

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

И.В. БУШУЕВ, Н.А. ФАЛИЛЕЕВ

# **СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ**

## **ЧАСТЬ II**

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.т.н., доцент *Н.А. Фалилеев*.

*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. II : 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, Н.А. Фалилеев. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 38 с.

Издание содержит теоретические сведения, методику и контрольные вопросы по выполнению лабораторных работ № 7-12 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, Н.А. Фалилеев, 2015

## Оглавление

Лабораторная работа №7 Изучение и исследование ультразвуковых приборов и установок.....	4
Лабораторная работа №8 Исследование искусственной аэроионизации воздуха в помещениях.....	9
Лабораторная работа №9 Исследование высоковольтного источника питания для установок электронно-ионной технологии.....	14
Лабораторная работа №10 Изучение и исследование электрических изгородей.....	20
Лабораторная работа №11 Исследование коронного барабанного и коронного транспортёрного сепаратора.....	27
Лабораторная работа №12 Исследование диэлектрического электросепаратора с бифилярной обмоткой.....	32

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

## ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИБОРОВ И УСТАНОВОК

*Цель работы:*

Изучить устройство и принцип действия ультразвуковой ванны и ультразвукового увлажнителя воздуха.

*Программа выполнения работы:*

Изучить способы получения ультразвука.

Изучить конструкцию современных ультразвуковых генераторов и электроакустических преобразователей.

Изучить конструкцию ультразвуковой ванны и посмотреть её работу.

Изучить конструкцию и принцип работы ультразвукового увлажнителя воздуха, произвести измерения температуры воды и получаемого пара.

Изучить конструкцию и принцип работы ультразвукового измерителя расстояния.



Что такое ультразвук, как его получить и где нужно применять?

### *Основные теоретические сведения*

По своей физической природе ультразвук, так же как и слышимый звук, представляет собой упругие колебания и волны, т. е. чередующиеся во времени процессы механического сжатия и разрежения, распространяющиеся в твердой, жидкой и газообразной средах.

От слышимого звука ультразвук отличается лишь частотой. Слышимый звук охватывает диапазон частот от 16 Гц до 15...20 кГц, а ультразвук – область неслышимых частот от 15...20 кГц до  $10^9$  Гц.

Сжатия и разрежения, которые образуются в среде при прохождении в ней упругой волны, добавочно изменяют давление по отношению к среднему (статистическому). Эта добавочная переменная часть давления называется звуковым давлением. Его амплитуда, Па:

$$p_{зм} = 2\pi \rho c f A \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность среды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c$  – скорость распространения упругой

волны (скорость звука), м/с;  $f$  – частота колебаний, Гц;  $A$  – амплитуда смещения, м.

Эффекты, которые может вызывать ультразвук в среде, делятся на первичные и вторичные.

Первичные эффекты имеют механическую природу. К этим эффектам относится звуковое давление, поглощение ультразвука, а также кавитация и другие явления.

Кавитация состоит в том, что в жидкости в фазе разрежения образуются разрывы или полости, которые захлопываются в фазе сжатия, вызывая мгновенные пики давления, достигающие десятков мегапаскалей.

Вторичные эффекты ультразвука являются следствием первичных и имеют различную природу. Выделяют четыре группы вторичных эффектов.

1. Механические эффекты. К ним относят ультразвуковую коагуляцию (сближение и последующее слипание взвешенных в газе или жидкости мелких частиц), дегазацию (уменьшение содержания газа в жидкости), диспергирование (тонкое измельчение твердых или жидких веществ в какой либо среде) и другие явления.
2. Тепловой эффект – нагревание среды из-за поглощения энергии ультразвуковых волн.
3. Химические эффекты – изменение скорости протекания или возникновение определенных химических реакций под действием ультразвука.
4. Биологические эффекты – явления, возникающие в биологических тканях при прохождении через них ультразвуковых волн. Ультразвуковые колебания частиц среды создают своего рода массаж тканей и там, где ультразвук поглощается, ткани нагреваются. Кроме того, в тканях происходят физико-химические превращения. При малых интенсивностях перечисленные явления способствуют жизнедеятельности биологического объекта за счет улучшения обмена веществ. При больших интенсивностях ультразвука биологические ткани разрушаются под действием сильного нагревания и кавитации.

Генерирование ультразвука. Наиболее распространенная схема

генерирования ультразвука состоит из:

1. Генератора ультразвуковой частоты, который преобразует электрическую энергию переменного тока промышленной частоты в электрическую энергию переменного тока ультразвуковой частоты.
2. Электроакустического преобразователя, который преобразует электрическую энергию электрического тока в энергию колебаний твердого тела. Наиболее распространенные магнитострикционные и пьезоэлектрические.
3. Акустического трансформатора, который предназначен для усиления колебаний электроакустического преобразователя.

Одна из простых принципиальных электрических схем генераторов ультразвуковой частоты представлена на рисунке 1. Питание схемы осуществляется от сети переменного тока 220В, затем напряжение выпрямляется, с помощью двух транзисторов преобразуется в переменное и подаётся на излучатель. В качестве электроакустического преобразователя используется пьезоэлектрическая пластина.

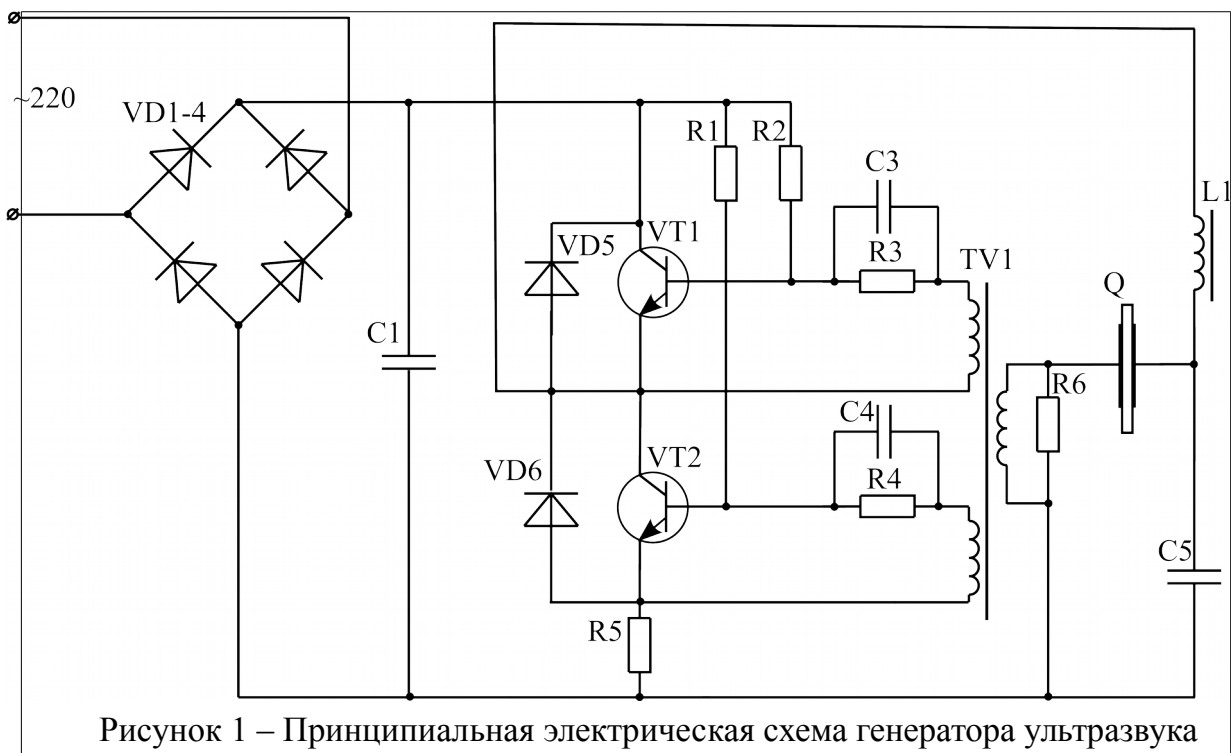


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема генератора ультразвука







## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ АЭРОИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ**

#### *Цель работы:*

Изучить гигиенические требования к аэроионному составу воздуха, влияние аэроионов на живые организмы, способы измерения концентрации лёгких аэроионов и способы искусственной аэроионизации.

#### *Программа выполнения работы:*

Изучить гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений (СанПиН 2.2.4.1294-03).

Научиться измерять концентрацию аэроионов в воздухе с помощью счётчика аэроионов «Сапфир-3м».

Измерить концентрацию лёгких аэроионов в закрытом помещении, у открытого окна и при использовании трёх видов аэроионизаторов (Maxwell MW-3603 PR, Polaris PPA 0402i и Янтарь-5м).

#### *Основные теоретические сведения*

Аэроионы (ионы воздуха) непрерывно образуются под действием различных факторов:

излучение радиоактивных веществ, содержащихся в земной коре и воздухе;

космических лучей;

баллоэлектрического эффекта (дробления и распыления воды);

электрических разрядов в атмосфере;

трибоэлектрического эффекта (взаимного трения песчинок, частиц пыли, снега и т. д.).

В атмосферном воздухе процесс ионообразования протекает непрерывно, однако увеличение числа аэроионов не беспредельно, так как одновременно с ионообразованием протекают ионоуничтожающие процессы, связанные с рекомбинацией, диффузией и абсорбцией.

Сущность рекомбинации заключается в том, что ионы

противоположного знака при столкновениях могут взаимно нейтрализоваться.

В зависимости от подвижности атмосферные ионы условно можно разделить на две группы: лёгкие ( $k > 0,1 \dots 0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ ) и тяжелые ( $k < 0,1 \dots 0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ ). Лёгким ионом называют ионизированную молекулу, окруженную группой нейтральных молекул водяного пара. Тяжелый ион представляет собой аэрозольную частицу (пылинку, капельку воды, микробное тело и т. д.), несущую электрический заряд.

Средние концентрации, шт/см<sup>3</sup>, легких аэроионов обеих полярностей обычно составляют; в сельских районах 500-1000 и достигают 2000-2200 в чистом воздухе и ряде курортных мест, на улицах больших городов – 150-450, а для некоторых городов – меньше 100.

Установлено, что легкие отрицательные ионы в определенных дозировках благоприятно влияют на людей и животных, в то время как для легких положительных ионов такое действие не характерно. Тяжелые ионы, прежде всего положительные, являются физиологически неблагоприятным фактором.

В закрытых обитаемых помещениях, в том числе животноводческих и птицеводческих, ионный состав воздуха может быть существенно искажен по сравнению с ионным составом наружного воздуха. Живые организмы выдыхают большое количество тяжелых ионов, поэтому концентрация последних внутри обитаемого помещения бывает намного выше, чем снаружи.

Автором основных работ в области аэроионизации, впервые установившим биологическое действие униполярных аэроионов, является советский ученый А.Л. Чижевский (1987-1964 гг.).

Сущность открытия А.Л. Чижевского заключается в том, что он экспериментально доказал, что аэроионы кислорода воздуха являются обязательным фактором жизни. Если внешний воздух освободить от этих аэроионов, то все живое в таком воздухе гибнет от отравления недоокисленными продуктами обмена веществ, сопровождающегося преждевременной дистрофией и атрофией тканей и органов.

Ионы атмосферы были названы А.Л. Чижевским – аэроионами, процесс их возникновения – аэроионизацией, искусственное насыщение ими воздуха закрытых помещений – аэроионификацией, лечение ими –

аэроионотерапией. Эта терминология укрепилась в мировой науке.

Поскольку ионы являются весьма малой компонентой воздуха – одиночный ион приходится на каждые десять тысяч триллионов молекул – длительное время полагали, что живые организмы не могут реагировать на их содержание. Однако сейчас известно, что малые количества легких отрицательных ионов могут приводить к усиленной биологической реакции.

При массовом скоплении людей в различных помещениях создаются большие концентрации выдыхаемых человеком тяжелых положительных ионов. Такое неестественное состояние воздушной среды обитаемых помещений привело ученых к мысли о необходимости создания искусственной ионизации воздуха в различных помещениях, где человек проводит большую часть своей жизни. Находясь в закрытом помещении он дышит как бы профильтрованным воздухом с огромным дефицитом легких ионов кислорода воздуха отрицательной полярности и, следовательно, систематически испытывает аэроионное голодание, что приводит к преждевременному изнашиванию организма, атрофии и укорачивает жизнь человека. Легкие отрицательные аэроионы, концентрация которых снижена в загрязненном воздухе городов, нейтрализуются также металлическими поверхностями вентиляционных систем и положительными статическими зарядами пластмасс и других материалов, часто употребляемых для отделки помещений.

Искусственную ионизацию воздуха осуществляют при помощи устройств, называемых аэроионизаторами. Для сельскохозяйственных помещений наиболее приемлемы коронные аэроионизаторы, в которых используется униполярных коронный разряд.

### **Содержание отчета**

Произвести измерение концентрации лёгких положительных и отрицательны аэроионов в учебной аудитории. Рассчитать коэффициент униполярности и сравнить полученные значения с требованиями СанПиН к аэроионному составу воздуха помещений.(произвести последовательно минимум 10 измерений и определить средние значения).

№	«+»	«-»	№	«+»	«-»
1			7		
2			8		

3			9		
4			10		
5			Среднее		
6					

Произвести аналогичные измерения при открытом окне в аудитории.

№	«+»	«-»	№	«+»	«-»
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			Среднее		
6					

Изучить конструкции аэроионизаторов, произвести измерения концентрации аэроионов на расстоянии 1 метр от аэроионизатора. (после 3 минут работы для аэроионизаторов Polaris PPA 0402i и Янтарь-5м).

№	«+»	«-»	№	«+»	«-»
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			Среднее		
6					

№	«+»	«-»	№	«+»	«-»
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			Среднее		
6					

Получить зависимость рекомбинации аэроионов от времени после отключения аэроионизатора Polaris PPA 0402i на расстоянии 1 м от него (измерения проводить через 10 секунд).



# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОННО-ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*Цель работы:* Изучить устройство и принцип действия высоковольтного источника питания для установок электронно-ионной технологии используемых в сельскохозяйственном производстве.

*Программа выполнения работы:*

Изучить устройство, назначение основных элементов и принцип действия выпрямительных устройств с умножением напряжения.

Изучить устройство импульсного блока питания.

Снять вольт-амперную характеристику высоковольтного блока питания с умножителем напряжения при различном числе каскадов выпрямления (умножения).

Зарисовать осциллограммы напряжения на различных элементах импульсного блока питания.

### *Основные теоретические сведения*

Для получения высокого напряжения постоянного тока в установках электронно-ионной технологии применяют в основном два типа источников питания: высоковольтные выпрямители и каскадные схемы (схемы умножения напряжения).

В высоковольтных выпрямителях переменное напряжение повышается трансформатором до нужного уровня и затем выпрямляется. В простейшем случае трансформации подвергается сетевое напряжение промышленной частоты. Рациональным является питание трансформатора на повышенной частоте. При этом питание на первичную обмотку повышающего трансформатора подается не непосредственно от сети, а через преобразователь переменного напряжения промышленной частоты в переменное напряжение повышенной частоты (обычно сотни и тысячи Гц). Благодаря повышению частоты можно уменьшить площадь поперечного

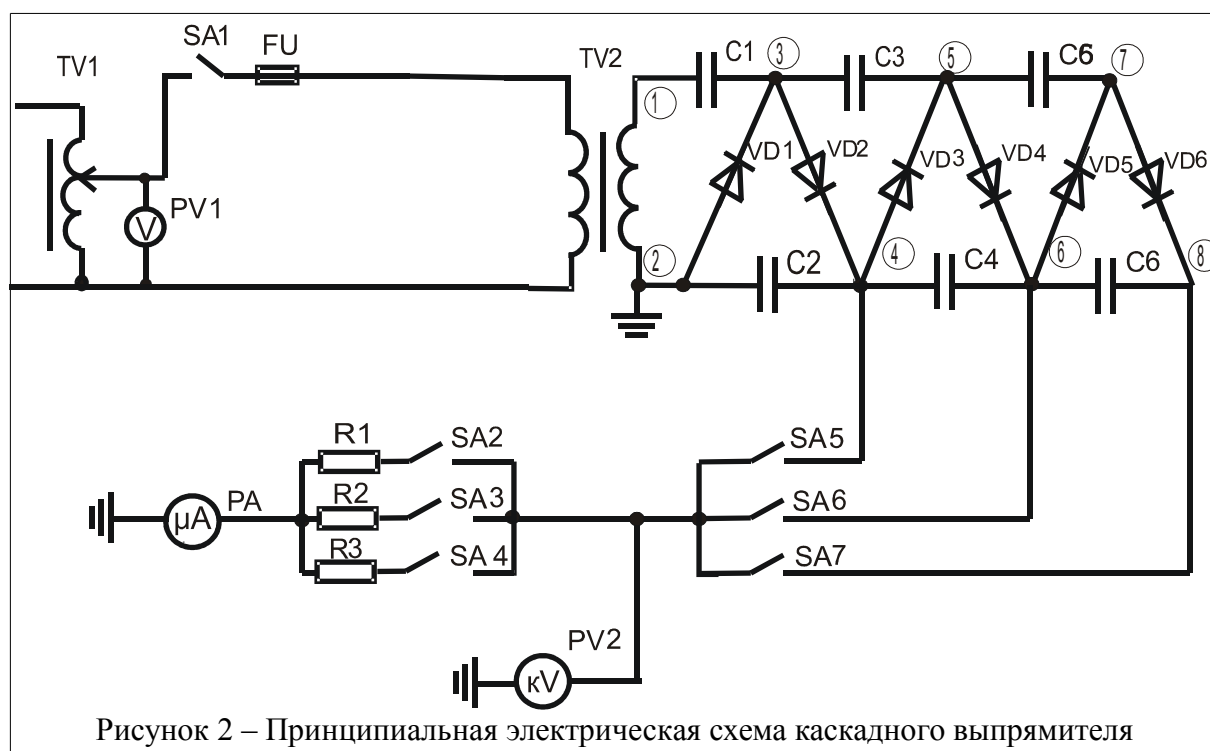


Как

получить  
высокое  
напряжение  
(10...50 кВ) для  
аппаратов ЭИТ?

сечения сердечника и длину проводов обмотки, т. е. в конечном счете снизить габариты и массу трансформатора.

Принцип действия каскадных схем (схем умножения) основан на том, что на нагрузку разряжаются последовательно включенные конденсаторы, каждый из которых заряжен от выпрямителя до сравнительно небольшого напряжения.



На рисунке 2 показана принципиальная схема трех ступеней каскадного выпрямителя. К первой ступени относятся конденсаторы C1, C2 и вентили VD1, VD2, ко второй конденсаторы C3, C4 и вентили VD3, VD4, аналогично третьей ступень. Нагрузка подключается параллельно конденсаторам нижней части схемы (при наличии одной ступени к точкам 2 и 4, при наличии двух ступеней – к точкам 2 и 6 и т. д.).

Пусть в начальный момент времени ЭДС вторичной обмотки трансформатора направлена от точки 1 к точке 2. Тогда конденсатор C1 заряжается через открытый диод VD1 до амплитудного значения напряжения на вторичной обмотке трансформатора  $U_{2m}$ . Когда направление ЭДС вторичной обмотки изменится, будет заряжаться конденсатор C2 по цепи: точка 1, конденсатор C1, диод VD2, конденсатор C2, точка 2 вторичной обмотки трансформатора. Поскольку в это время конденсатор C1 и вторичная обмотка трансформатора оказываются включенными последовательно, конденсатор C2 заряжается до напряжения

$U_{C2} \approx U_{2m} + U_{C1} \approx 2U_{2m}$ . В следующий полупериод заряжается конденсатор C3 по цепи: точка 2, конденсатор C2, диод VD3, конденсатор C3, конденсатор C1, точка 1 вторичной обмотки. Конденсатор C3 заряжается до напряжения  $U_{C3} \approx U_{2m} + U_{C2} - U_{C1} \approx U_{2m} + 2U_{2m} - U_{2m} \approx 2U_{2m}$ .

Рассуждая аналогично, можно показать, что при очередном изменении полярности ЭДС вторичной обмотки зарядится уже конденсатор C4 до напряжения  $U_{C4} \approx 2U_{2m}$ . В установившемся режиме суммарное напряжение на выходе схемы (между точками 2 и 6)  $U_{\text{вых}} = U_{C2} + U_{C4} \approx 4U_{2m}$ . В общем случае напряжение каскадной схемы  $U_{\text{вых}} \approx 2nU_{2m}$ , где n – число ступеней каскада.

Простейшая схема импульсного блока питания приведена на рисунке 3.

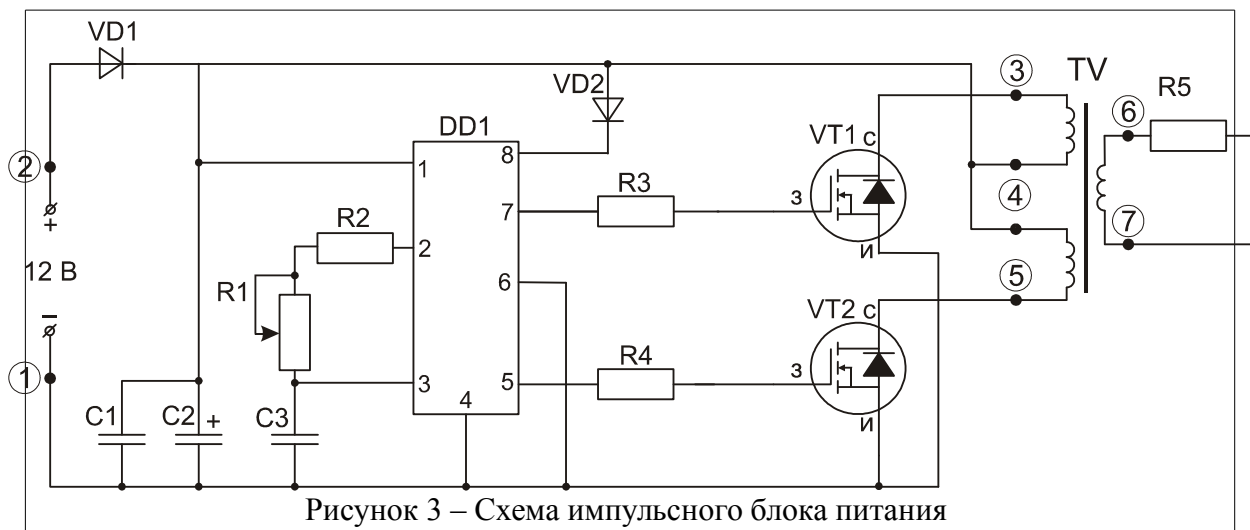


Рисунок 3 – Схема импульсного блока питания

Схема собрана на тактирующей микросхеме DD1 – IR2153, с использованием двух полевых транзисторов IRFZ44n. Питание схемы осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12 В. Через защитный диод VD1 (1N4007) напряжение подается на микросхему и фильтр C1 (47 мкФ), C2 (0,01 мкФ). RC – цепочка задающая частоту R2 (100 Ом), R1 (200 кОм) и C3 (10 нФ). Сопротивления в цепи затвора транзисторов R3 и R4 номиналом 27 Ом. Микросхема DD1 подает напряжение на затворы полевых транзисторов по очереди. Открываясь транзисторы замыкают цепь тока с «+» на «-» через первичные обмотки (по семь витков) трансформатора TV. На вторичную обмотку трансформатора (одиннадцать витков) подключена нагрузка R5 (1,2 кОм). Изменение частоты открытия транзисторов происходит при изменении величины переменного сопротивления R1.





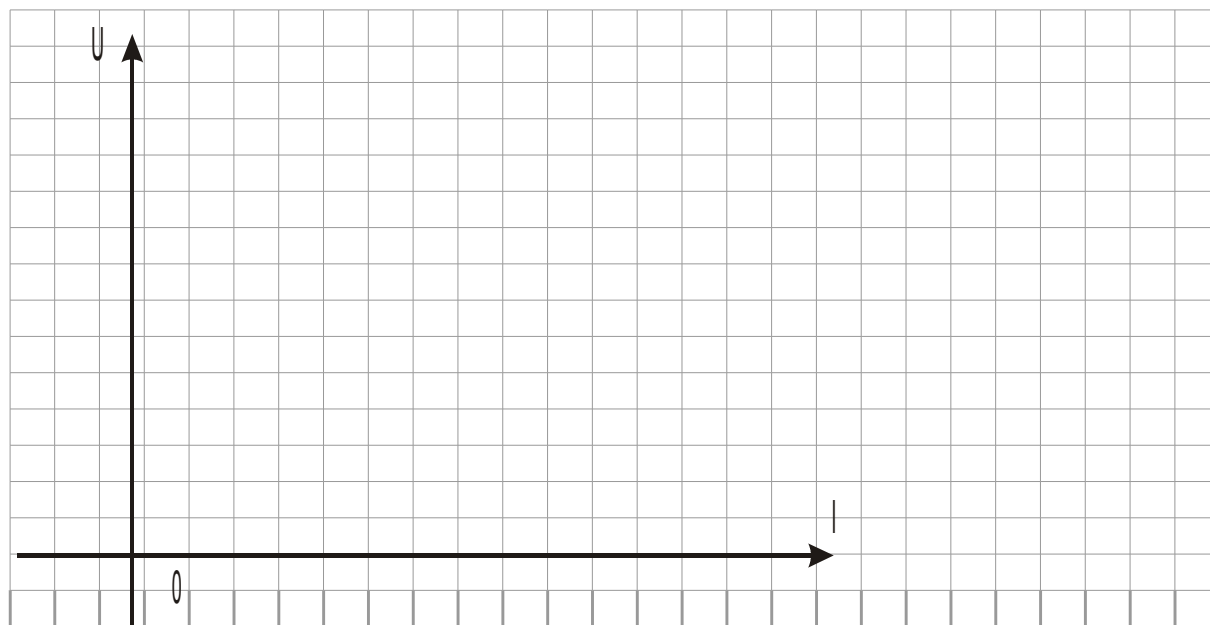
Изменяя нагрузку блока (R1-R3) питания, получить результаты измерения тока и напряжения при снятии вольт-амперной характеристики по схеме согласно рисунка 2.

Нагрузка	R <sub>общ</sub> , Ом	1 Ступень		2 Ступень		3 Ступень	
		U <sub>1</sub> , В т.2-т.4	I <sub>1</sub> , $\mu$ А	U <sub>2</sub> , В т.2-т.6	I <sub>2</sub> , $\mu$ А	U <sub>3</sub> , В т.2-т.8	I <sub>3</sub> , $\mu$ А
Холостой ход							
R1							
R1 и R2							
R1,R2 и R3							



**Внимание!** Источник питания установок электронно-ионной технологии – высоковольтный, поэтому при работе с ним нужно соблюдать правила техники безопасности. Снимать показания можно только совместно с преподавателем.

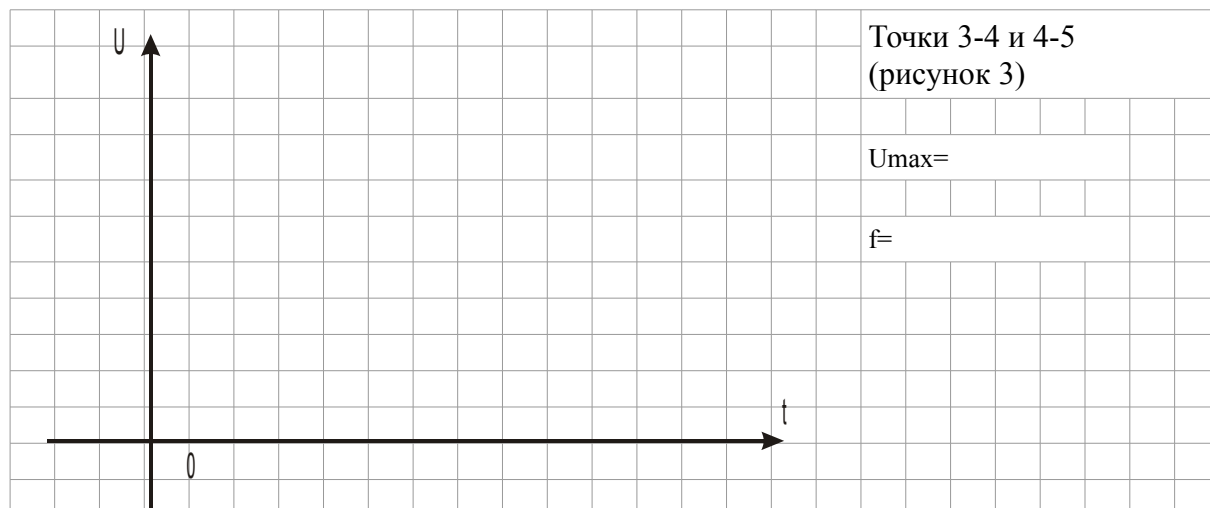
Построить, по результатам измерений, вольт-амперные характеристики U(I) источника питания с каскадной схемой выпрямления (все три в одних осях).



### Экспериментальные исследования импульсного блока питания.

Подключить блок питания к источнику 12 В и произвести измерение напряжения между точками (3-4 и 4-5) согласно схемы на рисунке 3 с помощью осциллографа. При использовании одновременно двух каналов следует помнить, что «масса» щупов (крокодильчики) внутри осциллографа гальванически соединены, поэтому во избежание короткого замыкания не стоит подключать их одновременно к частям схемы с

различными потенциалами. Полученные осциллограммы зарисовать.



### Вопросы для самопроверки

1. Какое преимущество каскадных схем (схем умножения) по сравнению с обычными однополупериодными и двухполупериодными схемами выпрямления?
2. Поясните работу каскадной схемы умножения (рисунок 2).
3. Почему полученные вольт-амперные характеристики имеют различный угол наклона к оси абсцисс? Хорошо ли это?
4. Зачем в высоковольтных источниках питания устройств электронно-ионной технологии необходим ограничительный резистор и как рассчитать его сопротивление?
5. Почему постоянный ток при непосредственной подаче на повышающий трансформатор не трансформируется?
6. Поясните работу схемы импульсного источника питания (рисунок 3).
7. Что такое полевой транзистор и каков принцип его работы?
8. Почему величина пикового напряжения на осциллограммах (точки 4-5) отлична от напряжения питания схемы в целом?
9. Нарисуйте блок схему импульсного источника питания. Почему импульсные источники питания в бытовой аппаратуре практически вытеснили трансформаторные источники?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10**

### **ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗГОРОДЕЙ**

#### *Цель работы:*

Изучить устройство, технические характеристики, принцип действия и правила эксплуатации электрической изгороди.

#### *Программа выполнения работы:*

Изучить устройство, принцип действия, электрическую схему и правила эксплуатации генератора импульсов.

Исследовать генератор импульсов в автоматическом и «ждущем» режимах. Освоить настройку и регулировку генератора импульсов.

Зарисовать осциллограмму формы импульсов тока и рассчитать количество электричества (проходящий заряд) в импульсе. Определить энергию импульса.

Найти сопротивление нагрузки генератора в «ждущем» режиме работы, при котором генератор переходит в автоматический режим.

#### *Основные теоретические сведения*

Электрические изгороди (ЭИ) применяют для загонной пастьбы и ограждения летних лагерей коров, телят, овец, свиней и других животных.

ЭИ включает в себя генератор электрических импульсов высокого напряжения и собственно изгородь, в состав которой входят опорные стойки с изоляторами и токоведущая линия. Опорные стойки с натянутой на них токоведущей линией располагают на расстоянии 10...20 м одна от другой по периметру ограждаемого участка. Токоведущие линии выполняют из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1,2...2 мм либо из токопроводящих шнуров на синтетической основе. В зависимости от вида животных токоведущая линия может быть одно или многопроволочной, высота подвеса проволок – 30...90 см.

Один полюс генератора импульсов заземляют, а другой – соединяют с токоведущей линией изгороди. Прикоснувшись к токоведущей линии, животное замыкает цепь тока. Электрический ток, проходя через организм и землю, действует на клетки и раздражает нервы и мышцы, вызывая неприятное ощущение электрического «удара». После нескольких часов

пастьбы за электрической изгородью у животных вырабатывается условный рефлекс «боязни» прикосновения к ограждающей проволоке.

Электрические параметры изгороди должны обеспечивать достаточно сильное раздражающее действие на животных и вместе с тем быть безопасными для них и человека. Напряжение подается импульсами, частота которых обычно находится в пределах 1...2 Гц. Амплитудное значение напряжения импульсов составляет 2...12 кВ, а силы тока в импульсе – 0,15...10 А. Количество электричества, прошедшее при этом через тело животного, не должно превышать 2,5 мКл.

Важнейшим элементом современных генераторов импульсов для электроизгороди является накопитель энергии – конденсатор. Энергия в накопитель поступает в течении сравнительно большого времени, а её отдача в нагрузку происходит на протяжении очень короткого времени. При этом в нагрузке получаются импульсы с большой мгновенной мощностью, а источник питания может быть рассчитан на относительно небольшую среднюю мощность.

Для электроизгородей применяют два режима работы генератора импульсов: автоколебательный ( импульсы поступают на токоведущую линию непрерывно и независимо от прикосновения животных) и ждущий (генератор вырабатывает импульсы только в случае прикосновения животных к токоведущей линии). Ждущий режим работы позволяет существенно снизить потребляемую мощность и продлить срок службы автономного источника энергии.

На рисунке 4 показана принципиальная электрическая схема генератора ГИЭ-1 с индуктивным выходом, предназначенного для электроизгороди ИЭ-200 (схема разработана в Горском СХИ).

Если переключатель SA1 находится в положении «сеть», то генератор питается от сети через трансформатор TV1 и выпрямитель A1. При положении переключателя SA1 на «Бат» генератор питается либо от внутренней батареи сухих элементов GB, либо от внешней аккумуляторной батареи напряжением 12 В.

Напряжение питания поступает на стабилизатор напряжения, собранный на стабилитроне VD3, транзисторах VT2, VT4, VT5 и резисторе R6.

Для работы в автоколебательном режиме переключатель SA2 ставят в

положение «Авт». Тогда напряжение (7,2 В) с выхода стабилизатора подается на вход повышающего преобразователя постоянного напряжения. Схема преобразователя включает в себя резисторы R13, R14, конденсатор C5, транзисторы VT8, VT9, трансформатор TV2 и выпрямитель A2. От выпрямителя A2 заряжается до напряжения 200 В емкостный накопитель энергии (конденсатор C6). Одновременно заряжается и конденсатор C7 через резистор R16. Когда напряжение на конденсаторе C7 достигнет значения напряжения открытия тиратрона VL, последний открывается, и конденсатор C7 разряжается через тиратрон VL и управляющий электрод коммутирующего тиристора VS. Тиристор открывается, и емкостный накопитель разряжается на первичную обмотку повышающего высоковольтного трансформатора TV3. Во вторичной обмотке трансформатора TV3 возникает высоковольтный импульс, который поступает в токоведущую линию (ТВЛ) электроизгороди (один выход вторичной обмотки соединен с ТВЛ, другой — заземляется через цепочку стабилитронов VD1 и VD2). Далее снова начинается зарядка конденсаторов C6, C7 и описанный процесс повторяется.

После выработки у животных условного рефлекса боязни электроизгороди генератор импульсов может быть переведен в ждущий режим работы. Для этого переключатель SA2 ставят в положение «Жд». В этом положении преобразователь постоянного напряжения отделен от стабилизатора транзистором VT7. С выхода стабилизатора напряжение 7,2 В (так называемое дежурное напряжение) подается через резистор R1 и вторичную обмотку трансформатора TV3 на ТВЛ изгороди. Цепочка стабилитронов VD1, VD2 заперта, так как приложенное напряжение недостаточно для их открывания. Конденсатор C1 заряжается до значения напряжения на ТВЛ. Через делитель R4, R5, R3 на вход порогового устройства, собранного на транзисторах VT1, VT3, подается постоянное смещение. Если животное не касается ТВЛ, на входе порогового устройства нет запускающего сигнала, несимметричный мультивибратор VT6, VT7, C4, R8...R12 не запускается, питание от стабилизатора на преобразователь постоянного напряжения не поступает. Генератор не вырабатывает высоковольтных импульсов. Если животное прикасается к ТВЛ, сопротивление между линией и землей резко уменьшается, что приводит к резкому уменьшению напряжения на конденсаторе C1. Через C2 и R2 на вход порогового устройства поступает запускающий импульс.

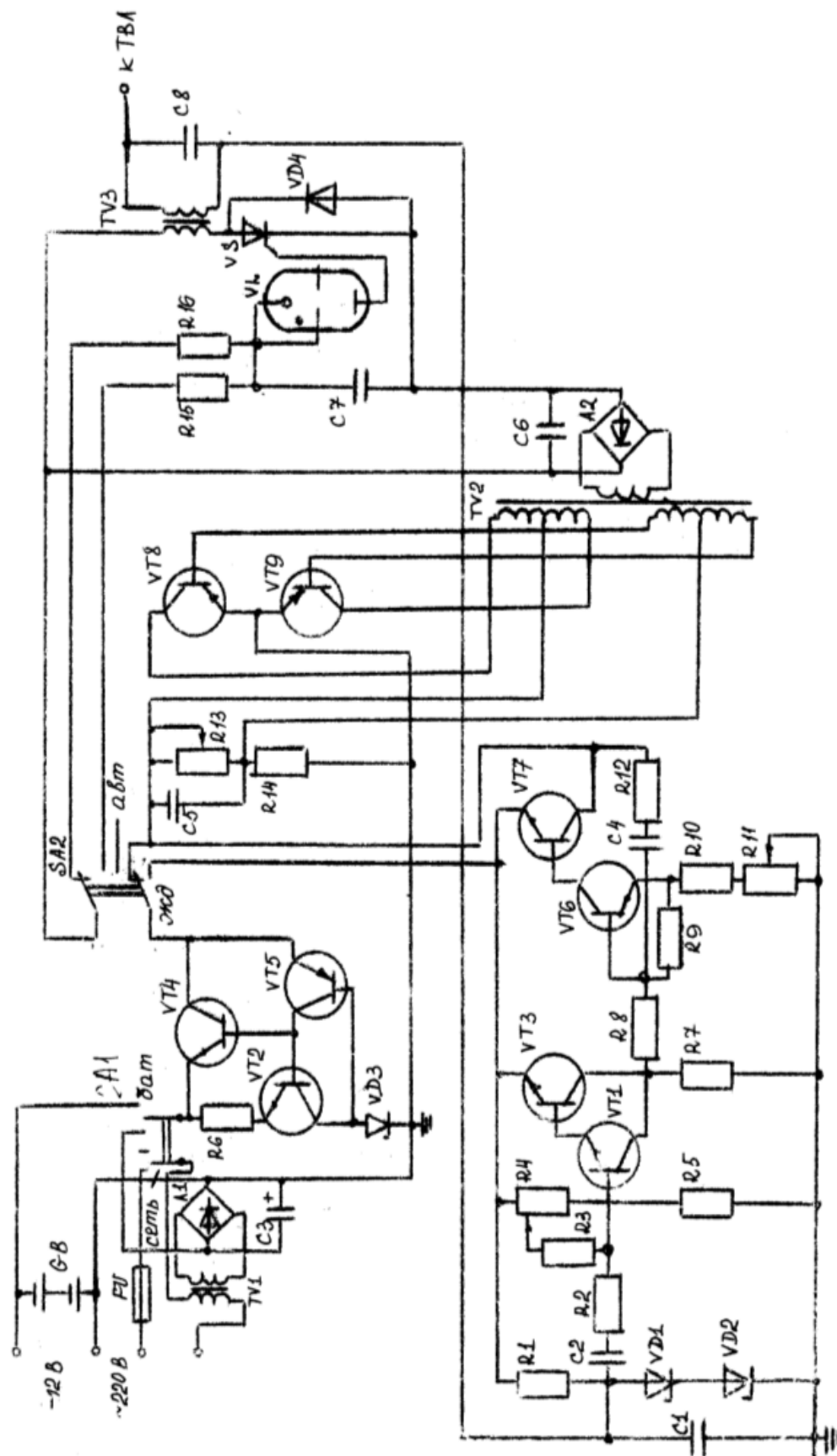



Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема генератора импульсов

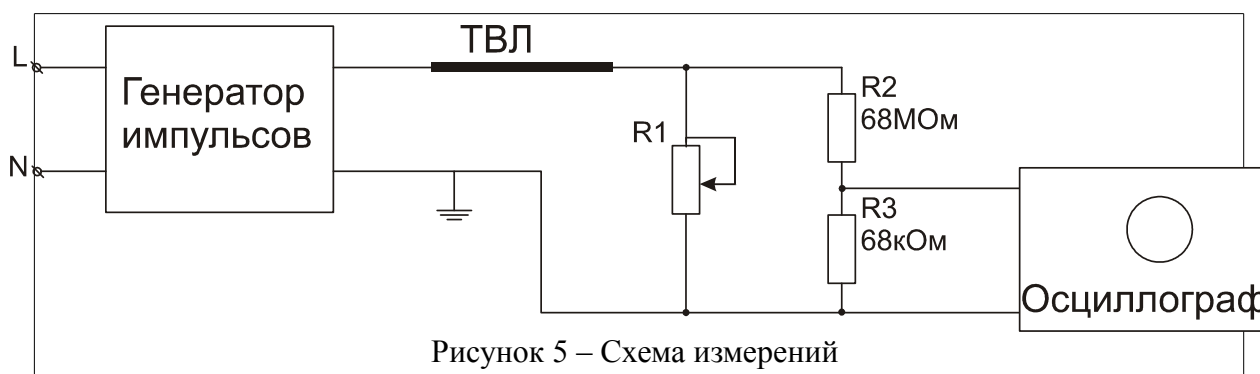
С выхода этого устройства (резистор R7) сигнал поступает на вход несимметричного мультивибратора, транзистор VT7 открывается, и через него подается питание от стабилизатора в схему преобразователя постоянного напряжения. Далее формируется высоковольтный импульс так же, как и в автоколебательном режиме. После выдачи импульса генератор вновь переходит в режим ожидания до следующего прикосновения животного к ТВЛ.

Генератор ГИЭ-1 при уменьшении сопротивления изоляции ТВЛ во время дождей и туманов, а также из-за загрязнения и старения изоляции ложно не срабатывает, так как сопротивление уменьшается относительно медленно и поэтому пороговое устройство не запускается.

При эксплуатации ЭИ следует соблюдать следующие  основные правила техники безопасности. На ТВЛ изгороди в хорошо видимых местах должны быть укреплены предупредительные плакаты «**Опасно! Электрическая изгородь**». Нельзя прикасаться к токоведущей линии, находящейся под напряжением, руками. Вскрывать генератор импульсов разрешается только электрику, квалификационная группа которого по технике безопасности не ниже III. Работы, связанные с извлечением блока генератора из корпуса, следует выполнять в помещениях без повышенной опасности. Во время грозы запрещается приближаться к ТВЛ и генератору импульсов.

### Содержание отчета

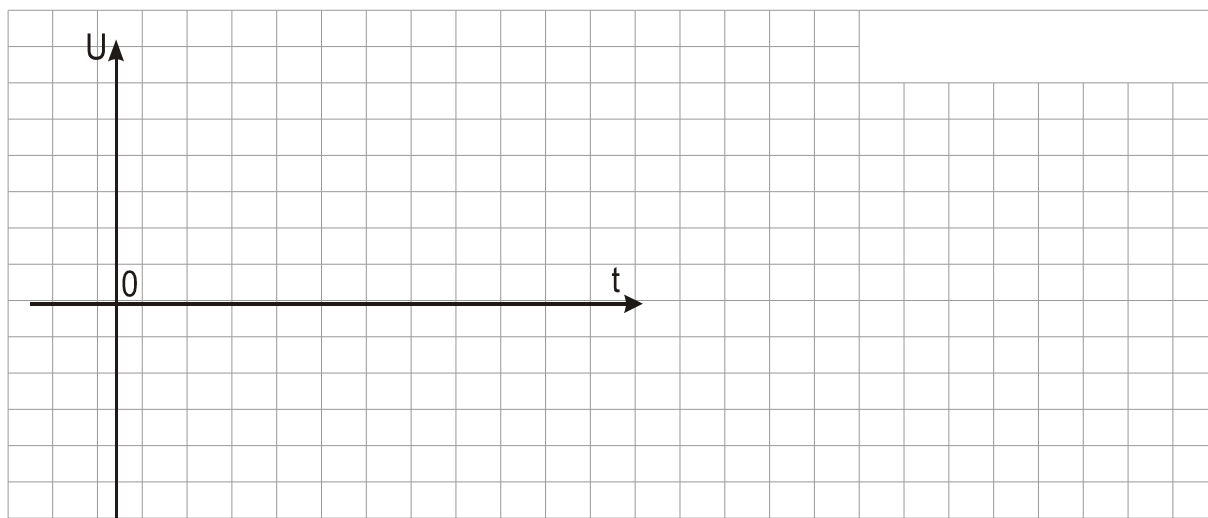
Схема экспериментальных измерений приведена на рисунке 5.



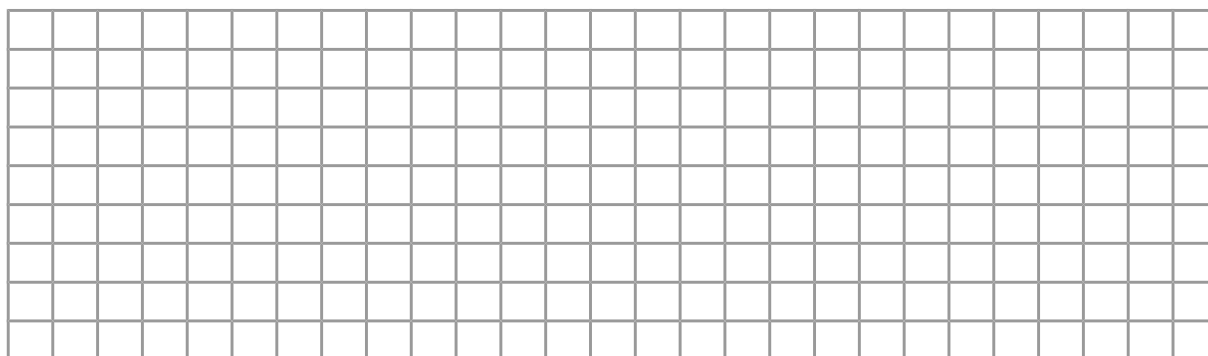
С помощью осциллографа снять зависимость напряжения на электрической изгороди от времени при сопротивлении нагрузки  $R1=1,5$  кОм. Так как напряжение на изгороди превышает значение безопасное для входа осциллографа, необходимо использовать делитель напряжения



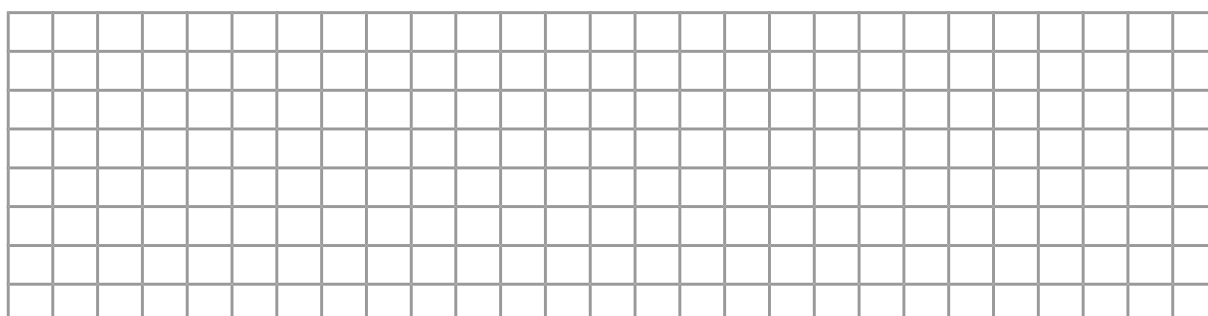
1000:1 (R2 и R3) встроенный в лабораторный стенд.



Определить количество электричества в импульсе, помня, что электрический ток – это заряд проходящий через поперечное сечение проводника за единицу времени.



Составьте примерную смету затрат на установку электрической изгороди для огораживания территории 2 га, которая будет использоваться для выпаса телят.



### Вопросы для самопроверки

1. Каковы параметры импульса проходящего через тело животного? Почему животное не убивает, в то время, как мгновенный ток проходящий

через тело животного превышает смертельный во много раз?

2. Что такое фибрилляция сердца и почему она не наступает при прохождении тока от электрической изгороди?

3. Чем отличается фибрилляция от аритмии и остановки сердца?

4. Поясните работу схемы изображенной на рисунке 4. Из каких основных блоков состоит принципиальная схема генератора импульсов, назовите их принцип работы и назначение.

5. Для чего используется конденсатор СЗ?

6. Поясните принцип работы и вольт-амперные характеристики: стабилитрона, диода, тиристора, биполярного транзистора, тиратрона.

7. Почему трансформаторы напрямую не используются в цепях постоянного тока?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОННОГО БАРАБАННОГО И КОРОННОГО ТРАНСПОРТЁРНОГО СЕПАРАТОРА

*Цель работы:*

Изучить принцип разделения семенной смеси в электрическом поле коронного разряда, устройство и конструкцию коронного барабанного и транспортерного электросепараторов

*Программа выполнения работы:*

Изучить конструкцию коронного барабанного сепаратора.

Изучить конструкцию коронного транспортерного сепаратора.

Зарисовать конструктивную схему электросепаратора с изображением сил, действующих на семенную частицу находящуюся на барабане в различных его участках и записать условие отрыва частицы от барабана.

Изучить правила техники безопасности при работе с электросепаратором и опробовать его работу.

### *Основные теоретические сведения*

Устройства, предназначенные для разделения сыпучих смесей в электрических полях, называются **электрическими сепараторами**. Их квалифицируют по виду электрического поля – электростатические, коронные, с переменным полем и комбинированные; по конструкции – камерные, барабанные, транспортные, решетчатые (типа «Горка и др.).

Современные зерноочистительные и сортировальные машины разделяют семена по механическим признакам – размерам, форме, плотности, парусности и др., но не могут разделить семена близкие по внешним признакам. Электрзерновые машины производят разделения семян по электрическим свойствам – электрической проводимости, диэлектрической проницаемости, заряду частиц и др.

Совокупность свойств, по которым разделяются семена, называют **признаком делимости**.

Важным элементом коронного барабанного сепаратора является зона коронного разряда. Коронным разрядом называют вид электрического

разряда в газе (воздухе), возникающий в резко неоднородном поле, когда радиус кривизны одного или обоих электродов намного меньше межэлектродного расстояния.

Коронный барабанный сепаратор работает следующим образом: семена из загрузочного бункера поступают на поверхность вращающегося токопроводящего барабана и оказываются в поле коронного разряда, где происходит их комбинированная зарядка (ионная зарядка + заряд от барабана). Так как проводимость семян кондиционной влажности невелика, то семена получают заряд такого же знака, что и потенциал коронирующего электрода. После зарядки на семена начинают действовать электрические силы взаимодействия их с барабаном и при вращении барабана частицы, обладающие различными электрическими свойствами, попадают в разные приёмные отделения.

Коронный барабанный сепаратор может быть использован для окончательно очистки семян зерновых, овощных культур, трав; удаления головневых примесей; обеспыливания семян; сортирования путём отделения травмированных, морозобойных проросших семян и семян с пониженной массой.

В коронном транспортерном сепараторе процесс разделения во многом аналогичен процессу в барабанном сепараторе. Разница заключается лишь в том, что зоны зарядки и разрядки частиц значительно удлинены.

В зоне зарядки частицы уравнивают свою скорость со скоростью транспортерной ленты и получают предельный заряд. Вследствие этого значительно уменьшается сбивание одних частиц другими в цилиндрической части некоронирующего электрода и улучшается качество разделения по сравнению с коронным барабанным сепаратором.

Расширение зоны зарядки позволяет более чётко проводить разделение семян по электрическим свойствам.

Транспортерный сепаратор можно использовать для очистки и сортирования семян зерновых и технических культур, а также семян трав. Он хорошо показал себя на сепарации крупы, отделении обрушенного проса. Но наилучшие результаты получены при очистке семян овощных культур, в частности лука-батона.

Для очистки семян рекомендуется применять транспортерную ленту







## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОСЕПАРАТОРА С БИФИЛЯРНОЙ ОБМОТКОЙ**

*Цель работы:*

Изучить принцип разделения семенной смеси в электрическом поле высокой напряженности, устройство и конструкцию диэлектрического электросепаратора с бифилярной обмоткой.

*Программа выполнения работы:*

Изучить физические основы процесса электросепарации семян в электростатическом поле высокой напряженности, устройство электросепаратора и его схему управления.

Зарисовать конструктивную схему электросепаратора с изображением сил, действующих на семенную частицу находящуюся на барабане и записать условие отрыва частицы от барабана.

Изучить правила техники безопасности при работе с электросепаратором и опробовать его работу.

#### *Основные теоретические сведения*

Для сепарации семян используют как поля коронного разряда, так и электростатические. Диэлектрический электросепаратор с бифилярной обмоткой – наиболее простая конструкция для процесса электросепарации.

Диэлектрический сепаратор имеет ряд преимуществ перед другими сепараторами. Он может работать при очень высоких относительных влажностях воздуха, на нем можно сепарировать как очень мелкие семена, число которых в 1 грамме составляет 900...2000 (салат, сельдерей и др.), так и очень крупные, которых в 1 грамме буквально единицы (кукуруза, фасоль, горох и др.). На сепараторе можно разделять семена разной формы, при этом электрическое поле одновременно оказывает стимулирующее воздействие на рост и развитие растений. Сепаратор может разделять семена с очень высокой влажностью (30...40 %). Сепаратору не нужны специальные выпрямительные устройства, так как он хорошо работает на переменном токе промышленной частоты.

Электросепаратор включает в себя загрузочный бункер,



диэлектрический барабан с обмоткой и приемный бункер. На поверхности барабана уложена бифилярная обмотка, которая наматывается одновременно в два изолированных провода. В качестве изолированных проводов используется провод АПВ-2,5. Переменное напряжение 2...5 кВ промышленной частоты 50 Гц подается на два входных конца обмотки, а два других конца на выходе обмотки остаются разомкнутыми. В такой обмотке соседние провода представляют собой разноименно заряженные и изолированные друг от друга электроды, которые создают неоднородное электрическое поле, действующее на семена с результирующей силой направленной к барабану. Результирующая сила возникает за счет поляризации зерна.

Рядом с барабаном, на специальной подставке установлен газосветный трансформатор ТГ-1020, предназначенный для подачи на электроды высокого напряжения. Напряжение на газосветный трансформатор подается от сети через коллектор, установленный на валу барабана, и регулируется с помощью лабораторного автотрансформатора ЛАТР –2М. Для очистки барабана от семян установлена вращающаяся в противоположном направлении щетка, длина которой превышает длину рабочего органа (барабан с бифилярной обмоткой).

Привод рабочего органа и щетки выполнен так, что щетка вращается с большей скоростью, чем барабан, что облегчает его очистку от семян.

Электропривод рабочего органа и щетки включает в себя мотор-редуктор и две ременные передачи с натяжными роликами.

Мотор-редуктор состоит из двигателя постоянного тока и четырехступенчатого редуктора с цилиндрическими шестернями. Для плавного изменения частоты вращения рабочего органа предусмотрен автотрансформатор.

Принципиальная электрическая схема сепаратора представлена на рисунке 6. Питание осуществляется от однофазной сети 220 В. Напряжение на электроды подается от автотрансформатора TV2, коллектор ХА, установленный на валу рабочего органа, и повышающий трансформатор TV3. Металлический корпус сепаратора заземляется и защищает от возможного поражения током. Подача семян регулируется с помощью заслонки положение которой может фиксироваться.

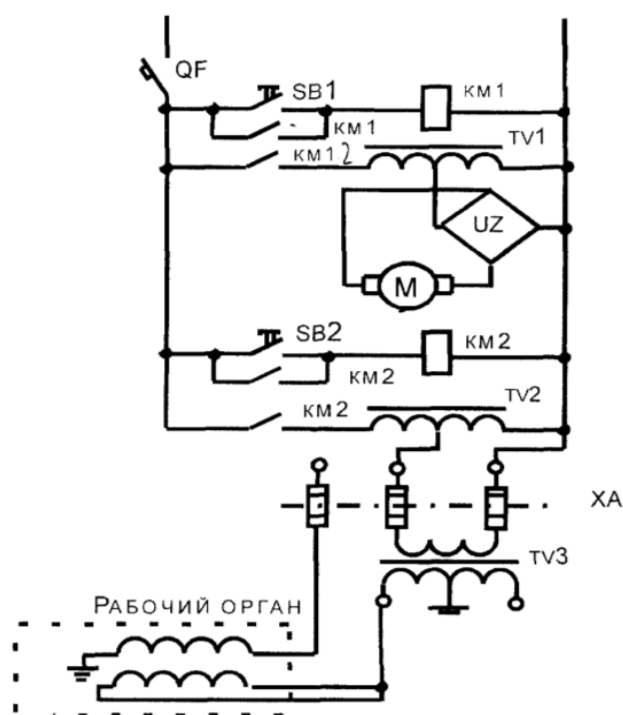


Рисунок 6 – Принципиальная электрическая схема сепаратора

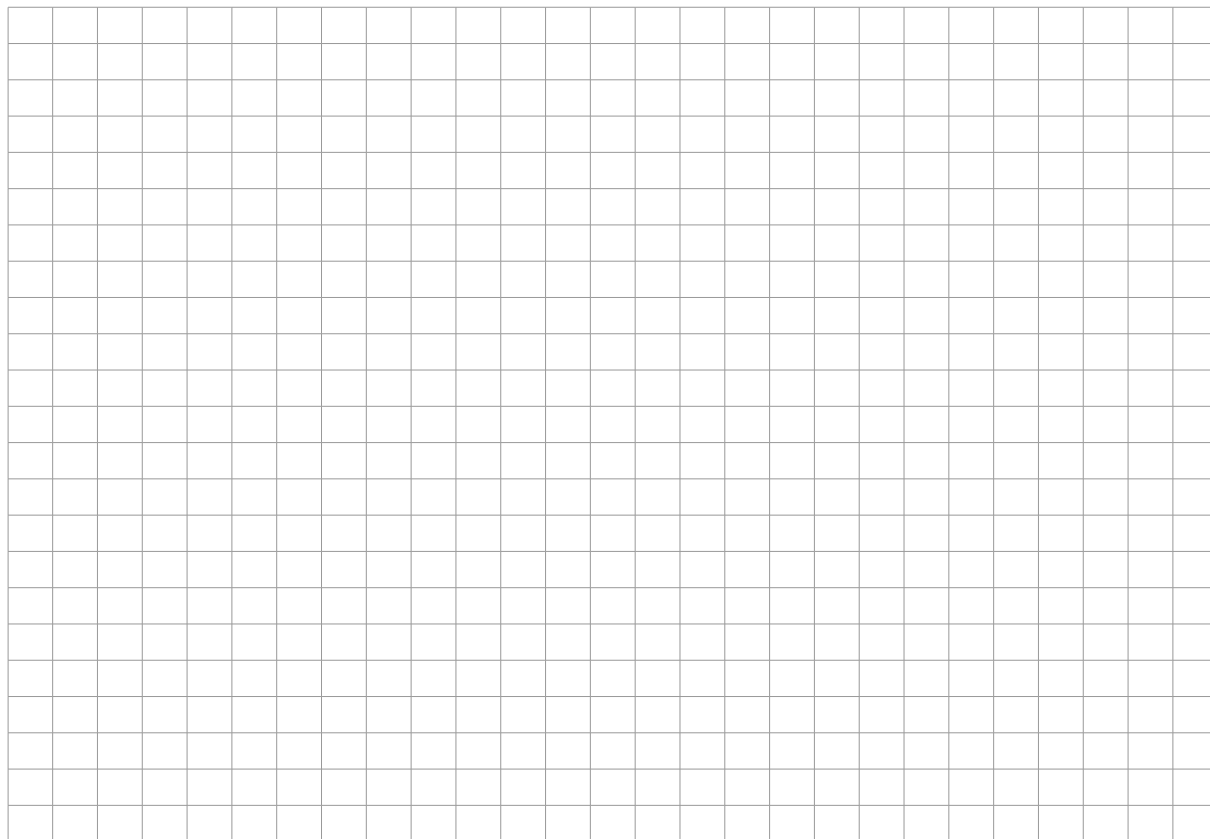


Внимание! Электросепаратор – высоковольтная электротехнологическая установка, поэтому, работая на ней, нужно соблюдать правила техники безопасности.

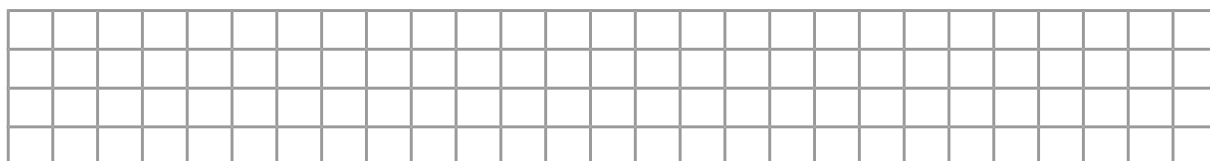
1. Перед началом работы необходимо пройти дополнительный инструктаж.
2. Нетоковедущие металлические части установки надежно заземляют.
3. При подаче на электроды высокого напряжения подходить к токоведущим частям установки ближе 0,4 м нельзя.
4. Все работы при включенном высоком напряжении выполняют только с разрешения преподавателя, под его наблюдением, руководствуясь правилами техники безопасности.

### Содержание отчета

Изобразите разрез сепаратора поперёк барабана, нарисуйте силы действующие на разделяемые частицы (на примере одной частицы) и поясните где приёмный бункер для крупных, а где для мелких семян.



Напишите условие отрыва частицы от барабана



Изобразите на рисунке 7 линии напряженности электрического поля и объясните природу возникновения силы, которая притягивает частицу к барабану



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.