики Уфимского
государственного университета
экономики и сервиса

кандидат технических наук, доцент
Шуляк Александр Анатольевич
директор - главный конструктор НКТБ
«Вихрь», г. Уфа

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»

Защита диссертации состоится 25 декабря 2012 г. в 9 часов на заседании
диссертационного совета Д-212.288.02 при Уфимском государственном
авиационном техническом университете по адресу:

450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского
государственного авиационного технического университета.

Автореферат разослан «23» ноября 2012 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
д-р техн. наук, доцент



А.В. Месропян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы определяется необходимостью исследования электростатических процессов, таких как: генерация, движение, анализ и контроль заряженных частиц в жидкости, основанных на воздействии внешнего электрического поля и реализующихся в электротехническом комплексе, составной частью которого является емкостный электромеханический преобразователь энергии (ЕЭМПЭ) с жидкостным подвижным элементом. Подобные комплексы находят свое применение в качестве приводного механизма малой мощности, озонатора воздуха, очистительных устройств, измерительной техники, устройства для разделения нефтепродуктов на фракции, устройства для бесконтактного перемешивания при работе с агрессивными средами в химической промышленности и для получения экологически чистых продуктов пищевой промышленности.

В настоящее время существуют лишь разрозненные теоретические и экспериментальные данные, описывающие статические и динамические процессы, возникающие в жидкости под действием электрического поля. Развитие теории и создание новых электротехнических комплексов, в которых реализуются электростатические и электрогидродинамические процессы, весьма актуально.

Основание для выполнения работы. Диссертационная работа выполнена в Уфимском государственном авиационном техническом университете в рамках тематического плана научно-исследовательской работы АП–ЭМ–12–12–ОЗ «Исследование электромагнитных полей и электрических процессов в сложных гетерогенных средах перспективных электротехнических систем и комплексов авиационно-космической техники».

Целью диссертационной работы является исследование и разработка емкостного электромеханического преобразователя энергии, входящего в состав электротехнического комплекса.

Для реализации указанной цели в работе были решены следующие **основные задачи:**

1. Анализ существующих конструкций ЕЭМПЭ.
2. Разработка и обоснование математической модели перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ, позволяющей учесть влияние геометрических

параметров преобразователя, свойств используемых жидкостей и вида питающего напряжения на работу ЕЭМПЭ, а также определить скорость перемешивания жидкостей.

3. Разработка новой конструкции и определение оптимальных параметров ЕЭМПЭ в зависимости от свойств жидкости, геометрии преобразователя и вида питающего напряжения.

4. Проведение экспериментальных исследований опытного образца ЕЭМПЭ при различных видах питающего напряжения.

Методы исследований. Теоретические исследования проведены на основе положений электростатики и гидродинамики с использованием теории «слабопроводящего диэлектрика»; при составлении математической модели перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ применялись гидродинамические аналогии и приближения. Для получения картины распределения электрического поля в ЕЭМПЭ использован пакет *Comsol Multyphysics*. Научные расчеты выполнены в *Excel* и *MathCad*.

На защиту выносятся: 1. Математическая модель перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ, позволяющая рассчитать среднюю скорость перемешивания жидкостей.

2. Результаты исследований влияния свойств жидкости, геометрии ЕЭМПЭ и вида питающего напряжения на работу преобразователя для определения оптимальных параметров ЕЭМПЭ.

3. Конструкция ЕЭМПЭ с жидкостным ротором, входящего в состав электротехнического комплекса.

4. Результаты экспериментальных исследований опытного образца ЕЭМПЭ при различных видах питающего напряжения.

Научная новизна: 1. Разработана и обоснована математическая модель перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ, позволяющая учесть влияние геометрических параметров преобразователя, свойств используемых жидкостей и вида питающего напряжения на работу ЕЭМПЭ, а также определить скорость перемешивания жидкостей.

2. Показано влияние поляризации жидкости на распределение электрического поля в объеме жидкости.

3. Получены соотношения для определения оптимальных параметров ЕЭМПЭ в зависимости от свойств жидкости, геометрии преобразователя и вида питающего напряжения.

4. Разработаны конструкции ЕЭМПЭ (патенты РФ на изобретение № 2312451, №2330374, №2369000, №2403579, № 2453078), позволяющие расширить область применения преобразователя.

Реализация и практическая значимость результатов работы подтверждаются их использованием в промышленном и учебном процессе:

1. Результаты исследований, а также макетный образец ЕЭМПЭ внедрены в практику деятельности электротехнической лаборатории ОАО «Нефтекамский автозавод» для предварительной подготовки диэлектрической жидкости перед проведением испытаний и для очистки трансформаторного масла от взвешенного углерода.

2. Опытный образец емкостного электромеханического преобразователя энергии внедрен технологический процесс перемешивания лакокрасочных материалов ООО «УралИнвестСтрой».

3. Результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также макетный образец ЕЭМПЭ внедрены и используются в учебном процессе на кафедре электромеханики УГАТУ.

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов подтверждается корректным использованием математических методов, научных положений и принятых допущений, а также результатами экспериментальных исследований опытного образца ЕЭМПЭ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях, в том числе:

– Международная молодежная научная конференция «XXXIV Гагаринские чтения». – г. Москва, МАТИ, 2008 г.

– Конференция молодых ученых и инноваторов «Инно-Каспий». – г. Астрахань, АГУ, 2009 г.

– II Всероссийская научно-техническая конференция «Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий». – Уфа, УГНТУ, 2009 г.

- IV Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике». – Уфа, УГАТУ, 2009 г.
- Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения». – Уфа, УГАТУ, 2009 г.
- Всероссийская научная конференция «Наука. Технологии. Инновации. Материалы». – Новосибирск, НГУ, 2009 г.
- XIV Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – Москва, МЭИ, 2010 г.
- V Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике». – Уфа, УГАТУ, 2011 г.
- Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения». – Уфа, УГАТУ, 2010 г.
- VI Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы в науке и технике». – Уфа, УГАТУ, 2012 г.
- Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения». – Уфа, УГАТУ, 2011 г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 30 печатных работ, в том числе 11 научных статей, из которых 3 работы опубликованы в изданиях из перечня ВАК, 5 патентов РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 13 материалов научно-технических конференций.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Работа содержит 170 страниц машинописного текста и 185 наименований библиографических источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, приведены основные результаты, выносимые на защиту, отмечена их новизна и практическая значимость. Представлены сведения о внедрении результатов, апробации работы и публикациях.

В первой главе проведен анализ существующих конструкций ЕЭМПЭ с различными формами подвижного элемента, а также приведена их классификация. Проанализирована математическая модель движения жидкости под действием электрического поля, основанная на уравнениях электростатики и гидродинамики. Приведены начальные и граничные условия, позволяющие учесть свойства используемой жидкости, влияющие на распределение электрического поля в объеме жидкости.

Проведен анализ патентной и научно-технической литературы. Обоснована возможность применения электротехнического комплекса с ЕЭМПЭ в качестве перемешивателя и сепаратора диэлектрических жидкостей.

Во второй главе приводится описание электротехнического комплекса, в котором применен ЕЭМПЭ, конструкция последнего приведена на рисунке 1.

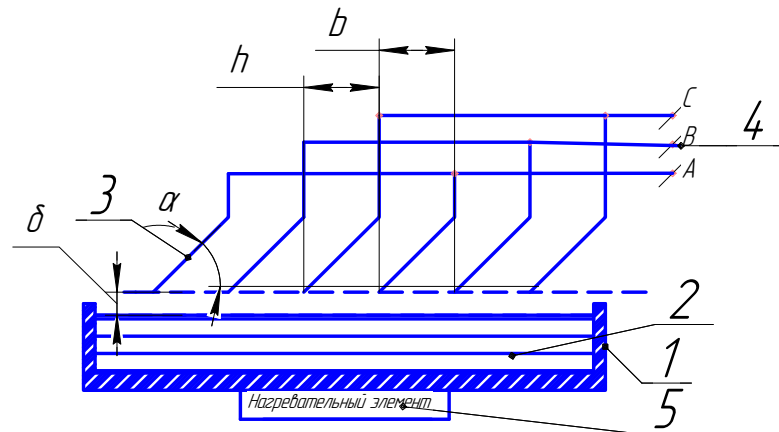


Рисунок 1 – Емкостный электромеханический преобразователь энергии:
 1 – емкость; 2 – жидкость; 3 – электроды статора; 4 – вывода преобразователя;
 5 – нагревательный элемент; b – расстояние между электродами;
 α – угол наклона электродов статора относительно поверхности ротора;
 δ – величина воздушного зазора; h – высота электрода

ЕЭМПЭ работает следующим образом: на электроды (3), расположенные под углом (α), подается высоковольтное напряжение любого рода, в результате в воздушном зазоре (δ) появляется электрическое поле. Под действием электрического поля молекулы жидкости (2) поляризуются, становятся заряженными диполями и приходят в движение. Ориентация заряженных диполей и направление их движения определяется видом питающего напряжения. Распределение электрического поля в объеме жидкости зависит от геометрии ЕЭМПЭ и толщины слоя жидкости.

Для определения зависимости распределения электрического поля от геометрических параметров ЕЭМПЭ, таких как угол наклона электродов статора относительно поверхности жидкости, размеры электродов и расстояние между ними, была создана имитационная модель, выполненная в прикладном программном пакете *Comsol 3.5*. С помощью этой модели было установлено, что оптимальные значения угла наклона электродов статора относительно поверхности жидкости должны быть в диапазоне $30^\circ - 75^\circ$. Изменением угла наклона электродов и расстояния между ними можно контролировать распределение напряженности электрического поля, а также скорость и направление движения жидкости. На рисунке 2 представлены зависимости значения напряженности поля от расстояния между электродами при различных значениях напряжения.

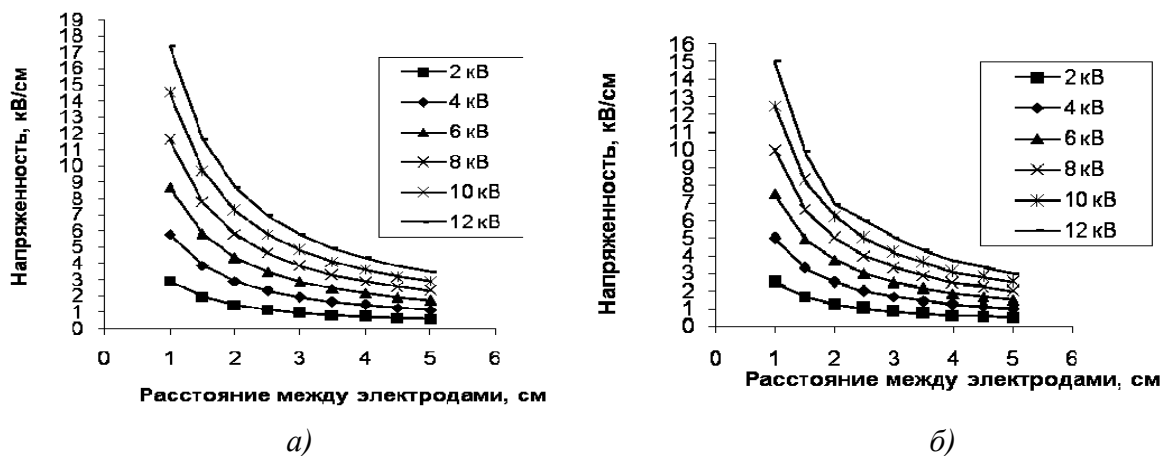


Рисунок 2 – Зависимости значения напряженности поля от расстояния между электродами:

a – трансформаторное масло; *б* – касторовое масло

Чем меньше расстояние между электродами, тем выше значение напряженности поля, действующей на этом расстоянии. В результате исследований установлено, что оптимальное расстояние (*b*) между электродами равно $h \cdot \cos(\alpha)$. В случае, если расстояние (*b*) будет больше, чем $h \cdot \cos(\alpha)$, поле окажется слишком слабым для возникновения электростатических процессов. В обратном случае, произойдет наложение полей, создаваемых соседними электродами, что приведет к их частичному экранированию.

Также по рисунку 2 можно сделать вывод о влиянии такого свойства жидкости, как поляризация, на возникновение движения жидкости под действием внешнего электрического поля. В полярной жидкости на поверхности вследствие поляризации появляются связанные заряды обуславливающие появление дополнительного электрического поля, направленного против внешнего поля. От поляризации зависит время релаксации τ , которое является основным компонентом движущей кулоновской силы:

$$f_k = \rho E = \frac{j_0^2 d}{\varepsilon c} [a \sin^2 \omega t + b \omega \tau \cos^2 \omega t - \frac{1}{2}(a \omega \tau + b) \sin 2\omega t], \quad (1)$$

где введены следующие обозначения:

$$a \equiv \tau'(1 - \omega^2 b^2); \quad b \equiv 2\omega \tau \tau'; \quad c \equiv (1 + \omega^2 \tau^2)^2; \quad d \equiv \frac{\tau}{(1 + \omega^2 \tau^2)},$$

τ' – производная от τ . Кулоновская сила в переменном поле содержит периодическую и пульсирующую составляющие. Средняя во времени кулоновская сила:

$$\bar{f}_k = \overline{\rho E} = \frac{j_0^2}{\varepsilon} \frac{\tau \tau'}{(1 + \omega^2 \tau^2)^2} = \frac{j_0^2 \tau'}{(1 + \omega^2 \tau^2)^2}. \quad (2)$$

При подаче на электроды переменного однофазного напряжения $u \cdot \cos(\omega t)$ молекулы жидкости разноименно поляризуются и отталкиваются друг от друга в противоположные стороны (на 180°). Движение поляризованных молекул будет направлено от центра электродов к стенкам емкости. При трехфазном переменном напряжении возникает два ламинарных течения: от центра каждого электрода к стенкам емкости и по центру вдоль емкости. Когда эти два потока встречаются, то образуется сложное турбулентное течение, способное вызвать и развить процесс перемешивания. Таким образом, перемешивание жидкостей в ЕЭМПЭ возможно только в случае приложения переменного трехфазного питающего напряжения.

Третья глава посвящена разработке математической модели перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ, являющегося составным элементом электротехнического комплекса.

Для получения этой модели введены следующие граничные условия:

- 1) электрический потенциал нижней стенки равен нулю;
- 2) электрический потенциал, определенный для верхней стенки

$$\phi^a(x, a) = \Phi_0 \cos(kx);$$

3) электрический потенциал на поверхности должен быть непрерывным.

Задавая начальные и граничные условия с учетом геометрических параметров преобразователя и свойств жидкости, и решая систему уравнений движения жидкости в каждой точке пространства, имеющей координаты (x, y) , были получены следующие уравнения для электрического потенциала в нижней жидкости и в верхней жидкости:

$$\frac{\phi^b(x, y)}{\phi_0} = AC \operatorname{sh}(\alpha - ky) \operatorname{ch}(kx) \quad (3)$$

$$\frac{\phi^a(x, y)}{\phi_0} = C [A \operatorname{sh}(\alpha) \operatorname{ch}(ky) - \operatorname{sh}(ky) \operatorname{ch}(\alpha)] \cos(kx), \quad (4)$$

Электрическое поле в нижней и верхней жидкостях:

$$\frac{E^b(x, y)}{\frac{\phi_0}{c}} = \tilde{c} \left\{ \operatorname{sh}(kx) \operatorname{sh}(\alpha - ky) \hat{i} + \operatorname{ch}(kx) \operatorname{ch}(\alpha - ky) \hat{j} \right\} AC \quad (5)$$

$$\frac{E^a(x, y)}{\frac{\phi_0}{c}} = \tilde{c} \left\{ \operatorname{sh}(kx) [A \operatorname{sh}(\alpha) \operatorname{ch}(ky) - \operatorname{sh}(ky) \operatorname{ch}(\alpha)] \hat{i} - \left[\operatorname{ch}(kx) [A \operatorname{sh}(\alpha) \operatorname{sh}(ky) - \operatorname{ch}(ky) \operatorname{ch}(\alpha)] \hat{j} \right] \right\} C, \quad (6)$$

где a и b – толщина слоев верхней и нижней жидкости, $\alpha = ka$, $\beta = kb$, $A = \sigma_b / \sigma_a$, $\tilde{c} = ck$, $\tilde{\mu} = \mu_b / \mu_a$, $B = \varepsilon_b / \varepsilon_a$, k – эмпирический коэффициент для определения координат рассматриваемой точки, A – отношение проводимостей верхней и нижней жидкостей, B – отношение значений диэлектрических проницаемостей верхней и нижней жидкостей. Параметры C и D зависят от величин α , β , A , параметр E зависит от величин α , β , μ .

$$C = [\operatorname{sh}(\beta) \operatorname{ch}(\alpha) + A \operatorname{sh}(\alpha) \operatorname{ch}(\beta)]^{-1}, D = C^2 \operatorname{sh}(2\alpha),$$

$$E = \frac{(\operatorname{sh}^2(2\alpha) - 4\alpha^2)(\operatorname{sh}^2(2\beta) - 4\beta^2)}{(\operatorname{sh}(4\alpha) - 4\alpha)(\operatorname{sh}^2(2\beta) - 4\beta^2) + \tilde{\mu}(\operatorname{sh}(4\beta) - 4\beta)(\operatorname{sh}^2(2\alpha) - 4\alpha^2)}.$$

Средняя скорость перемешивания:

$$v_s = \frac{\varepsilon_a \Phi_0^2}{\mu_a c} \quad (7)$$

Максимальная скорость перемешивания:

$$v_{\max} = \frac{1}{8} \tilde{c} v_s \tilde{\mu} (A - B) DE. \quad (8)$$

Потенциал электрического поля на границе раздела жидкостей:

$$\Phi_0 = U((A-B)\text{sh}(2\alpha)EF + \frac{1}{2}[(\frac{A^2}{B}-1) + \text{sh}^2(\alpha)(2\frac{A^2}{B}-A^2-1)]), \quad (9)$$

где F - относительный параметр, характеризующий направление деформации границы раздела жидкостей, также зависит от относительных значений отношений толщин слоев обеих жидкостей и их проводимости

$$F = \frac{4\alpha^2}{\text{sh}^2(2\alpha) - 4\alpha^2} - \tilde{\mu} \frac{4\beta^2}{\text{sh}^2(2\beta) - 4\beta^2}.$$

Рисунок 3 показывает эквипотенциальный контур электрического потенциала для коэффициентов проводимости $A_1=3,968$ и $A_2=0,252$. Эти коэффициенты проводимости представляют две жидкости, имеющие различные электрические проводимости (касторовое масло, наложенное на трансформаторное масло - A_1 , и наоборот, трансформаторное масло, наложенное на касторовое масло - A_2). Пунктирной линией обозначена граница раздела жидкостей.

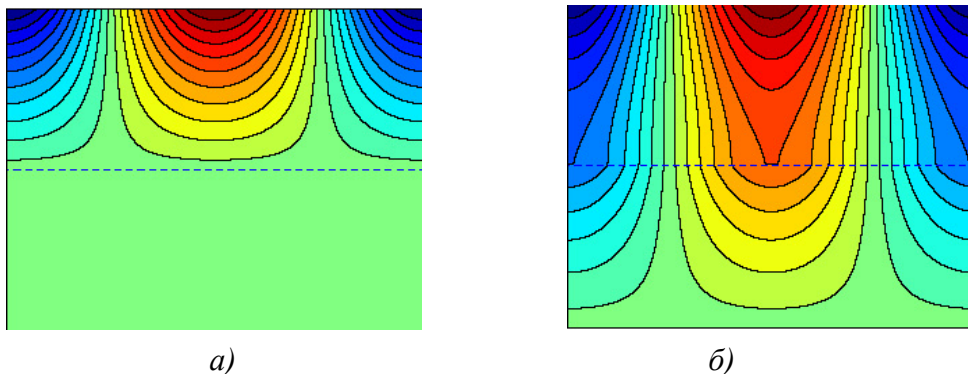


Рисунок 3 – Контурные электрического потенциала:

a – система A_1 ; b – система A_2

Таким образом, скорость перемешивания жидкостей и распределение электрического потенциала по объему жидкости зависит от геометрических параметров ЕЭМПЭ, в частности, от толщин слоев перемешиваемых жидкостей, и свойств используемых жидкостей, и величины приложенного напряжения. Как видно по рисунку 3, при величине напряжения 2 кВ, в случае, когда верхним слоем является полярная жидкость, потенциал электрического поля распределяется равномерно только в данном слое; в обратном случае, потенциал распределяется по всему объему жидкости. При увеличении

напряжения эта зависимость исчезает, но в системе A_2 перемешивание происходит интенсивнее.

В результате моделирования, проведенного в третьей главе, получена математическая модель перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ, представляющая собой уравнения, описывающие сложную гетерогенную систему двух наложенных друг на друга жидкостей. Получены формулы для определения потенциала в каждом слое жидкости и средней скорости перемешивания жидкостей в ЕЭМПЭ. Определено влияние поляризации на распределение потенциала электрического поля в объеме жидкости. Рассмотрен процесс перемешивания жидкой и твердой фаз.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований ЕЭМПЭ. В программу опытов входило: исследование влияния геометрических параметров ЕЭМПЭ, свойств жидкостей, величины и рода питающего напряжения на характеристики преобразователя; подтверждение определенных во второй главе оптимальных параметров ЕЭМПЭ.

На рисунке 4 приведены графики опытных и расчетных данных зависимости поднятия жидкости от величины постоянного напряжения. Расхождение между полученными данными составляет не более 9%.

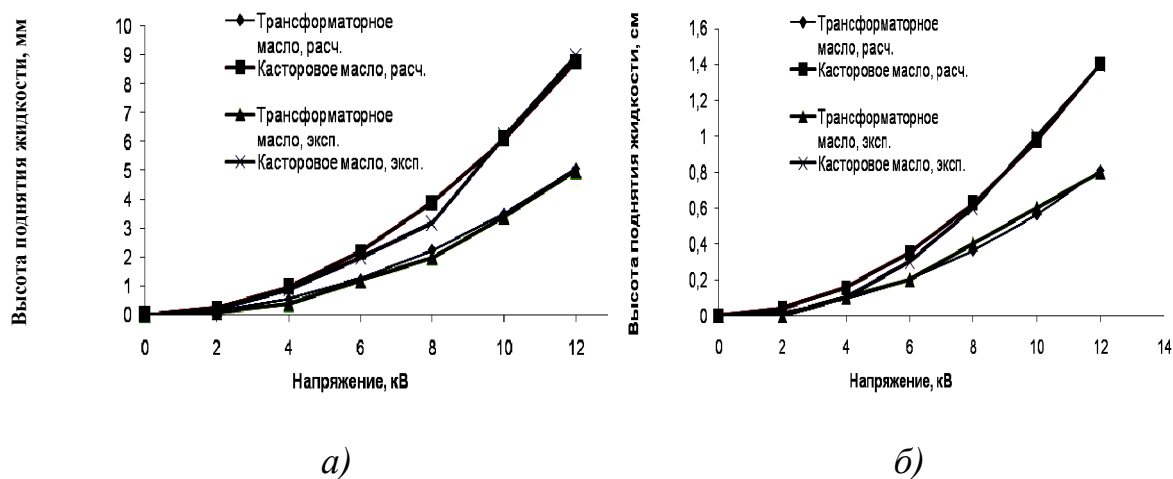


Рисунок 4 – Сравнение экспериментальных и расчетных данных зависимости высоты поднятия жидкости от величины напряжения:

a – высота электродов 5 см; b – высота электродов 2 см

Постоянное напряжение влияет на жидкость при 6 кВ, происходит образование пузырьков вдоль стенок емкости и электродов. При повышении напряжения образование пузырьков приобретает упорядоченную структуру, что объясняется ионизацией и предпробойными процессами.

Перемешивание жидкостей начинается с образования в ней двойного электрического слоя на границе раздела двух жидкостей, который является следствием межфазного взаимодействия жидкостей, обладающих различными свойствами, находящихся под действием электрического поля. Перемешивание двух вязких несжимаемых жидкостей не происходит в полях постоянного и однофазного переменного токов. Для перемешивания необходимо применять поле трехфазного переменного тока. Результаты воздействия трехфазного переменного тока сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики движения жидкости при действии трехфазного напряжения

U_{\sim}	2 кВ	4 кВ	6 кВ	8 кВ	10 кВ	12 кВ
t , мин.	72	28	12	6	5	4
v , см/с	0,092	0,236	0,579	1,005	1,326	1,664

Развитое турбулентное течение возникает при достижении значения напряжения 2 кВ. При увеличении напряжения перемешивание происходит интенсивнее, следовательно, время, затраченное на перемешивание, уменьшается. Скорость перемешивания увеличивается пропорционально квадрату напряжения. Оптимальным значением напряжения для перемешивания исследуемых жидкостей является 8 кВ, так как при данном значении напряжения перемешивание осуществляется за 6 минут. При более высоком значении напряжения возникают процессы ионизации в воздушном зазоре.

Графики, показывающие расчетные и экспериментальные данные для скорости движения жидкости, представлены на рисунке 5. Экспериментально скорость определялась косвенным методом с помощью трубки Пито, погрешность измерений составила 6%.

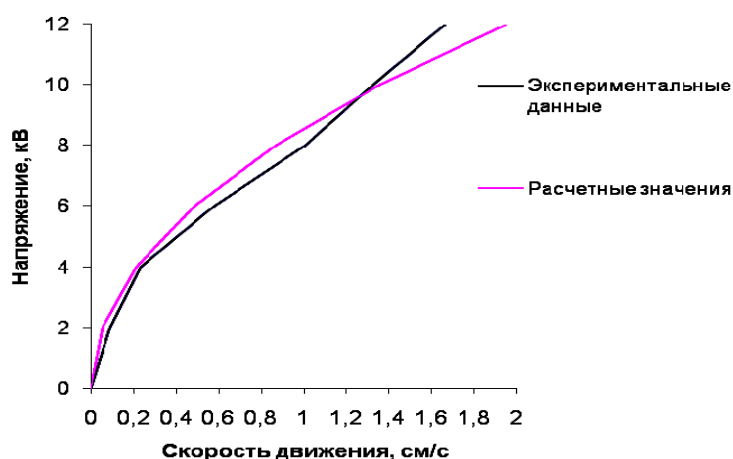


Рисунок 5 – Сравнительные характеристики

Результатом экспериментальных исследований ЕЭМПЭ, проведенных в четвертой главе, является практическое подтверждение теоретических выводов и результатов математического моделирования.

В **заключении** сформулированы основные научные результаты и выводы диссертационной работы.

В **приложениях** приведены: описание пакета *Comsol*, таблица физико-химических свойств исследуемых жидкостей, схема испытательного стенда.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе теоретически и экспериментально исследован ЕЭМПЭ, входящий в состав электротехнического комплекса. Ниже приводятся основные результаты и выводы:

1. Проведен анализ существующих конструкций ЕЭМПЭ.

Выявлено, что ЕЭМПЭ с жидкостным ротором, входящий в состав электротехнического комплекса, можно использовать в качестве бесконтактного перемешивателя и сепаратора диэлектрических жидкостей.

2. Определены оптимальные параметры ЕЭМПЭ в зависимости от свойств жидкости, геометрии преобразователя и вида питающего напряжения.

Выявлено, что свойства жидкости, в частности поляризация, влияют на распределение электрического поля в объеме жидкости: в полярной жидкости все процессы протекают интенсивнее.

Выявлено, что геометрические параметры ЕЭМПЭ оказывают существенное влияние на его работу:

- величина воздушного зазора определяет значение напряженности электрического поля в рабочем пространстве ЕЭМПЭ;

- угол наклона электродов статора относительно поверхности подвижного элемента определяет значение вращающего момента преобразователя;

- размеры электродов и расстояние между ними влияют на распределение электрического поля в рабочем пространстве ЕЭМПЭ.

С учетом всех факторов определены оптимальные параметры ЕЭМПЭ: величина воздушного зазора должна быть в пределах 2 – 10 мм, в зависимости от значения питающего напряжения; угол наклона электродов статора относительно поверхности подвижного элемента должен быть в диапазоне 30° – 75° , оптимальное расстояние между электродами равно $h \cdot \cos(\alpha)$.

3. Исследования влияния вида питающего напряжения на работу ЕЭМПЭ с помощью разработанной математической модели показали, что:

- в качестве характеристик электрического поля, вызывающего процесс перемешивания диэлектрических жидкостей в ЕЭМПЭ, могут выступать значения потенциала электрического поля в каждом слое;

- распределение потенциала электрического поля в объеме жидкости зависит от свойств той жидкости, которая является верхним слоем, и от величины приложенного напряжения;

- направление движения жидкости под действием электрического поля в ЕЭМПЭ зависит от вида питающего напряжения: при постоянном напряжении жидкость стремится выйти из создавшегося неустойчивого состояния, что проявляется в ее поднятии на некоторую высоту, зависящую от величины напряженности электрического поля; при переменном однофазном возникает ламинарный поток, направленный от центра каждого электрода к боковым стенкам емкости; при переменном трехфазном напряжении образуется два ламинарных потока – один как в случае однофазного напряжения, второй поток направлен от центра каждого электрода к торцевым стенкам емкости; встречаясь, два потока создают сложное турбулентное течение;

- перемешивание жидкостей в ЕЭМПЭ возможно только при трехфазном переменном питающем напряжении;

- в качестве показателя эффективности перемешивания в ЕЭМПЭ выступает среднее значение скорости перемешивания, которая зависит от величины питающего напряжения.

4. В результате экспериментальных исследований опытного образца ЕЭМПЭ было подтверждено, что перемешивание жидкостей происходит только при трехфазном переменном питающем напряжении, при этом:

– процесс перемешивания начинается с образования двойного электрического слоя на границе раздела жидкостей вследствие межфазного взаимодействия двух различных по свойствам жидких сред;

– перемешивание исследуемых жидкостей возникает при значении питающего напряжения 2 кВ. При увеличении напряжения увеличивается скорость перемешивания и, соответственно, уменьшается время, затраченное на этот процесс. Оптимальное значение напряжения для перемешивания различных жидкостей варьируется в диапазоне 2 – 8 кВ в зависимости от свойств жидкостей;

– сравнить экспериментальные данные с расчетными можно по значению средней скорости перемешивания. Погрешность измерений, вызванная применением косвенного метода определения средней скорости перемешивания, составляет 6%. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными составляет 7%.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемом журнале из списка ВАК:

1. **Волкова, Т.А.** Электростатический преобразователь энергии в качестве перемешивателя диэлектрических жидкостей / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов // Вестник УГАТУ: научный журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та, 2012. – Т. 16, №1 (46). – С. 150 – 156.

2. **Волкова, Т.А.** Емкостный преобразователь энергии в качестве устройства для разделения нефтепродуктов на фракции / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, В.А. Папернюк // Журнал «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика»: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ, 2012. – Т. 11. – С. 43 – 45.

3. **Волкова, Т.А.** Исследование работы электротехнического комплекса с емкостным преобразователем / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, В.А. Папернюк // Электронный журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2012. – № 6; URL: www.science-education.ru/106-7435.

Авторские свидетельства и патенты

4. Способ реверса емкостного двигателя / Р.Р. Аминова, Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов, И.Х. Хайруллин // Патент РФ на изобретение № 2312451. Оpubл. 10.12.2007. БИ – № 14.

5. Емкостный двигатель / Р.Р. Аминова, Т.А. Волкова, М.Н. Еремин, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов, И.Х. Хайруллин // Патент РФ на изобретение № 2330374. Оpubл. 27.07.2008. БИ – № 21.

6. Емкостный двигатель / Р.Р. Аминова, Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов, И.Х. Хайруллин // Патент РФ на изобретение № 2369000. Оpubл. 27.09.2009. БИ – № 27.

7. Электростатический вольтметр / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, О.В. Моторин, Р.К. Фаттахов, И.Х. Хайруллин // Патент РФ на изобретение № 2403579. Оpubл. 10.11.2010. БИ – № 31.

8. Емкостный двигатель-перемешиватель / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов, И.Х. Хайруллин // Патент РФ на изобретение № 2453978. Оpubл. 20.06.2012. БИ – № 25.

9. Расчет коэффициентов α в линейных уравнениях Максвелла для расчета частичных емкостей емкостного двигателя / Валеев А.Р., Волкова Е.Б., Волкова Т.А., Исмагилов Ф.Р., Саттаров Р.Р., Фаттахов Р.К. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616273 от 13.11.2009.

В других изданиях:

10. **Волкова, Т.А.** Высоковольтный электростатический вольтметр // Каспийский инновационный форум: сборник научных трудов - Астрахань: АГУ, 2009. – С. 182 – 184.

11. **Волкова, Т.А.** Емкостный электромеханический преобразователь энергии / Т.А. Волкова, Ф.Р. Исмагилов, Р.К. Фаттахов // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: Сборник научных трудов. – Уфа: УГНТУ, 2009. – Т. 1. – С. 33 – 36.

12. **Волкова, Т.А.** О применении емкостных машин // Электротехнические комплексы и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа: УГАТУ, 2009. – С. 187 – 189.

13. **Волкова, Т.А.** Емкостные машины // Наука. Технологии. Инновации: сборник научных трудов. – Новосибирск: ЦНТУ, 2009. – Ч. 3. – С. 283 – 285.
14. **Волкова, Т.А.** Емкостный смеситель // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Мат-лы XVI международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Москва: МЭИ, 2010. – Т.2. – С.42 – 43.
15. **Волкова, Т.А.** Классификация и расчет емкостного преобразователя энергии / Т.А. Волкова, Р.К. Фаттахов // Электротехнические комплексы и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа: УГАТУ, 2010. – С. 265 – 268.
16. **Волкова, Т.А.** Емкостный перемешиватель / Т.А. Волкова, Р.К. Фаттахов // Актуальные проблемы науки и техники: Материалы VI Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. – Уфа: УГАТУ, 2011. – Т. 2. – С. 114 – 117.
17. **Волкова, Т.А.** Устройство для перемешивания и разделения на фракции нефтепродуктов // Мавлютовские чтения: Всероссийская молодежная научная конференция. – Уфа: УГАТУ, 2011. – Т. 4. – С.42 – 46.
18. **Волкова, Т.А.** Зарубежный опыт работ в области электрогидродинамики применительно к электростатическим преобразователям энергии / Р.Ф. Алетдинов, Т.А. Волкова // Электротехнические комплексы и системы: Межвузовский научный сборник. – Уфа: УГАТУ, 2011. – С. 209 – 213.
19. **Волкова, Т.А.** Исследование влияния электрического поля на различные жидкие диэлектрики // Мавлютовские чтения: Всероссийская молодежная научная конференция. – Уфа: УГАТУ, 2011. – Т.2. – С.15 – 17.
20. **Волкова, Т.А.** Электростатический перемешиватель жидких агрессивных сред / Т.А. Волкова, В.А. Папернюк // Актуальные проблемы науки и техники: Материалы VII Всероссийской зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых. – Уфа: УГАТУ, 2012. – Т. 2. – С. 261 – 265.

ВОЛКОВА Татьяна Александровна

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ЕМКОСТНЫМ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Специальность: 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 22.11.2012. Формат 60x80 1/16
Бумага офисная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,0. Уч. – изд. л. 1,0
Тираж 100 экз. Заказ №1043.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12