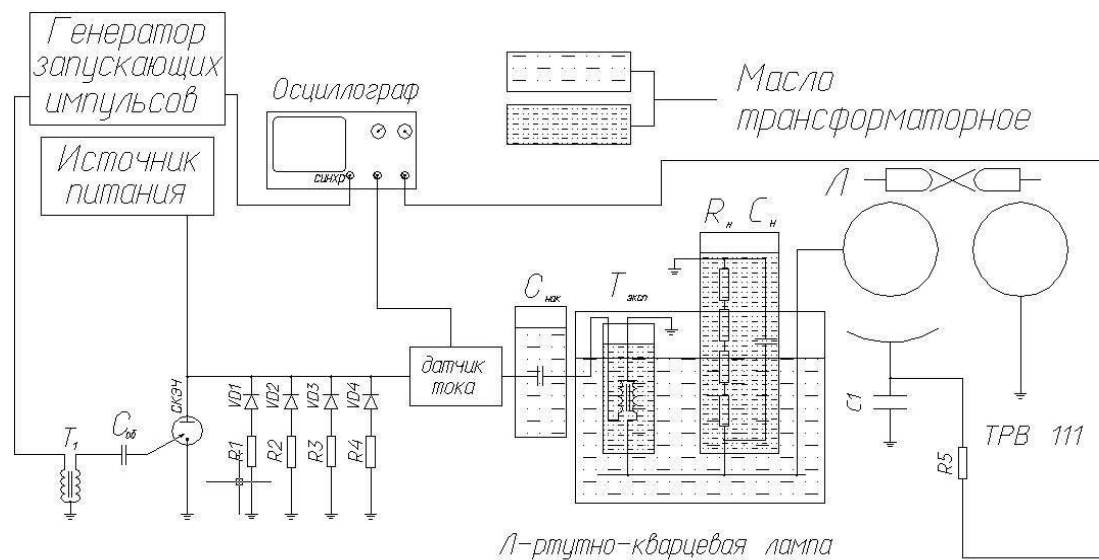
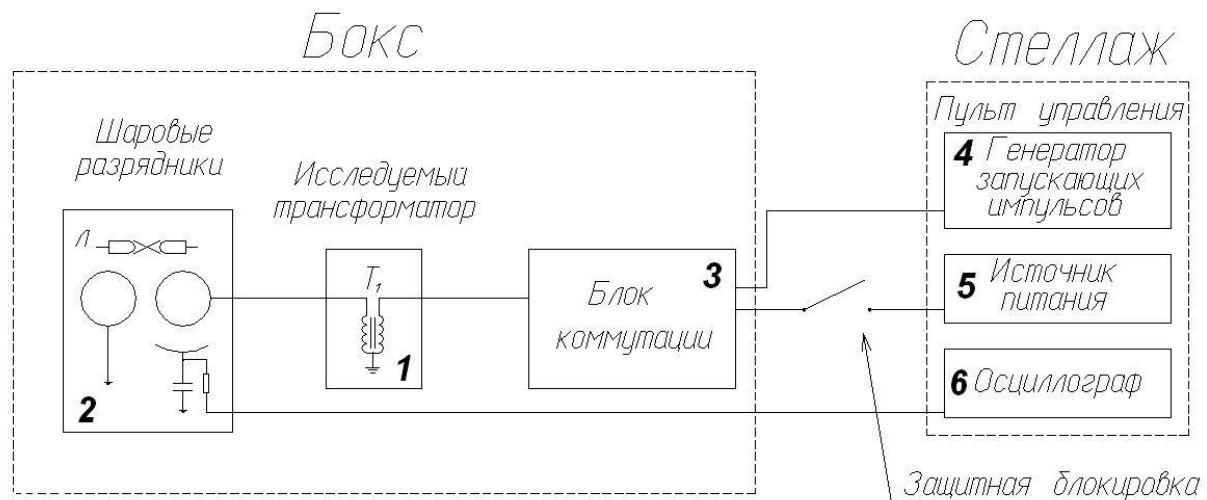


**Стенд для исследования параметров высоковольтных  
трансформаторов схемы питания вакуумной нейтронной трубки**

# Блок – схема испытательной установки.



Экспериментальный стенд предназначен для исследований режимов работы, испытаний и измерений характеристик высоковольтных импульсных трансформаторов, которые составляют основу цепей питания вакуумных нейтронных трубок, разрабатываемых и серийно выпускаемых во ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова.

Состав установки :

- шаровые измерительные разрядники,
- блок коммутации;
- пульт управления.

рис 3. Схема электрическая принципиальная лабораторной установки для исследования высоковольтных импульсных трансформаторов

# 1. Разработка трансформаторных схем импульсного питания вакуумных нейтронных трубок

## Студенты изучают:

- принципы работы импульсных схем формирования импульсов высокого напряжения,
- теорию сильноточных импульсных коммутаторов,
- методики расчета импульсных трансформаторов,
- характеристики современных магнитных материалов,

**осваивают** прикладные пакеты программ схемотехнического моделирования,

**выполняют** моделирование, макетирование и исследования характеристик схем питания вакуумных нейтронных трубок.

Студенты получают дополнительную теоретическую подготовку в области электроники, импульсной техники, приобретают практические навыки работы с высоковольтным, лабораторным и контрольно-измерительным оборудованием, участвуют в подготовке и проведении экспериментальных исследований.

## Задача ВКР (бакалавриат / магистратура)

### Исходная задача:

**Изучение теории импульсных трансформаторов и создание эквивалентной схемы, расчет основных параметров трансформатора (коэффициент трансформации, индуктивность рассеяния (по Кочеткову, Волгину), собственная емкость), определение индуктивности намагничивания.**

Работа посвящена основным элементам импульсного нейтронного генератора (ИНГ), напрямую влияющим на величину нейтронного потока – высоковольтным импульсным трансформаторам. Поэтому при разработке ИНГ им уделяется основное внимание. Трансформаторы выполняются на ферритовых либо железных магнитопроводах, которые могут быть замкнутыми либо разомкнутыми. Конфигурация и материал магнитопровода определяются конструкцией генератора и условиями его эксплуатации.

Студентам предстоит создать и рассчитать эквивалентную схему цилиндрического трансформатора. Также, зная параметры первичной и вторичной обмоток трансформатора, научится рассчитывать коэффициент трансформации. Зная геометрические параметры необходимо будет рассчитать основные электрические параметры – индуктивность рассеяния двумя разными способами, собственную емкость, индуктивность намагничивания.

Студенту предстоит провести сравнительный анализ данных параметров, рассчитанных для трансформаторов с различными обмоточными данными и определить как влияют обмоточные данные на основные параметры высоковольтных трансформаторов

## **2. Изучение физических принципов работы установки по исследованию параметров высоковольтных трансформаторов (работа блока коммутации, принцип работы разрядника), методики работы с шаровыми разрядниками, техники безопасности.**

Работа посвящена **изучению физических принципов установки по исследованию параметров высоковольтных трансформаторов.**

В рамках этой работы студентам предстоит **изучить принципы работы основных элементов и узлов входящих в данный стенд**, таких как назначение блока коммутации, его принцип работы и электрическая схема, принцип работы разрядника.

В работе для определения нагрузочных характеристик высоковольтного трансформатора применяется метод измерения импульсного напряжения, основанный на свойстве газового разряда – в атмосферном воздухе промежуток между двумя электродами теряет свои изоляционные свойства в определённых условиях при хорошо воспроизводимом значении разрядного напряжения. При изучении данного метода студентам предстоит определить преимущества и недостатки.

При работе с высокими импульсными напряжениями немаловажным фактом является **изучение техники безопасности.** Студент может быть допущен к работе с установкой, только после изучения техники безопасности.

**Задача для практики или выполнения ЛР**

**3. Подготовка к работе управляющей части испытательной установки (настройка источника питания, генератора импульсов, осциллографа), шаровых разрядников, установка и подключение шаровых испытываемого трансформатора, нагрузки, накопительного конденсатора. Проведение градуировки испытательной установки, определение коэффициента деления высоковольтного емкостного делителя.**

Первая часть работы направлена на **получение навыков по работе с такими лабораторными приборами**, как источник питания, осциллограф, генератор импульсов. В данном разделе студентам предстоит научиться настраивать генератор импульсов с заданными параметрами при помощи осциллографа, изучить функции высоковольтного источника питания. Имея блок схему испытательного стенда, студентам предстоит собрать, подключить и настроить испытательный стенд.

Во время второй части работы студентам предстоит **изучить методику работы по градуировке испытательного стенда**. С целью увеличения точности результатов измерения необходимо определить поправку относительную плотность воздуха. Данную работу необходимо будет проводить каждый раз перед тем, как студент начнет снимать нагрузочные характеристики. Градуировка стенда позволит студенту автоматизировать и упростить свою работу по снятию нагрузочных характеристик.

**Задача для практики или выполнения ЛР**

#### 4. Снятие нагрузочных характеристик при различных нагрузках (С, R, RC) для нескольких видов трансформаторов. По полученным нагрузочным характеристикам построить графики зависимости КПД трансформаторов от нагрузки и провести анализ полученных результатов и дать рекомендации по увеличению КПД трансформаторов.

Работа посвящена **снятию нагрузочных характеристик импульсных высоковольтных трансформаторов** на установке позволяющей **регистрировать форму и определять амплитуду и временные параметры импульса ускоряющего напряжения** при различных значениях  $U_{зар}$  и  $C_{нак}$  и **имитировать все возможные в ИНГ нагрузки** на трансформаторы – как по отдельности (чтобы определить степень их влияния на параметры трансформатора), так и суммарное воздействие всех нагрузок.

После освоения установки и снятия нагрузочных характеристик трансформаторов с различными обмоточными данными первичной и вторичной обмоток, студентам предстоит **освоить методику расчета КПД трансформаторов** и научиться обрабатывать экспериментальные данные.

По полученным теоретическим и экспериментальным результатам студентам предстоит в выводах лабораторной работы дать свои рекомендации по увеличению КПД трансформаторов, которые в дальнейшем могут быть учтены при разработке импульсных нейтронных генераторов.

**Задача для практики или выполнения ЛР**

## 5. Разработка системы импульсного электропитания экспериментального стенда для исследований характеристик импульсных трансформаторов

### Студенты изучают:

- принципы работы схем формирования импульсов высокого напряжения,
- методики расчета импульсных трансформаторов,
- характеристики современных магнитных материалов, используемых в сердечниках трансформаторах,

**осваивают** прикладные пакеты программ схемотехнического моделирования, выполняют моделирование работы практических схем формирования импульсов, **проводят** макетирование и исследования режимов работы импульсных схем.

Студенты получают дополнительную теоретическую подготовку в области электроники, генераторов высоковольтных импульсов, приобретают практические навыки работы с высоковольтным, лабораторным и контрольно-измерительным оборудованием, участвуют в подготовке и проведении экспериментальных исследований.

### Задача ВКР (бакалавриат / магистратура)

#### Исходная задача:

#### Моделирование схем импульсного электропитания стенда для исследований импульсных трансформаторов.

Работа посвящена изучению основных принципов работы трансформаторных схем, применяемых для формирования импульсов высокого напряжения в микросекундном диапазоне длительностей, особенностей применения в высоковольтной сильноточной импульсной аппаратуре датчиков тока и напряжения различных типов.

Студентам предстоит освоить прикладные пакеты программ схемотехнического моделирования электрических схем и получить практические навыки их применения в процессе разработки импульсных блоков питания для установок различного назначения.

По результатам измерений параметров элементов экспериментального стенда студентам необходимо разработать расчетные схемы блока поджига, применяемого для запуска управляемых вакуумных разрядников, провести моделирование работы импульсных датчиков тока, а также резистивных, емкостных и компенсированных делителей напряжения. Студенту необходимо провести моделирование переходных процессов в схеме с реально исследуемыми импульсными трансформаторами при использовании различных емкостно-резистивных нагрузок.