

Это позволило ускорить процесс оптимизации шагового двигателя. Создаваемая 2D модель магнитной системы значительно повышает точность расчетов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики: Учеб.для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика". - 2-е изд.- М.:Высш.шк., 1986.
2. ANSOFTMaxwell / ANSYSMaxwell [Электронныйресурс]. – URL: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/>
3. Векторное 2D/3D-моделирование гистерезиса [Электронный ресурс]. – URL: [http://cae-expert.ru/sites/default/files/delcam\\_ural0315.pdf](http://cae-expert.ru/sites/default/files/delcam_ural0315.pdf)
4. AnalogDevices [Электронный ресурс].– URL: [http://www.kite.ru/preview/pre\\_71\\_10\\_13\\_stm\\_inaction.php](http://www.kite.ru/preview/pre_71_10_13_stm_inaction.php)
5. САПР графика [Электронный ресурс]. – URL:<http://sapr.ru/article/22881>

Научный руководитель: О.О. Столярова, к.т.н., доцент каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ.

## ЭЛЕКТРОДНАЯ ОТОПИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Е.А. Якушина

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭКМ, группа 5А65

Однажды мне папа рассказал о простой модели кипятильника: два тонких лезвия, между ними две спички, чтобы они не касались друг друга, и всё перетянута ниткой(рис.1). К лезвиям подсоединяются провода от источника тока. Техника безопасности нарушается, но чай закипает очень быстро! Почему вода нагревается, если бритвочки не замкнуты? Ведь мы привыкли, что нагрев происходит за счёт электрического сопротивления в спирали в ТЭНовом нагревателе. Так как бритвочки не замкнуты, то нагрев происходит без спирали и сопротивления металла, а значит без потерь энергии, т. е. вся энергия идёт на нагревание теплоносителя (воды). Нельзя ли где-то это использовать?

Оказывается, эта система уже успешно применяется для обогрева жилых помещений в виде электродного водонагревателя. Ещё в Советском Союзе схожие по принципу действия отопительные приборы использовались на атомных подводных лодках и кораблях Военно-морского флота. В конце 1980-х годов конструкция электродного котла была адаптирована к использованию в системах отопления жилых, производственных, складских и торговых помещений

**Цель работы:** исследование свойств теплоносителя для Энергосберегающей отопительной установки (далее ЭОУ) и создание её действующей модели

#### **Задачи:**

- Выяснить эффективность данной установки.

- Определить необходимую и достаточную концентрацию теплоносителя для эффективной работы.
- Создать модель для исследования свойств теплоносителя.

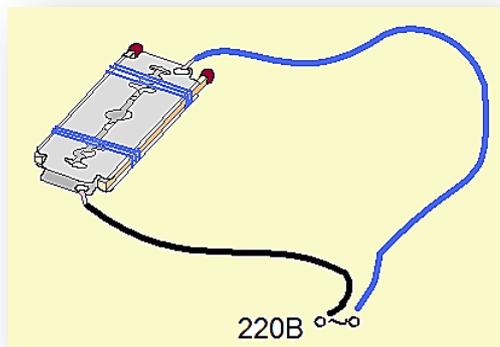


Рис.3. Схема нагревательного устройства на двух бритвах

Процесс нагрева в водонагревателе электродного типа происходит посредством протекания электрического тока через теплоноситель, за счет сопротивления которого и происходит нагрев. При этом явление электролиза не наблюдается, так как катод и анод постоянно меняются местами с частотой тока 50 Гц. Значит, нагревание происходит из-за колебательных движений заряженных частиц, и на выходе в считанные секунды теплоноситель нагревается до 95°C! Переменный ток не даёт оседать частицам на одном электроде, поэтому они всё время совершают колебательные движения, и при их взаимодействии происходит нагревание теплоносителя, при этом сам электрод, изготовленный из специального сплава, не нагревается и не окисляется. Поэтому гарантия данного устройства более 10 лет, о чем можно прочитать в техническом паспорте устройства. Вторым электродом служит сам цилиндрический корпус водонагревателя, поэтому при использовании его в бытовых условиях необходимо индивидуальное заземление. Таким образом, данная установка способна качественно отапливать помещение на протяжении длительного промежутка времени практически без ремонта и замены оборудования.

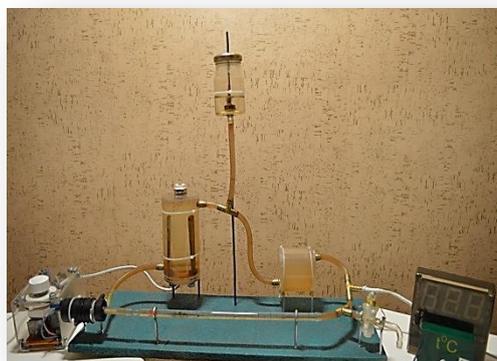


Рис. 4. Модель отопительной системы

Для исследования работы ЭОУ мы изготовили действующую модель данной установки в упрощённом виде с двумя изолированными электрода-

ми(рис.2). Котёл, расширительный бак, теплообменники (батарея), кран для слива жидкости из системы выполнены из непроводящего электрический ток оргстекла. Трансформатор, преобразует ток напряжением 220В в 12В. Электронасос необходим для постоянной и интенсивной циркуляции теплоносителя по системе отопления. Регулятор напряжения служит для регулирования силы тока на электродах. Модель готова к работе! Но, залив в систему модели обычную водопроводную воду, мы увидели, что вода закипает очень быстро, что нежелательно для отопительной системы. Можно сделать вывод, что сила тока слишком велика, а это указывает на не эффективный расход электроэнергии и излишнее испарение теплоносителя. Допускать кипение в системы нельзя.

В инструкции к электроустановке рекомендуемая сила тока - 25 Ампер. Что бы достичь этого значения, была изучена электропроводность разных образцов воды (таблица 1):

- Малиновое озеро (с. Михайловское Алтайского края, рис.3);
- озеро Солёное (с. Новогорьевское Алтайского края);
- из скважины (г.Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская область (глубина 14 м);
- дождевая вода;
- из колодца (г.Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская область (глубина 6 м);
- водопроводная (из крана);
- вода питьевая (из кулера);
- дистиллированная вода (куплена в автомагазине).

Табл. 1. Электропроводность воды из различных источников

оз. Малиновое	оз. Солёное	из скважины	из колодца	из крана	дождевая вода	питьевая из кулера	дистиллированная
9,995 мСм/см	6.325 мСм/см	2,060 мСм/см	1,080 мСм/см	0,750 мСм/см	0,190 мСм/см	0,186 мСм/см	0,112 мСм/см

Для исследования электропроводности было проведено исследование электропроводимости жидкостей. В результате опытов у нас получилось, что самая высокая электропроводность у образца воды из Малинового озера, и почти не проводит электрический ток дистиллированная вода.

Но почему вода из солёного озера проводит ток лучше? В нашем случае важнейшими показателями качества теплоносителя являются солесодержание и её удельное электрическое сопротивление. Режим работы электродных аппаратов в основном зависит от **удельного электрического сопротивления воды**, которое в любой момент времени определяет ток и мощность аппарата.

В инструкции написано, что удельное сопротивление должно быть примерно 1000 Ом·см, не более. Выразив единицы измерения удельного сопротивления в единицы электропроводности, мы пришли к выводу, что ни один из исследуемых образцов не подходит для использования. Удельное сопротивление либо выше, либо ниже положенного. Поэтому нам придётся использовать смесь двух различных образцов, наиболее подходящей концентрации. В качестве теплоносителя в отопительной системе с электродным котлом вполне сгодятся дождевая вода, питьевая водопроводная вода.

При помощи несложных математических расчётов приходим к выводу, что удельное сопротивление образца воды из скважины в два раза меньше, чем требуется в инструкции (1000 Ом·см). Смешиваем воду из скважины с дождевой в пропорции 50×50 и производим контрольный замер электропроводности. Получилось почти 1000 Ом·см. Данный теплоноситель был залит в нашу модель. После включения в водонагреватель, система работает нормально.

Также было замечено, что при повышении температуры сила тока повышается, а значит, сопротивление уменьшается. Это можно доказать при помощи физического эксперимента. По мере нагревания теплоносителя при помощи электрической плитки сила тока увеличивалась, что указывает на уменьшение сопротивления. Удельное сопротивление уменьшается за счёт увеличения скорости движения заряженных частиц. Поэтому сам теплоноситель необходимо создавать с небольшим запасом для небольшого роста силы тока. В электрических электродных котлах мощность находится в прямой зависимости от температуры теплоносителя, потому что при изменении параметра температуры меняется и удельное эл. сопротивление теплоносителя.

В ТЭНовом котле номинальная мощность расходуется сразу, при чём при включении происходит всплеск мощности. Электродный же котел нагревается постепенно, превращая электроэнергию в тепло. Затрачиваемая мощность зависит от качества теплоносителя и температуры, установленной пользователем при помощи термореле(рис.3) Подогрев теплоносителя начинается сразу с подачей электричества и в стояке за 1 минуту температура достигает 95°C. ТЭНовые котлы доводят температуру в стояке от 50 до 70°C только за 10 - 15 минут с максимальным постоянным потреблением тока, которое на 50% превышает стартовую мощность электродного котла.

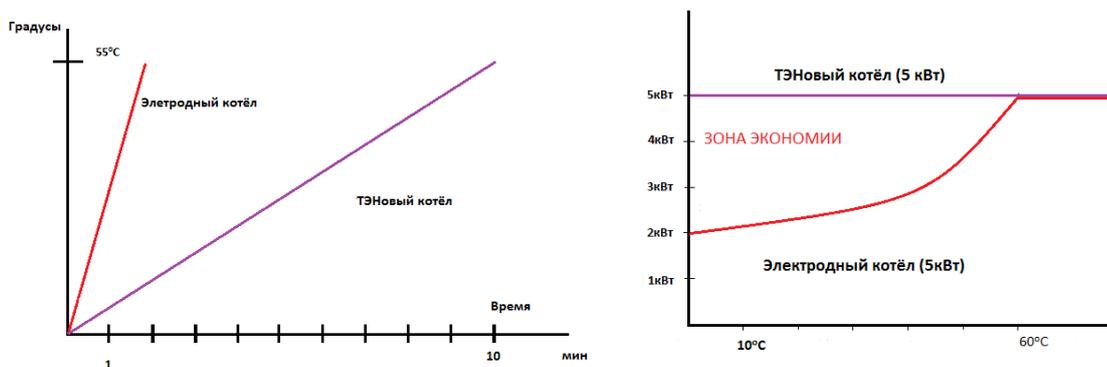


Рис. 3. Сравнение ТЭНовых и электродных котлов

Некоторые дома отапливаются обычными ТЭНовыми водонагревателями. Ниже приводится таблица сравнения потребления электроэнергии таких устройств с ЭОУ

Здесь тоже очевидна экономия электрической энергии в два раза, да и долговечность работы электрических ТЭНов намного уступает электродным устройствам – официальная гарантия на ЭОУ 10 лет, а срок службы по техническому паспорту 30 лет! Электродные котлы в сравнении с ТЭНовыми имеют следующие преимущества:

- намного дешевле (средняя цена на ЭОУ 3000-4 000 рублей);

- более долговечны;
- меньшие габаритные размеры;
- ниже эксплуатационные расходы;
- более высокий коэффициент полезного действия (достигает 98%);

Таким образом, мы можем выделить следующие особенности электродных котлов:

- За счет простоты конструкции и принципа нагрева тепловые потери в котле сведены к минимуму, КПД электродных котлов близки к 100 (96-98%)
- Если из системы отопления по какой-либо причине вытекает теплоноситель, то электродный котел просто перестает работать из-за размыкания цепи, тем самым предотвращая аварийную ситуацию.
- Энергопотребление электродных котлов напрямую зависит от температуры теплоносителя - чем ниже температура воды в системе, тем ниже энергопотребление.
- Рабочая температура электродного котла не должна превышать 75 градусов - при увеличении температуры увеличивается мощность котла, и, как следствие, нагрузка на электросеть.
- Электродные котлы менее инертны, что позволяет быстрее разгонять систему до заданной температуры и эффективнее применять управляющую автоматику.
- Электродные котлы не чувствительны к перепадам напряжения. С изменением напряжения изменяется лишь мощность котла, а в целом он продолжает работать.
- Малые габариты и низкая стоимость.
- Электродные котлы требовательны к качеству теплоносителя.
- При установке электродного котла необходимо наличие хорошего заземления - из-за значительных токов утечки подключение котла после устройства защитного отключения невозможно.

Научный руководитель: Ю.П. Шаркеев, д.ф.-м.н., профессор ФТИ ПУ.

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ВЕТРА**

А.В. Зданович  
Сибирский федеральный университет

В настоящее время в сфере автономной ветроэнергетики растет интерес к высокоэффективным ветродизельным комплексам (ВДК), позволяющим значительно снизить затраты на дорогостоящее и труднодоступное в отдаленных районах дизельное топливо.

Вовлечение таких комплексов в энергобаланс позволит повысить уровень жизни местного населения, снизить зависимость от поставок топлива и снаб-