

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

И.В. БУШУЕВ, А.А. ВАСИЛЬКОВ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

ЧАСТЬ I

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»,
профиль «Электрооборудование и электротехнологии»
очной и заочной форм обучения

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА
2015

УДК 621.365

ББК 40.7

Б 94

Авторы: сотрудники кафедры электропривода и электротехнологии Костромской ГСХА к.т.н., доцент *И.В. Бушуев*, к.э.н., доцент *А.А. Васильков*.

Рецензент: к.т.н., доцент, зав. кафедрой электроснабжения Костромской ГСХА *Д.М. Олин*.

*Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства,
протокол № 6 от 06 июля 2015 г.*

Б 94 Бушуев, И.В. Специальные виды электротехнологии. Ч. I : методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной и заочной форм обучения / И.В. Бушуев, А.А. Васильков. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 30 с.

Издание содержит теоретические сведения, методику и контрольные вопросы по выполнению лабораторных работ № 1-6 по специальным видам электротехнологии.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ предназначены для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной и заочной форм обучения.

УДК 621.365

ББК 40.7

© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2015
© И.В. Бушуев, А.А. Васильков, 2015

Оглавление

Введение.....	4
Лабораторная работа №1	
Исследование схемы автоматического управления электрокалориферной установкой.....	5
Лабораторная работа №2	
Исследование диэлектрического нагрева.....	10
Лабораторная работа №3	
Исследование индукционного нагрева.....	15
Лабораторная работа №4	
Исследование работы нагревателей сопротивления.....	19
Лабораторная работа №5	
Исследование термоэлектрического нагрева.....	23
Лабораторная работа №6	
Исследование работы проточного водонагревателя.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство, связанное с потреблением механической, тепловой, лучистой, химической, электрической и других видов энергии, отличается большой рассредоточенностью и низкой по сравнению с промышленными центрами плотностью энергетических нагрузок.

Все основные стационарные процессы в сельском хозяйстве выполняются с помощью электрической энергии. Она сравнительно легко передается на большие расстояния и представляет собой наиболее доступный, надежный и универсальный энергетический источник, позволяющий получать энергию других видов.

Лабораторные занятия преследуют цель более глубокого усвоения теоретических вопросов путём экспериментальной проверки основных положений курса. Занятия способствуют выработке навыков проведения исследований и анализа полученных экспериментальных данных.

Приступая к выполнению работы, студент должен иметь ясное представление о поставленной перед ним задаче, хорошо знать устройство приборов и оборудования, с помощью которых выполняется работа, а также знать устройство и принцип действия исследуемого оборудования.

Перед началом выполнения работ в лаборатории все студенты обязаны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале инструктажа по технике безопасности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАЛОРИФЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Цель работы: изучить основы построения схем автоматизации электротермических установок.

Программа выполнения работы:

1. Изучить устройство электрокалориферной установки.
2. Изучить конструкцию современных микропроцессорных терморегуляторов на примере измерителя-регулятора двухканального ТРМ 202.
3. Разработать функциональную схему управления температурой в помещении с помощью электрокалориферной установки.
4. Разработать принципиальную схему двухпозиционного управления электрокалориферной установкой с помощью измерителя регулятора ТРМ 202 по температуре в помещении.
5. Произвести монтаж разработанной схемы управления.
6. Настроить измеритель-регулятор для работы с имеющимися типами датчиков, провести проверку достоверности измерения.

Основные теоретические сведения

Электрокалориферные установки. Основные элементы электрокалориферной установки – электрический калорифер и вентилятор с двигателем. Электрокалорифер представляет собой блок электронагревательных элементов, установленных в металлическом корпусе по шахматной или коридорной схеме. В качестве нагревательных элементов применяют оребренные трубчатые электронагреватели (ТЭН) или открытые спирали, зигзаги, гофрированные ленты, выполненные из специальных сплавов.

Электрокалорифер устанавливают как на всасывающем, так и на нагнетательном патрубке вентилятора. Нагревательные элементы калорифера, размещенного на всасывающем патрубке, обтекаются воздухом более равномерно.

Достоинства электрокалориферных установок: совмещение функций отопления и вентиляции в одном агрегате, возможность применения во всех животноводческих помещениях, простое регулирование теплопроизводительности и подачи воздуха.

Электрокалориферные установки применяют для создания и регулирования микроклимата в различных сельскохозяйственных помещениях, в качестве резервных источников отопления ответственных помещений, пиковых источников (доводчиков температуры приточного воздуха), а так же для активного вентилирования и сушки материалов.

Основным недостатком электрокалориферных установок общего отопления по сравнению с устройствами местного и комбинированного обогрева являются повышенный расход электроэнергии, необходимость в распределительных воздуховодах, шум в помещении.

Измеритель-терморегулятор ТРМ 202-Щ1-РР. Измерители – регуляторы двухканальные ТРМ 202 предназначены для измерения и автоматического регулирования температуры (при использовании в качестве первичных преобразователей термопреобразователей сопротивления или термоэлектрических преобразователей), а также других физических параметров, значение которых первичными преобразователями (далее «датчиками») может быть преобразовано в унифицированный сигнал постоянного тока или напряжения.

Информация о любом из измеренных физических параметров отображается в цифровом виде на встроенном четырехразрядном цифровом индикаторе. Приборы могут быть использованы для измерения и регулирования технологических параметров в различных отраслях промышленности, коммунального и сельского хозяйства.

Прибор позволяет осуществлять следующие функции:

- измерение температуры и других физических величин (давления, влажности, расхода, уровня и т.п.) в двух различных точках с помощью стандартных датчиков;

- независимое регулирование двух измеряемых величин по двухпозиционному закону;

- регулирование одной измеряемой величины по трехпозиционному закону;

- вычисление и регулирование разности двух измеряемых величин ($\Delta T = T_1 - T_2$);

- вычисление квадратного корня из измеряемой величины при работе с датчиками, имеющими унифицированный выходной сигнал тока или напряжения;

- отображение текущего значения измеряемой величины на встроенном светодиодном цифровом индикаторе ;

- формирование выходного тока 4...20 мА для регистрации измеряемых данных или управления исполнительными механизмами по П



Настроить гистерезис включения и выключения температуры равный 2 градусам.

Выводы по работе:

Вопросы для самопроверки

1. Чем двухпозиционное управление отличается от трехпозиционного? В каком случае электрическая энергия используется более эффективно?
2. Управление в разработанной Вами схеме осуществляется по отклонению или по возмущению?
3. Зачем при подключении датчика сопротивления используются три провода?
4. Чем термопара отличается от термосопротивления?
5. Что такое гистерезис при настройке измерителя-терморегулятора?
6. Зачем нужна задержка времени переключения выхода прибора?
7. Поясните работу аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) в ТРМ202. Что такое частота дискретизации АЦП, разрядность АЦП?
8. Объясните основные отличия П регулятора, ПИ и ПИД
9. Что значит отрицательная обратная связь в системах управления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Цель работы: Изучить способ диэлектрического нагрева.

Программа выполнения работы

1. Изучить конструкцию СВЧ печи;
2. Найти принципиальную схему силовой части СВЧ печи и конструкцию магнетрона (используя информационно-поисковые системы);
3. Разработать методику определения КПД СВЧ печи и произвести его измерение;
4. Разработать методику определения равномерности (неравномерности) нагрева по объему камеры СВЧ печи и произвести измерения;
5. Разработать методику сравнения интенсивности нагрева различных диэлектриков и произвести измерения.

Основные теоретические сведения

Основы диэлектрического нагрева. Под диэлектрическим нагревом понимается нагрев диэлектриков, а также полупроводников и проводников II рода в переменном электрическом поле, под действием которого нагреваемый материал поляризуется.

В технике диэлектрического нагрева используют частоты от 5 МГц до 5 ГГц. На частотах 5...300 МГц нагрев выполняют в высокочастотном электрическом поле рабочего конденсатора, к которому подводят высокое напряжение высокой частоты от генератора. Токами сверхвысокой частоты (1...5 ГГц) нагревают (СВЧ-нагрев) в электромагнитном поле, создаваемом в волноводах или объемных резонаторах, куда помещают нагреваемый материал.

В диэлектриках электроны и положительные ионы прочно связаны между собой внутриатомными и внутримолекулярными силами и свободные носители электричества практически отсутствуют (концентрация ионов в диэлектриках в 10^{15} ... 10^{20} раз меньше, чем в проводниках). Связанные заряды не могут перемещаться под действием внешнего электрического поля, а только смещаются относительно некоторого среднего положения, занимаемого в отсутствии поля. Смещение происходит в пределах, допускаемых внутримолекулярными силами. Положительные заряды, входящие в состав атомов и молекул, смещаются в направлении действия сил поля, отрицательные в обратном направлении. Смещенные в новые равновесные положения заряды

противоположных знаков образуют электрические диполи. В масштабах всего диэлектрика смещение связанных зарядов проявляется как эффект поляризации, характеризующийся тем, что электрический момент данного объема вещества не равен нулю.

В зависимости от природы диэлектриков различают электронную, ионную, дипольную, релаксационную, межслойную, спонтанную и другие виды поляризации, отличающиеся видом электрических диполей и характером их смещения в электрическом поле.

При электронной и ионной поляризации смещение связанных зарядов происходит безинерционно, упруго, без «трения» о соседние элементарные частицы и теплота в диэлектрике не выделяется. Дипольная, релаксационная, межслойная и спонтанная поляризации, сопровождающиеся смещением ионов, перестройкой или поворотом дипольных молекул, протекают с затратами энергии на преодоление сил инерции и межмолекулярного «трения». Эта энергия расходуется на увеличение тепловых колебаний частиц, т. е. превращается в теплоту.

Диэлектрический нагрев является прямым объемным вводом энергии в материал: теплота выделяется одновременно по всему объему тела, однородного по электрическим свойствам, что особенно важно для материалов с низкой теплопроводностью (зерно, молоко, корма, фрукты). В неоднородных по спектральной чувствительности средах с помощью диэлектрического нагрева можно осуществлять избирательное (селективное) тепловое воздействие на отдельные составляющие среды. При нагреве в электрическом поле достигается высокая концентрация мощности в диэлектрике, что позволяет существенно изменять, рационализировать и интенсифицировать традиционные процессы, снижать их энергоемкость.

Области возможного применения диэлектрического нагрева в сельском хозяйстве обширны: сушка (семян, зерна, чая, фруктов и т. д.); пастеризация и стерилизация (молока, молочных продуктов, фруктовых и ягодных соков, консервной продукции и др.); дезинсекция и обработка семян, шелковичных коконов; приготовление пищи; размораживание пищевых продуктов; борьба с сорняками; нагрев пластмасс; вулканизация резины в ремонтном производстве и пр.

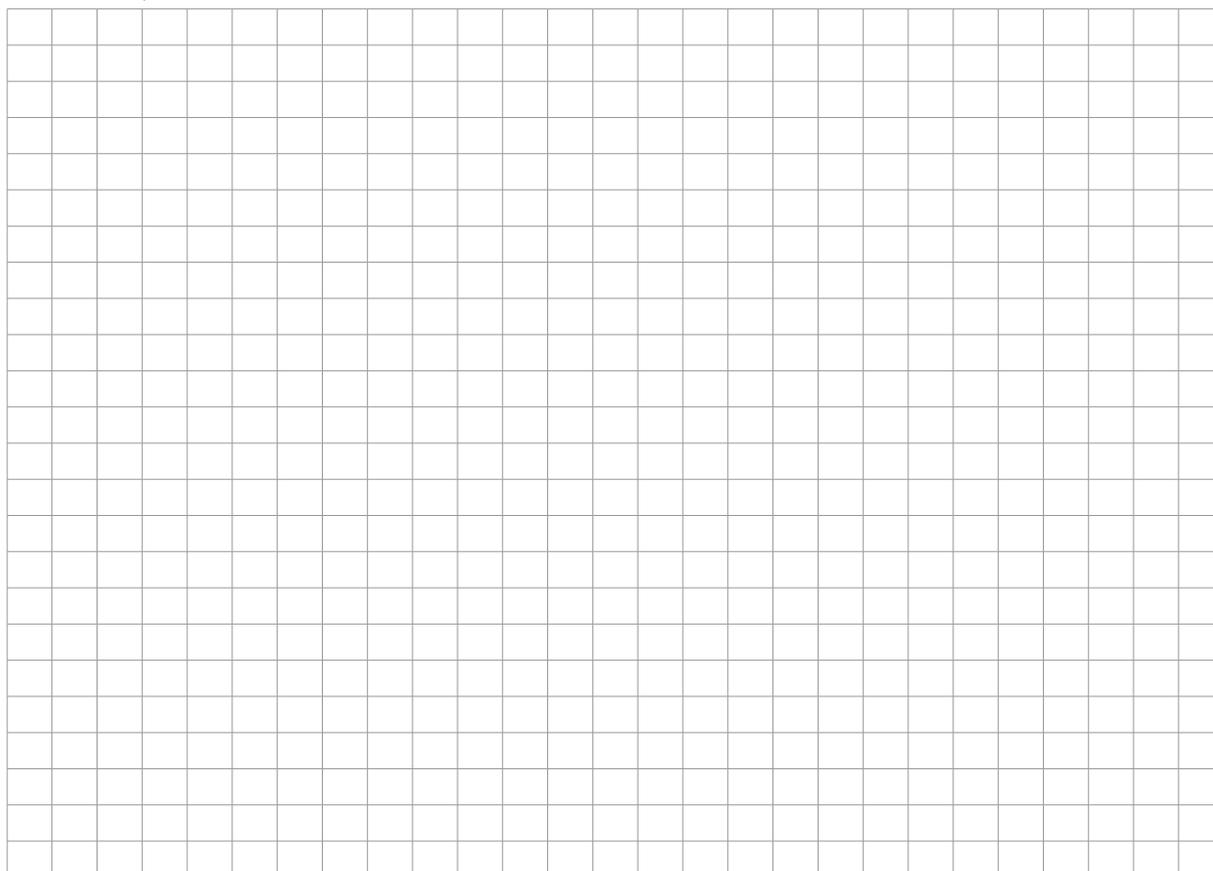
Паспортные данные оборудования.

Печь микроволновая бытовая Horizont 17MW700-1387A

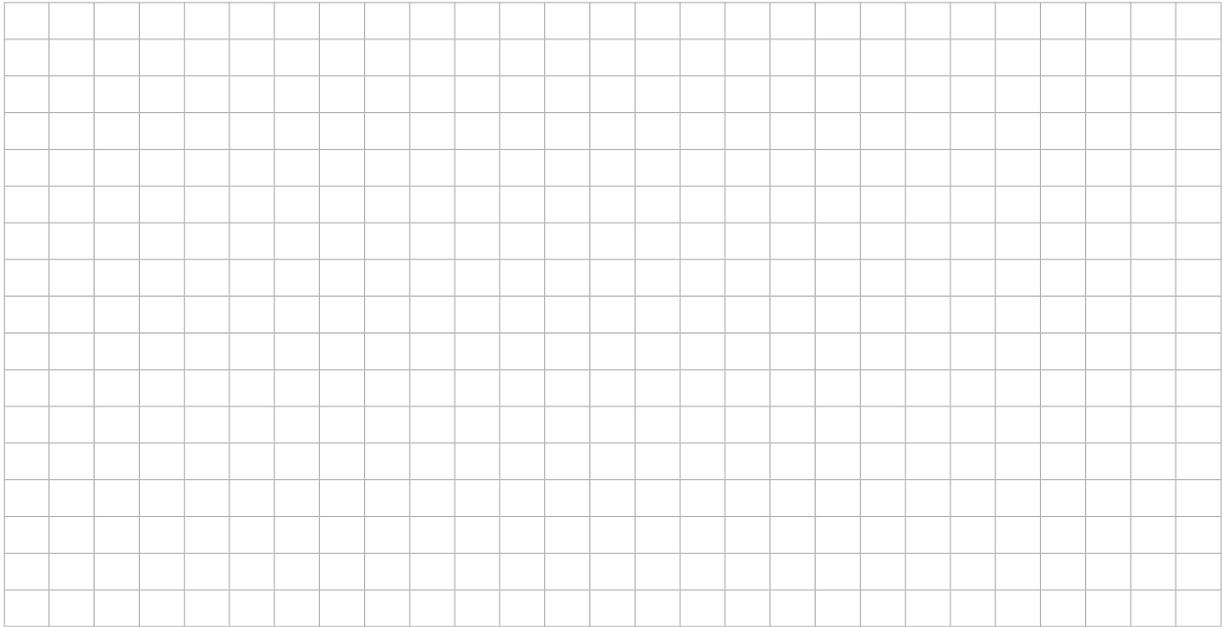
Основные параметры	Значение
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц	230±23 В
Номинальная микроволновая мощность	700 Вт
Номинальная потребляемая мощность в режиме «Микроволны»	1150 Вт
КПД печи	56%
Рабочая частота	2450±49 МГц
Объем камеры	17 л
Масса, не более	10,55 кг

Содержание отчета

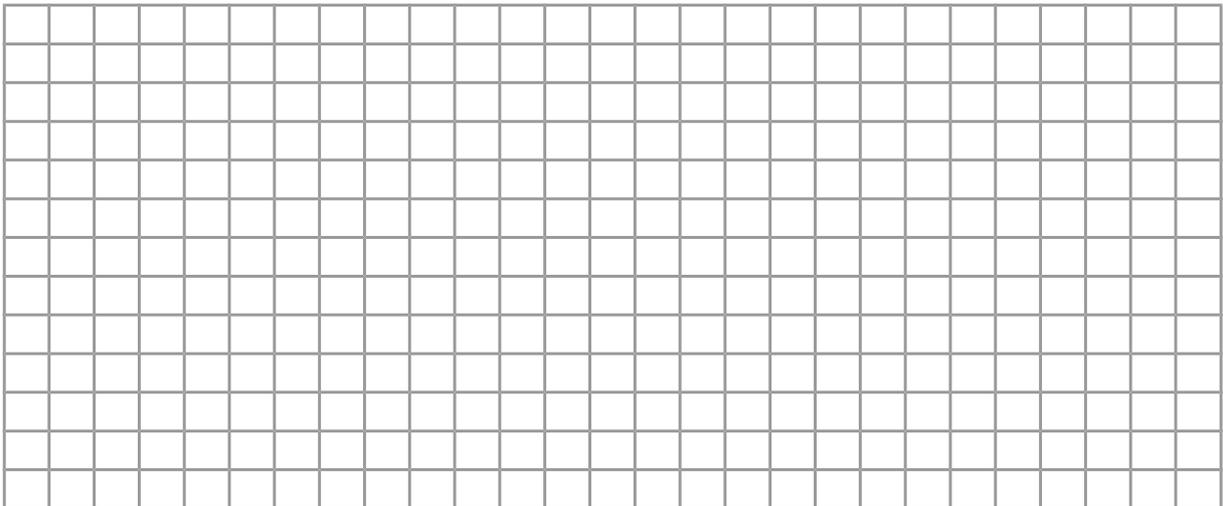
Нарисуйте принципиальную электрическую схему силовой части домашней микроволновой печи (используя информационно-поисковые системы).



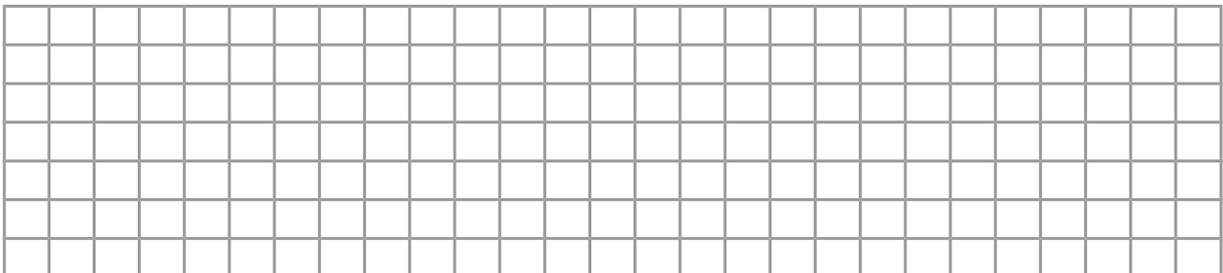
Нарисуйте устройство магнетрона (используя информационно-поисковые системы, например «Yandex»)



Описание метода и расчет КПД СВЧ печи по результатам измерений

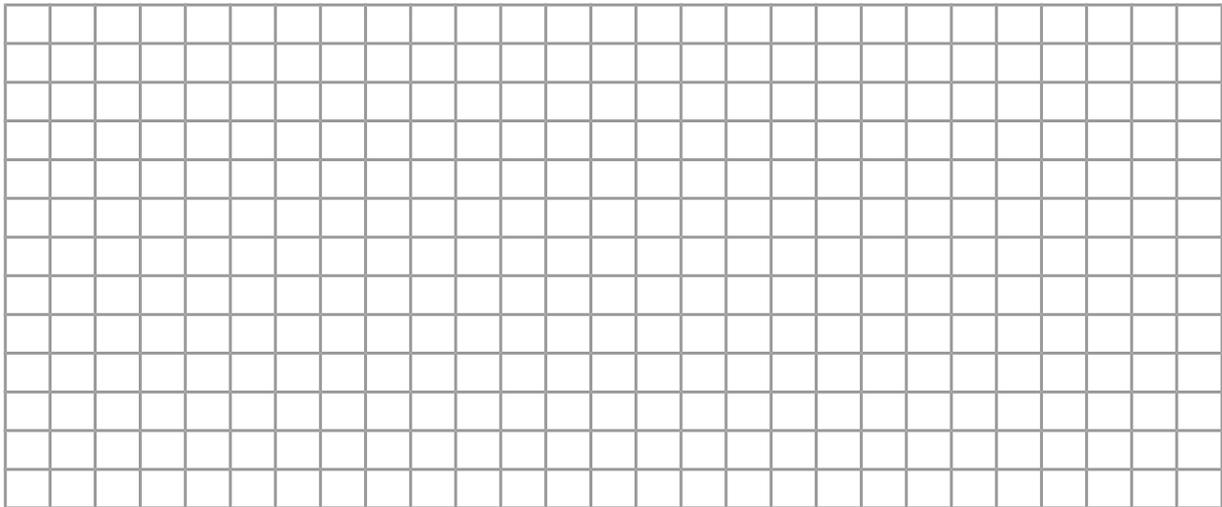


Результаты измерения интенсивности нагрева различных типов диэлектриков

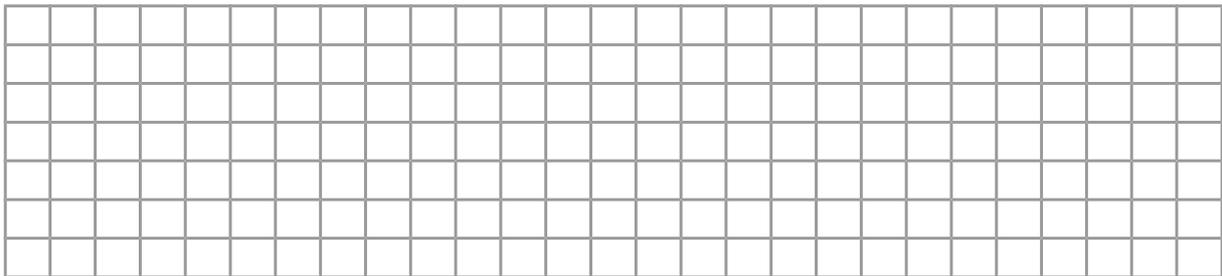


Результаты измерения неравномерности нагрева по объему камеры СВЧ, нарисовать поле температуры с указанием числовых значений.





Нарисуйте электронную и дипольную поляризации



Выводы по работе:

Вопросы для самопроверки

1. Объясните механизм поглощения электрической энергии в диэлектрике.
2. Поясните работу магнетрона и принципиальной электрической схемы СВЧ печи.
3. Равномерно ли происходит нагрев в разных частях камеры печи СВЧ? Почему это происходит?
4. Есть ли разница в интенсивности нагрева различных диэлектриков и почему это происходит?
5. Поясните понятие «неоднородная спектральная чувствительность среды».
6. Поясните понятие «электрический момент данного объема вещества».
7. Чем различаются проводники, диэлектрики, полупроводники и проводники II рода? Дайте развернутый ответ.
8. Почему в резонансную камеру нельзя помещать предметы диэлектрическая проницаемость которых равна бесконечности, $\epsilon = \infty$?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Цель работы: Изучить особенности индукционного нагрева.

Программа выполнения работы

1. Разработать методику измерения КПД бытовой индукционной плитки и произвести измерение.
2. С помощью разработанной методики произвести измерение КПД электроплитки на основе косвенного нагрева сопротивлением.
3. Начертить диаграмму потребления мощности из сети при режиме работы индукционной электроплитки 200 Вт и 600 Вт. Определить скважность и частоту ШИМ (широтно-импульсной модуляции).
4. Изучить конструкцию индукционного водонагревателя имеющегося в лаборатории и начертить его принципиальную схему.

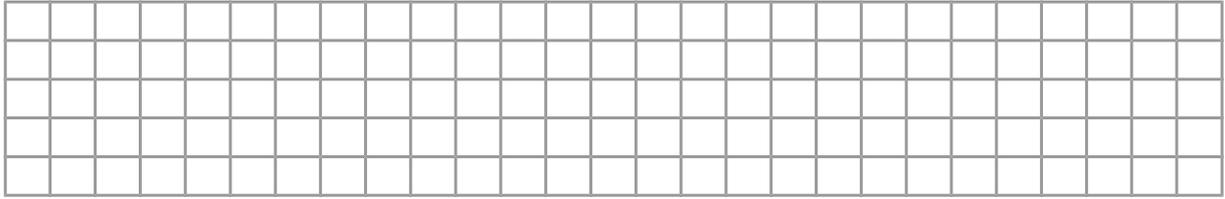
Основные теоретические сведения

Индукционный нагрев – нагрев токопроводящих тел в электромагнитном поле за счет индуктирования в них вихревых токов. При этом электрическая энергия преобразуется трижды. Сначала при помощи индуктора она преобразуется в энергию переменного магнитного поля, которая в теле, помещенном в индуктор, превращается в энергию электрического поля. И, наконец, под действием электрического поля в нагреваемом токопроводящем материале начинают двигаться заряды, которые при столкновении с нейтральными атомами и молекулами увеличивают их тепловое движение, т. е. энергия электрического поля превращается в тепловую.

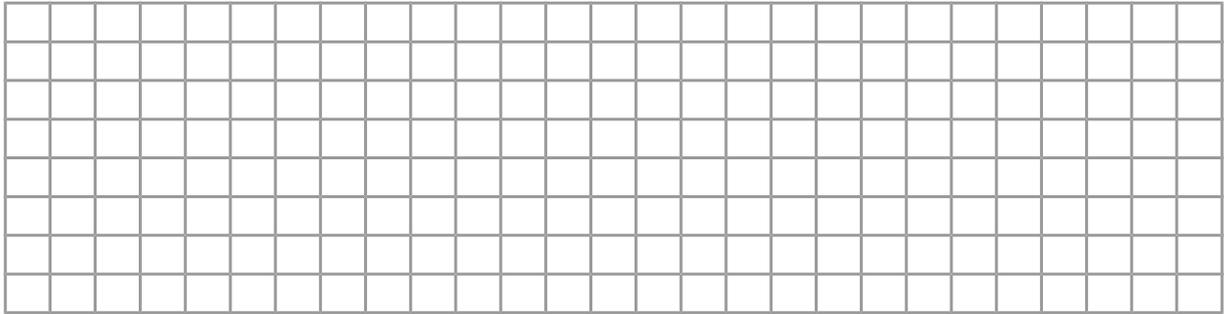
Плотность тока по сечению проводящего тела не одинакова. Наибольшее значение она достигает на поверхности проводника, а по мере приближения к его центру убывает. Это явление названо поверхностным эффектом. Чем выше частота, тем меньше глубина проникновения электромагнитного поля.

На интенсивность и характер нагрева значительно влияют частота тока, напряженность электрического и магнитного полей. Изменяя частоту тока, можно получить необходимый по технологическим условиям характер нагрева и его интенсивность.

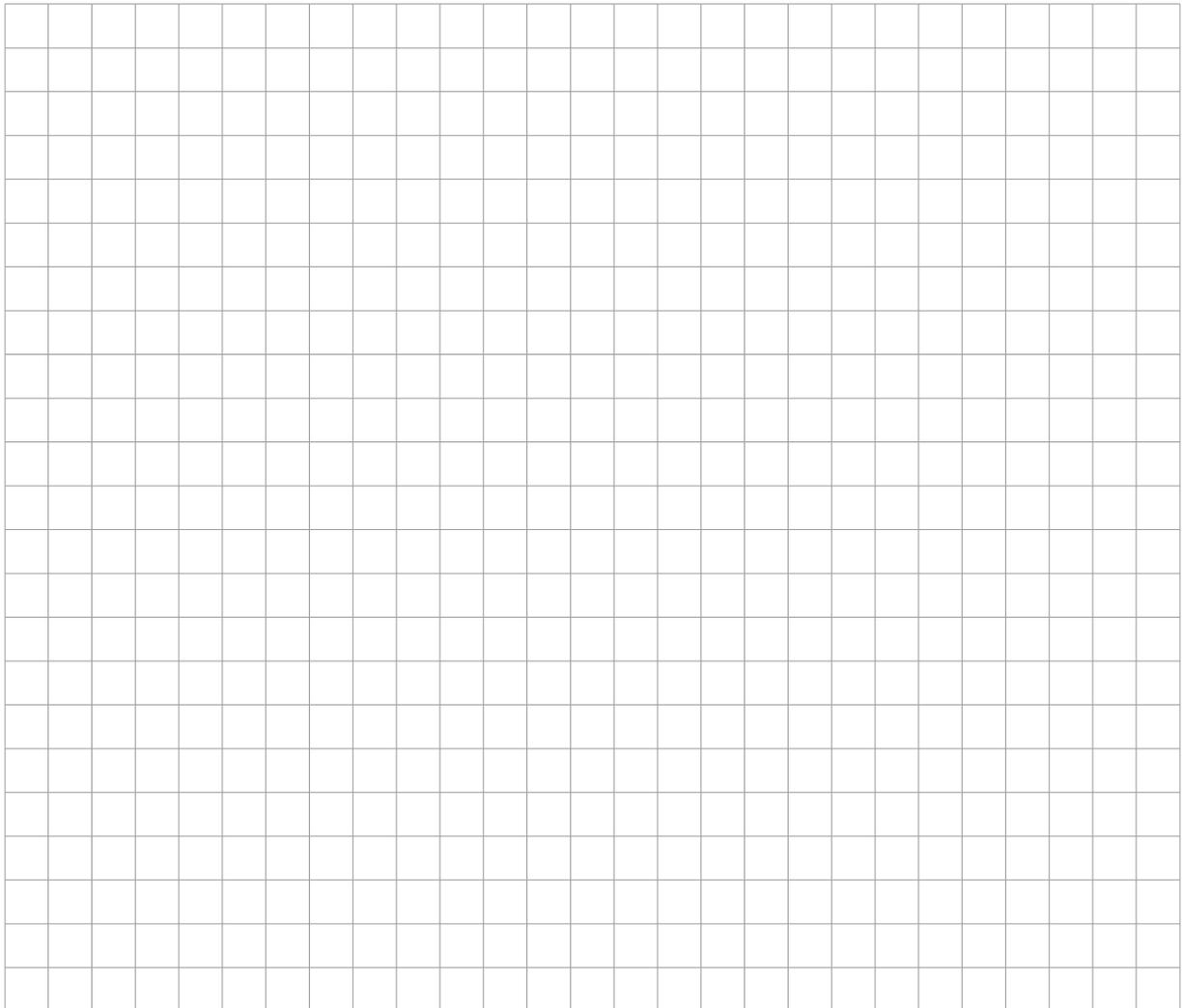
В зависимости от используемых частот установки индукционного нагрева подразделяются на: низкочастотные (50 Гц), среднечастотные (до



Результаты измерения КПД плитки на основе косвенного нагрева сопротивлением

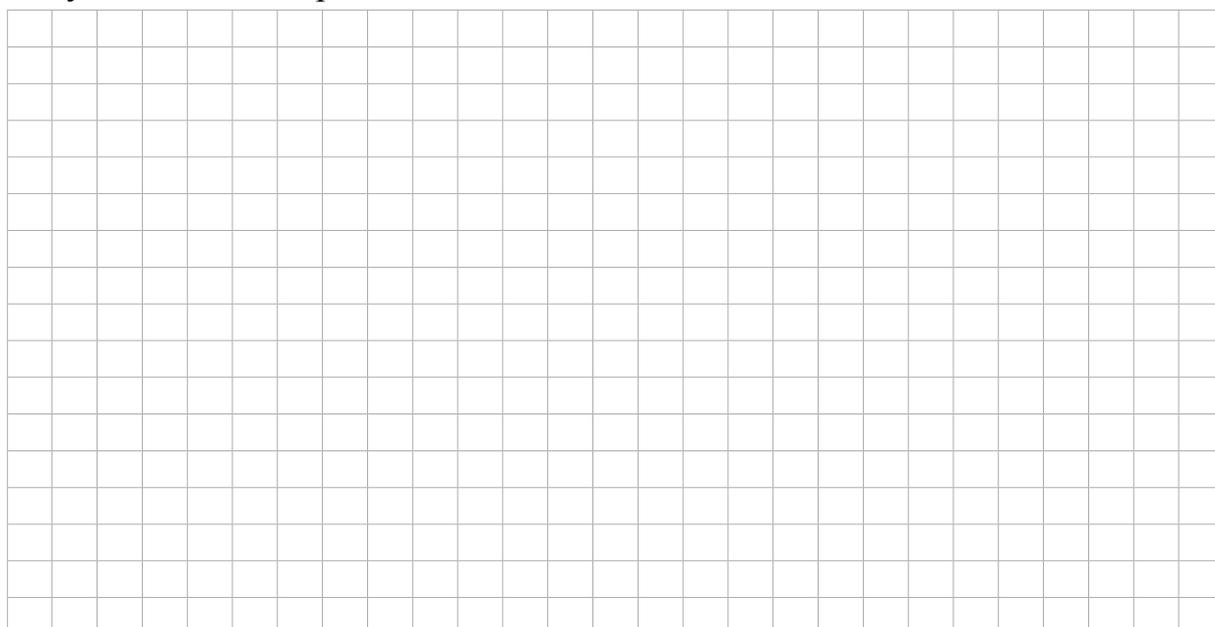


Нарисуйте принципиальную схему индукционного водонагревателя имеющегося в лаборатории

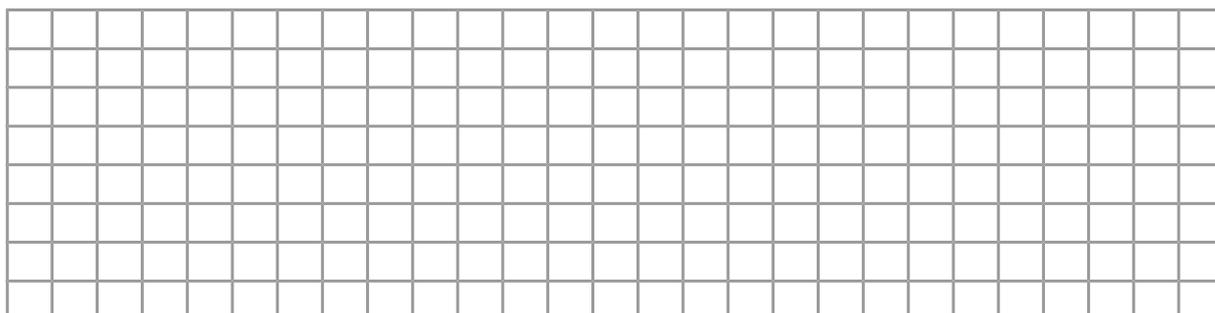


Приведите пример простейшего устройства для индукционного нагрева, укажите направление магнитного и электрического поля, направление движение токов и объясните физические основы

индукционного нагрева



Нарисуйте диаграмму потребления мощности из сети (зависимость потребляемой мощности от времени) при режиме работы индукционной плитки 200 Вт и 600 Вт.



Выводы по работе:

Вопросы для самопроверки

1. Объясните механизм поглощения электрической энергии в ферромагнетике.
2. Возможен ли индукционный нагрев не ферромагнитных материалов?
3. Поясните работу индукционного водонагревателя согласно приведенной Вами принципиальной схемы.
4. Назовите пять применений индукционного нагрева с примерами конструкций, их достоинствами и недостатками.
5. Поясните принцип регулирования подводимой мощности с помощью ШИМ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Цель работы: исследовать работу различных нагревателей сопротивления (ТЭН, ПЛЭН и нагревательные кабели).

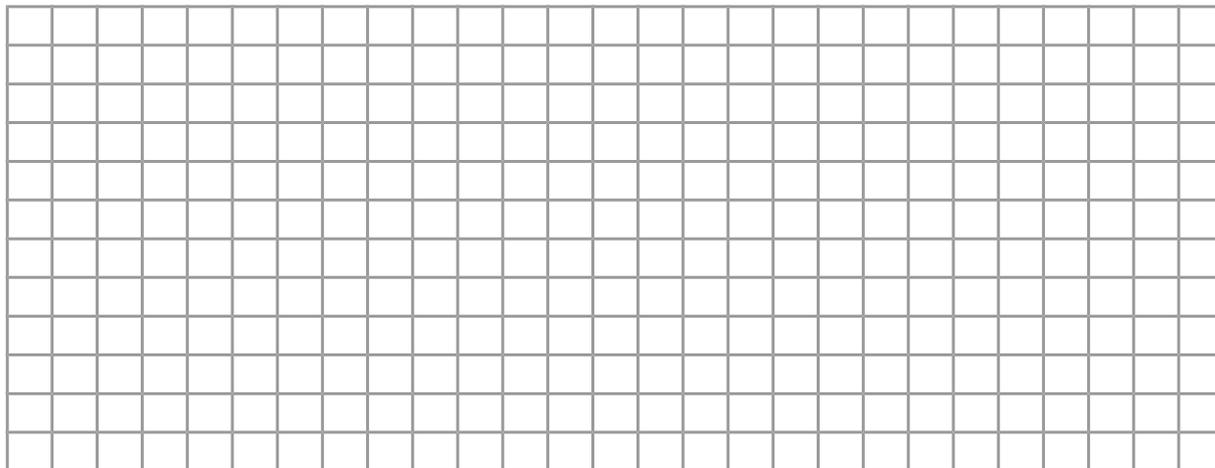
Программа выполнения работы

1. Изучить конструкцию трубчатых электронагревателей, найти в литературе зависимость сопротивления нагревательного элемента от температуры.
2. Изучить конструкцию нагревательных плёнок, произвести измерение зависимости сопротивления нагревательного элемента от температуры, определить температурный коэффициент сопротивления.
3. Изучить конструкцию саморегулирующегося нагревательного кабеля, произвести измерение зависимости сопротивления от его температуры.

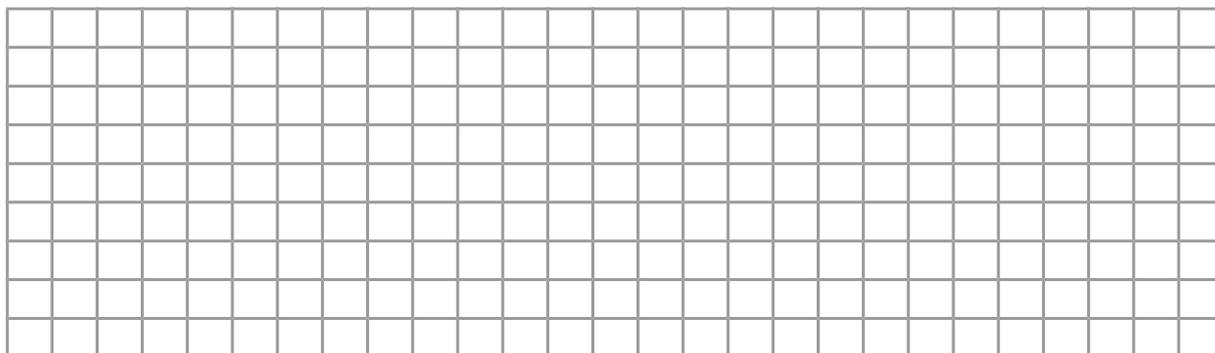
Основные теоретические сведения

Установки косвенного электронагрева применяют в различных технологических процессах низко и высокотемпературного нагрева и отличаются большим разнообразием по конструкции и технологическому назначению. Достоинство косвенного нагрева заключается в его универсальности, т. е. возможности нагрева газообразных, жидких, твёрдых, проводящих и непроводящих материалов при отсутствии непосредственного контакта электрического тока с обрабатываемой средой. Косвенный низкотемпературный электронагрев наиболее перспективен в технологических процессах, в которых обогреваемая среда чувствительна к воздействию электрического тока или обладает резко меняющимися электрофизическими и технологическими свойствами, исключающими применение прямого способа электронагрева. К данным процессам относятся сушка сельскохозяйственных продуктов, тепловая обработка кормов и др. Средне- и высокотемпературный косвенный нагрев применяют в теплоаккумулирующих установках при создании микроклимата в животноводческих помещениях и в электрических печах ремонтных предприятий. Универсальность, простота устройства, довольно высокая безопасность при эксплуатации, возможность полной автоматизации установок косвенного нагрева обеспечивают им широкое применение в производстве и быту сельского населения.

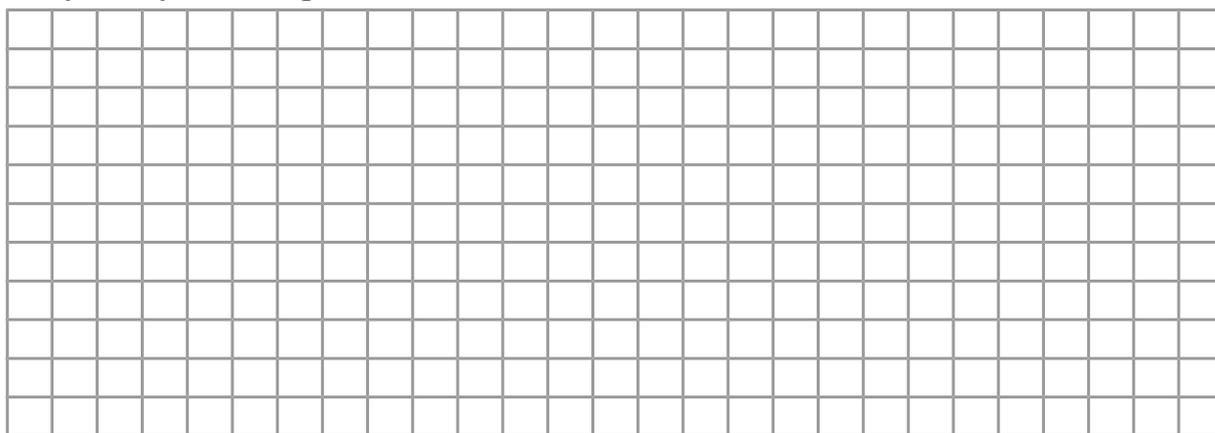
Изобразите зависимость сопротивления ТЭН от его температуры на основе литературных источников



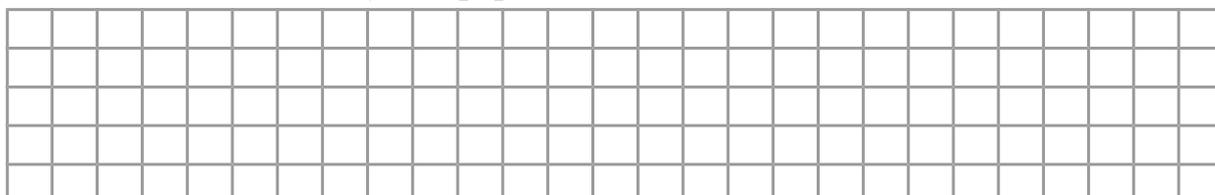
Нарисуйте конструкцию нагревательной плёнки (ПЛЭН) и нарисуйте схему соединения её отдельных элементов (используя информационно-поисковые системы)

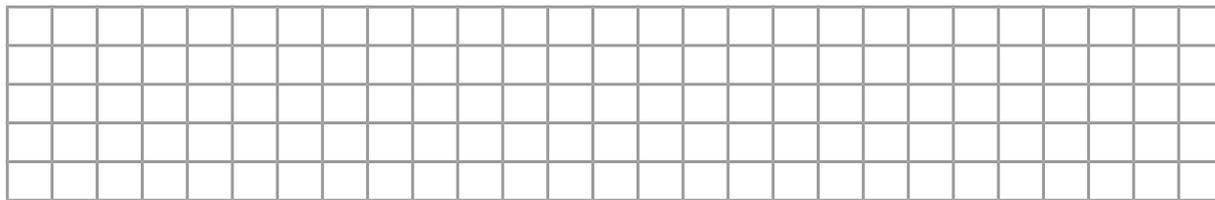


Изобразите зависимость сопротивления ПЛЭН от его температуры полученную экспериментально

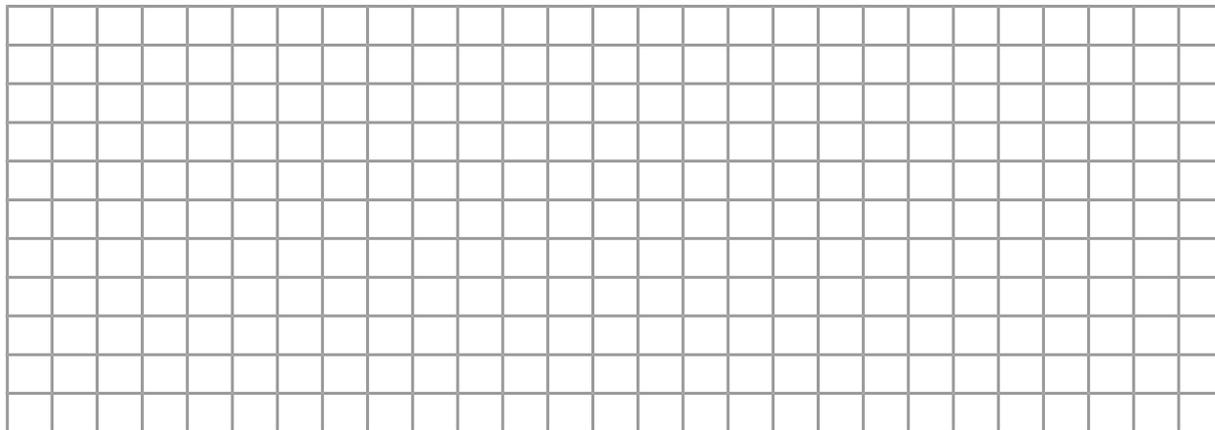


Нарисуйте конструкцию саморегулирующегося нагревательного кабеля и перечислите свойства материалов используемых для его изготовления (используя информационно-поисковые системы).





Изобразите зависимость сопротивления саморегулирующегося нагревательного кабеля от его температуры полученную экспериментально



Выводы по работе:

Вопросы для самопроверки

1. Поясните конструкцию ТЭН, свойства материалов используемых при изготовлении. Объясните физические причины наличия температурного коэффициента сопротивления.
2. Приведите примеры использования нагревательных плёнок, их достоинства и недостатки.
3. Поясните работу схемы соединения отдельных элементов ПЛЭН
4. Как понять название «саморегулирующийся» нагревательный кабель?
5. Поясните причину нелинейной зависимости удельного электрического сопротивления саморегулирующегося нагревательного кабеля от температуры.
6. Приведите примеры использования обычных и саморегулирующихся нагревательных кабелей, их достоинства и недостатки

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Цель работы: исследовать конструкцию и работу термоэлектрических нагревателей

Программа выполнения работы

1. Изучить конструкцию и принцип работы термоэлектрических нагревателей.
2. Разработать методику, провести измерение и расчёт КПД термоэлектрического модуля ТЕС1-12706 при использовании его для нагрева.

Основные теоретические сведения

Прямое преобразование электрической энергии в тепловую связано с большими расходами электрической энергии: невозможно получить на 1 кВт*ч затраченной электроэнергии более 3600 кДж теплоты (как правило, её получают меньше). Этим объясняется все более возрастающая роль и значение косвенного преобразования, основанного на использовании тепловых насосов и теплообменных систем. Наиболее распространены компрессионные (термомеханические) тепловые насосы, которые переносят теплоту от холодной среды к более горячей. В компрессионном насосе теплота отбирается от среды при испарении агента (промежуточного энергоносителя) и выделяется при его конденсации после сжатия в компрессоре. Энергия используется для привода компрессора.

Наиболее совершенны и перспективны термоэлектрические тепловые насосы, в которых промежуточным энергоносителем служит электрический ток. В основе метода лежат эффекты, наблюдаемые в цепи термоэлемента, составленного из двух спаянных по концам разнородных проводников. Если спай поместить в среды с разными температурами, то включенный в цепь милливольтметр покажет разность потенциалов. Это явление носит название эффекта Зеебека, а возникающая на концах термоэлемента разность потенциалов – термоэлектродвижущей силой (термоЭДС). Эффект Зеебека используют в измерительной технике (термопары и др.) и в термоэлектрических генераторах.

Если в цепь термоэлемента включить источник ЭДС и пропускать по ней постоянный электрический ток, то один спай будет охлаждаться и поглощать теплоту, а другой нагреваться и выделять её. Это явление носит

название эффекта Пельтье, а выделяющаяся теплота – теплоты Пельтье.

Содержание отчета

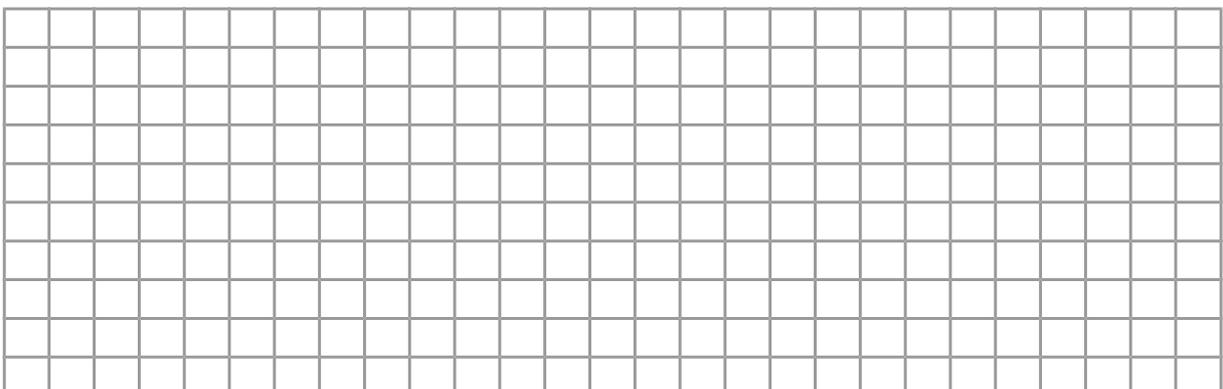
Нарисуйте конструкцию полупроводникового термоэлектрического преобразователя



Составьте принципиальную электрическую схему для измерения КПД термоэлектрического модуля



Методика, результаты измерений и расчёт КПД термоэлектрического модуля ТЕС1-12706 при использовании его для нагрева



Выводы по работе:

Вопросы для самопроверки

1. Поясните как устроен и работает термоэлектрический элемент?
2. Объясните полученную величину КПД термоэлектрического элемента при использовании его для нагрева?
3. В каких режимах может работать термоэлектрический преобразователь?
4. Приведите примеры применения термоэлектрических модулей в народном хозяйстве, поясните их достоинства и недостатки.
5. Рационально ли использовать электрическую энергию для нагрева, эффективно ли в этом случае используется топливо на тепловых электростанциях? (нарисуйте цепочку от сжигания органического топлива на тепловых электростанциях до потребления выработанной электроэнергии в электрокалорифере для обогрева воздуха с указанием КПД каждого этапа преобразования энергии).
6. Как повысить КПД использования электрической энергии для нагрева?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРОТОЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

Цель работы: исследовать работу проточного водонагревателя Smartfix 3.5.

Программа выполнения работы

1. Разработать методику измерения КПД проточного водонагревателя и провести измерение.
2. По имеющемуся на лабораторном стенде разобранному водонагревателю Smartfix 3.5 составить его принципиальную схему и разобраться в её работе.
3. Научиться решать задачи по определению мощности трёхфазной нагрузки соединённой по различным схемам.

Основные теоретические сведения

Электрические проточные водонагреватели предназначены для нагрева проточной воды. Обычно проточные нагреватели состоят из емкости небольшого объема, нагревательных элементов (ТЭН) или электродов при электродном нагреве, автоматики.

Таблица 4 – Основные параметры водонагревателя Smartfix 3.5

Основные параметры	Значение
Номинальное напряжение	220-240 В
Мощность (ступени мощности)	1500, 2000, 3500 Вт
Рабочее давление	0,03...0,6 МПа
Производительность при нагреве на 25 °С	2 л
Масса	1,2 кг

Правила эксплуатации

Поток воды контролируется краном на входе в прибор. Запрещено устанавливать смеситель и/или перекрывать воду на выходе из водонагревателя.

После открытия крана и включения нагревателя, необходимо подождать некоторое время (около 15 сек.) для стабилизации температуры нагреваемой воды.

Индикация рядом с переключателями ступеней нагрева показывает когда работает нагревательный элемент и на какой ступени нагрева он находится.

Для отключения водонагревателя нужно выключить нагрев воды с помощью клавиши OFF на лицевой панели. После этого закройте кран подачи воды в водонагреватель.

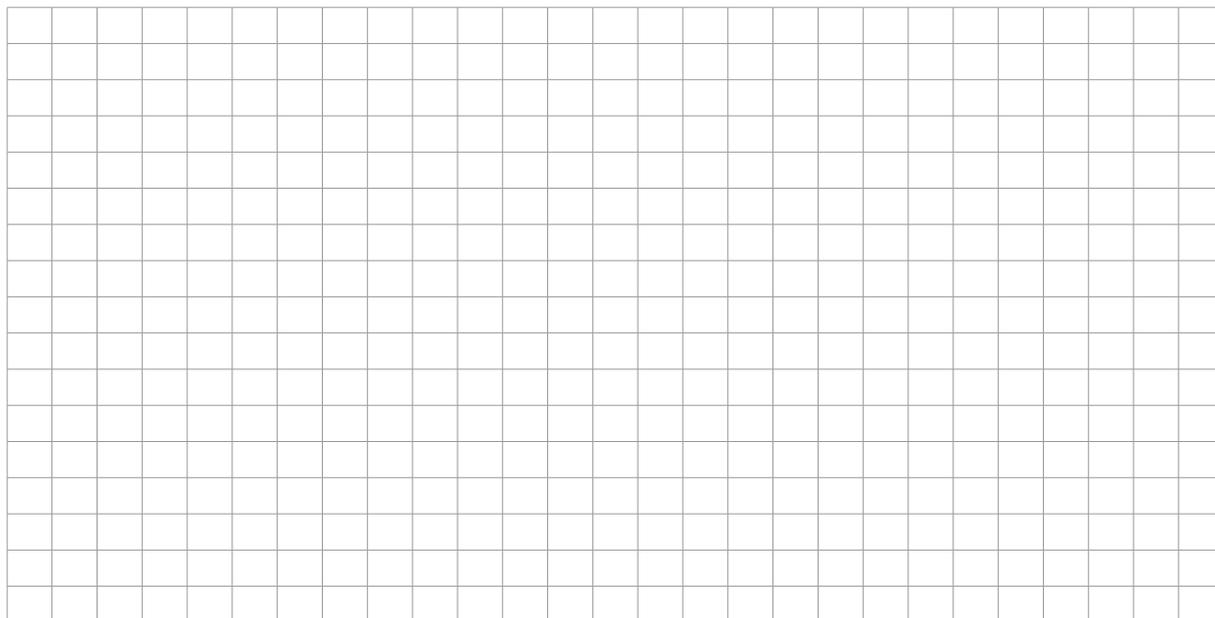
Для изменения температуры горячей воды можно использовать кран на входе холодной воды, меняя силу потока воды.

Проточный нагреватель оснащен следующими регулирующими устройствами:

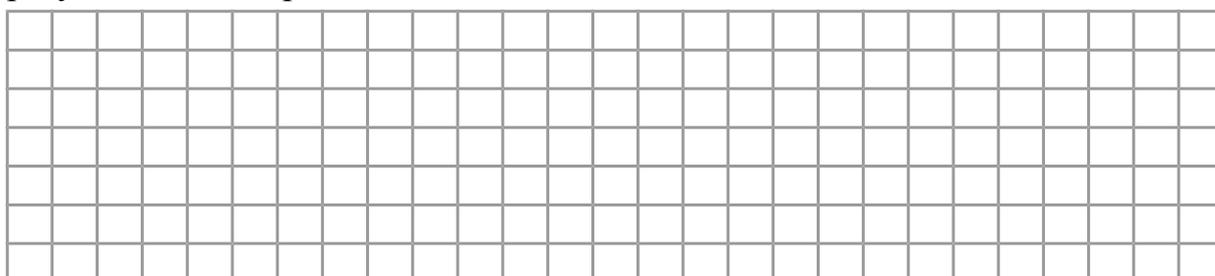
- датчиком давления, нагревательный элемент (ТЭН) включается только тогда, когда давление в нагревателе будет более 0,03 МПа. Если давление снизится ниже этой величины, напряжение будет снято с ТЭН.
- Датчик температуры выключит питание водонагревателя, если температура нагреваемой воды чрезмерно повысится. После остывания, необходимо вручную нажать кнопку термозащиты (под кожухом водонагревателя).

Содержание отчета

Принципиальная электрическая схема проточного водонагревателя



Описание метода и расчет КПД проточного водонагревателя по результатам измерений



Рекомендуемая литература

1. Фалилеев Н.А. Светотехника [Текст]: учебник для студентов специальности 110302.65 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» и направления подготовки 110800.62 «Агроинженерия» очной и заочной форм обучения / сост. Н.А. Фалилеев. – Кострома : КГСХА, 2011. – 210с.
2. Баранов Л.А. Светотехника и электротехнология [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л.А. Баранов, В.А. Захаров. – М: Колос С, 2006. – 344с.
3. Электротехнология [Текст] / А.М.Басов и др. – М.: Агропромиздат, 1992. – 304с.

Учебно-методическое издание

Бушуев, И.В. Специальные виды электротехнологии. Ч. I : методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной и заочной форм обучения / И.В. Бушуев, А.А. Васильков. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 30 с.

Методические рекомендации издаются в авторской редакции.