

Белорусский государственный университет



Февраль 2020 г.
Регистрационный № УД-7410/уч.

ПРИНЦИПЫ И УСТРОЙСТВА СОЗДАНИЯ ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 20 Прикладная физика
Профилизация: Сильноточная электроника

2020 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебных планов №G31и-121/уч., G31а-122/уч. от 30.12.2019

СОСТАВИТЕЛИ:

Л.И. Буров, доцент кафедры общей физики, канд. физ.-мат. наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.С. Лобко, зам директора НИИ Ядерных проблем, доктор. физ-мат. наук, доцент

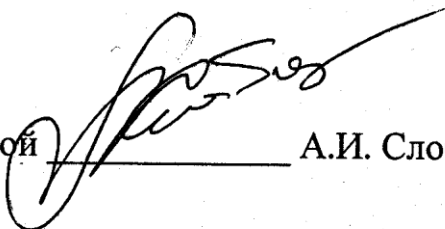
А.И. Тимощенко, зав кафедрой ядерной физики, канд. физ-мат. наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей физики
(протокол № 6 от 30.12.2019 г.);

Учебно-методическим советом БГУ
(протокол № 3 от 03.01.2020 г.)

Заведующий кафедрой



А.И. Слободянюк

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Принципы и устройства создания высоких напряжений" разработана для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика, профилизация: «Сильноточная электроника». Дисциплина преподается иностранным студентам.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины — формирование у студентов целостных представлений о физических процессах при переносе электрического заряда в различных средах и методов получения высоких напряжений.

Задачи учебной дисциплины:

1. Расширить знания обучающихся в области физики электрического разряда и методов получения высоких напряжений.
2. Выработать у обучающихся умения самостоятельно приобретать и применять приобретенные знания для последующей работы в сфере сильноточной электротехники и менеджмента систем получения импульсов высоких энергий.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина представляет собой изложение базовых знаний и представлений в быстро развивающейся новой отрасли - импульсной энергетике и электронике большой мощности. Импульсная энергетика не является альтернативой обычной энергетике, однако требует разработки новых элементов, которые имеют аналоги в обычной энергетике, но основаны на несколько иных принципах и схемах. Основное отличие состоит в том, что импульсная энергетика работает в наносекундном диапазоне длительностей. Для получения таких коротких времен используются такие процессы как электрические разряды в различных средах, электрический взрыв проводников, неустойчивости в плазме, быстро протекающие переходные процессы и др. Описанию возможности использования таких процессов для получения мощных импульсов и посвящен данный курс.

Первая часть включает краткий обзор основных понятий, определений и соотношений, вводимых в базовых физических курсах и связанных с переносом электрического заряда в различных системах, которые необходимы для адекватного понимания физических процессов, определяющих получение и использование высоких напряжений. Эта часть включает также основные положения теории спектрального разложения функций, которые необходимы для дальнейшей работы с аналоговыми и цифровыми сигналами.

Вторая часть посвящена изучению процессов электрического разряда в различных средах как в стационарном, так и импульсном режимах. Рассматриваются разнообразные физические механизмы формирования разряда как в однородных, так и неоднородных средах, а также на границах

двух сред. Обращается внимание на особенности плазменного состояния газов и основные характеристики процессов, происходящих в такой системе. Обращается внимание на определение электрической прочности материала и условий, влияющий на ее величину, поскольку именно эта величина определяет условия безопасной работы с высокими напряжениями.

Третья часть посвящена условиям формирования и методам получения высоких напряжений. Обращается внимание как на формирование импульсов высокого напряжения как в системах с сосредоточенными параметрами, так и в длинных коаксиальных линиях. В последнем случае обращается внимание на специфику изоляции таких линий. Далее рассматриваются искровые коммутаторы как с газовым наполнителем различного давления, так и разрядники с пробоем жидкого и твердого диэлектриков. Далее детально рассматриваются генераторы импульсов с плазменными коммутаторами различных типов, включая генераторы Маркса, генераторы с трансформаторами Тесла, импульсные генераторы с взрывом проводника и генераторы с плазменными прерывателями тока. Последняя часть курса посвящена изучению генераторов с твердотельной коммутацией, включающая полупроводниковые коммутаторы (тиристоры, SOS - диоды и др.), коммутаторы с магнитными и нелинейными элементами.

Учебная дисциплина относится к модулю «Физика высоких напряжений» (компонента учреждения высшего образования).

Связи с другими учебными дисциплинами (включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации): дисциплина основывается на знаниях и представлениях, заложенных во время изучения таких базовых дисциплин как «Электричество и магнетизм», «Основы электротехники», «Атомная физика», «Электродинамика». В тоже время данная дисциплина является необходимой для изучения специальных дисциплин "Основы сильноточных импульсных технологий". "Генерация излучения электронными пучками", "СВЧ измерения во временной и частотной области"

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Принципы и устройства создания высоких напряжений» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции**:

– СК-1. Быть способным анализировать и использовать в своей профессиональной деятельности современные методы устройств создания высоких напряжений, проводить аналитические и численные расчеты их параметров.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные определения и функциональные соотношения для процессов переноса заряда в различных средах,
- основные принципы реализации электрического разряда в различных средах;

- основные методы получения импульсов высокого напряжения;
- основные схемы реализации коммутаторов высокого напряжения,
- физические принципы функционирования основных схем получения импульсов высокого напряжения;

уметь:

- анализировать основные электрофизические эффекты, наблюдаемые в процессе электрического разряда в различных средах;
- определять выбор конкретных схем получения высокого напряжения применительно к практическим задачам;

владеть:

- базовыми принципами расчета параметров конкретных схем получения высокого напряжения.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Принципы и устройства создания высоких напряжений» отведено:

– для очной формы получения высшего образования — 216 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них: лекции — 44 часов, практические занятия — 38 часов, управляемая самостоятельная работа — 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Physical background

- 1.1. **Electrical current.** Main definitions. Continuity equation. Direct current (DC) laws. Electromotive force (EMF). DC electric field.
- 1.2. **DC current circuits.** Kirchhoff laws. Main theorems of electrical engineering. Methods of current calculation. Distributed currents. Stationary approximation.
- 1.3. **Electromagnetic field.** Maxwell's equations. Wave equation and its solutions. Wave's parameters. Plane wave. Spectrum. Pointing vector, intensity. Energy transfer. Elementary sources of electromagnetic waves. Spherical waves. Standing waves.
- 1.4. **Circuits with a harmonic EMF.** Free, damped and stimulated oscillations in oscillatory circuit. Transient processes. Phase difference between current and voltage. Ohmic resistance and reactance. Phase diagrams. Complex resistance.
- 1.5. **Spectral representations.** Fourier transformation. Representation in time and frequency domain. Duhamel's integer. Laplace transformation. Kotelnikov's theorem and digital transformation.

2. Principles of a pulse generation

- 2.1. **Lumped parameter pulse systems.** Principal schemes for pulse generation. Voltage multiplication and transformation
- 2.2. **Pulse generation using long lines.** Generation of nanosecond pulses. Voltage multiplication in line-based generators. Pulse systems with segmented and nonuniform lines.

3. Physics of pulsed electrical discharges

- 3.1. **The vacuum discharge.** General considerations. Vacuum breakdown. The ecton and its nature. The vacuum spark. The surface discharge in vacuum.
- 3.2. **The pulsed discharge in gas.** Elementary processes in gas-discharge plasmas. Types of discharge. The spark current and the gap voltage drop. The discharge in gas with direct injection of electrons. Recovery of the electric strength of a spark gap.
- 3.3. **Electrical discharges in liquids.** Background. The pulsed electric strength of liquid dielectrics. The electrical discharge in water. The role of the electrode surface. The role of the state of the liquid

4. Properties of coaxial lines

- 4.1. **Solid-insulated coaxial lines.** Principal characteristics. Pulse distortion. Nonuniformities. Pulsed electric strength of solid insulators.

- 4.2. **Liquid-insulated lines.** General considerations. Types of liquid-insulated line. Physical properties of liquid-insulated lines. Flashover of base insulators
- 4.3. **Vacuum lines with magnetic self-insulation.** Physics of magnetic insulation. The quasistationary mode. The wave mode. Plasmas and ions in a line.

5. Spark gap switches

- 5.1. **High-pressure gas gaps.** Characteristics of switches. Two-electrode spark gaps. Three-electrode spark gaps. Trigratrons. Spark gaps triggered by external radiation. Sequence multielectrode spark gap switches.
- 5.2. **Low-pressure spark gaps.** Vacuum spark gaps. Pulsed hydrogen thyratrons. Pseudospark gaps.
- 5.3. **Solid-state and liquid spark gaps.** Spark gaps with breakdown in solid dielectric. Spark gaps with breakdown over the surface of solid dielectric. Liquid switches.

6. Generators with plasma closing switches

- 6.1. **Generators with gas-discharge switches.** Design principles of the generators. Generators with an energy storage line. Spark peakers.
- 6.2. **Marx generators.** Nanosecond Marx generators. Charging of a capacitive energy store from a Marx generator. Types of microsecond Marx generator. Multisection Marx generators. High-power nanosecond pulse devices with Marx generators.
- 6.3. **Pulse transformers.** Generators with Tesla transformers. Autotransformers. Line pulse transformers. Transformers using long lines.

7. Generators with plasma opening switches

- 7.1. **Pulse generators with electrically exploded conductors.** Choice of conductors for current interruption. The MHD method in designing circuits with EEC switches. The similarity method in studying generators with EEC switches. Description of pulse devices with EEC switches.
- 7.2. **Pulse generators with plasma opening switches.** Generators with nanosecond plasma opening switches. Generators with microsecond POS's. Nanosecond megajoule pulse generators with MPOS's. Other types of generator with MPOS's.
- 7.3. **Electron-triggered gas-discharge switches.** Triggering of an injection thyatron. The current cutoff mode.

8. Pulse power generators with solid-state switches

- 8.1. **Semiconductor closing switches.** Microsecond thyristors. Nanosecond thyristors. Picosecond thyristors. Laser-activated thyristors.

- 8.2. **Semiconductor opening switches.** General considerations. Operation of SOS diodes. SOS-diode-based nanosecond pulse devices.
- 8.3. **Pulse power generators in circuits with magnetic elements.** Properties of magnetic elements in pulsed fields. Generation of nanosecond high-power pulses. Magnetic generators using SOS diodes.
- 8.4. **Long lines with nonlinear parameters.** Formation of electromagnetic shock waves due to induction drag. The dissipative mechanism of the formation of electromagnetic shock waves. Designs of lines with electromagnetic shockwaves. Generation of nanosecond high-power pulses with the use of electromagnetic shock waves.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР (ДО)	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Аудиторный контроль УСР		
1	2	3	4	5	6	7		9
1	Physical background of charge transfer in different medium	10	20			4		
1.1.	<u>Electrical current</u> . Main definitions. Continuity equation. Direct current (DC) laws. Electromotive force (EMF). DC electric field.	2	2			2		блиц-опрос тест
1.2.	<u>DC current circuits</u> . Kirchhoff laws. Main theorems of electrical engineering. Methods of current calculation. Distributed currents. Stationary approximation	1	4					решение задач
1.3.	<u>Electromagnetic field</u> . Maxwell's equations. Wave equation and its solutions. Wave's parameters. Plane wave. Spectrum. Pointing vector, intensity. Energy transfer. Elementary sources of electromagnetic waves. Spherical waves. Standing waves	1	2					решение задач
1.4.	<u>Circuits with a harmonic EMF</u> . Free, damped and stimulated oscillations in oscillatory circuit. Transient processes. Phase difference between current and voltage. Ohmic resistance and reactance. Phase diagrams. Complex resistance.	2	6					решение задач
1.5.	<u>Spectral representations</u> . Fourier transformation. Representation in time and frequency domain. Duhamel's integer. Laplace transformation. Kotelnikov's theorem and digital transformation.	2	6			2		решение задач, тест
2	Principles of a pulse generation	4	2					
2.1	<u>Lumped parameter pulse systems</u> . Principal schemes for pulse generation. Voltage multiplication and transformation	2						
2.2	<u>Pulse generation using long lines</u> . Generation of nanosecond pulses. Voltage multiplication in line-based generators. Pulse systems with segmented and nonuniform lines	2	2					блиц-опрос, решение задач
3	Physics of pulsed electrical discharges	6	4			2		тест
3.1	<u>The vacuum discharge</u> . General considerations. Vacuum breakdown. The ecton and its	2						

	nature. The vacuum spark. The surface discharge in vacuum.							
3.2	<u>The pulsed discharge in gas</u> . Elementary processes in gas-discharge plasmas. Types of discharge. The spark current and the gap voltage drop. The discharge in gas with direct injection of electrons. Recovery of the electric strength of a spark gap.	2	2					решение задач
3.3	<u>Electrical discharges in liquids</u> . Background. The pulsed electric strength of liquid dielectrics. The electrical discharge in water. The role of the electrode surface. The role of the state of the liquid	2	2			2		решение задач, тест
4	Properties of coaxial lines	4	4					
4.1	<u>Solid-insulated coaxial lines</u> . Principal characteristics. Pulse distortion. Nonuniformities. Pulsed electric strength of solid insulators	2	2					решение задач
4.2	<u>Liquid-insulated lines</u> . General considerations. Types of liquid-insulated line. Physical properties of liquid-insulated lines. Flashover of base insulators	1	1					решение задач
4.3	<u>Vacuum lines with magnetic self-insulation</u> . Physics of magnetic insulation. The quasistationary mode. The wave mode. Plasmas and ions in a line.	1	1					решение задач
5	Spark gap switches	4	2					
5.1	<u>High-pressure gas gaps</u> . Characteristics of switches. Two-electrode spark gaps. Three-electrode spark gaps. Trigratrons. Spark gaps triggered by external radiation. Sequence multielectrode spark gap switches	1						
5.2	<u>Low-pressure spark gaps</u> . Vacuum spark gaps. Pulsed hydrogen thyratrons. Pseudospark gaps.	1						
5.3	<u>Solid-state and liquid spark gaps</u> . Spark gaps with breakdown in solid dielectric. Spark gaps with breakdown over the surface of solid dielectric. Liquid switches.	2	2					блиц-опрос
6	Generators with plasma closing switches	6	2			2		
6.1	Generators with gas-discharge switches. Design principles of the generators. Generators with an energy storage line. Spark peakers.	2						
6.2	Marx generators. Nanosecond Marx generators. Charging of a capacitive energy store from a Marx generator. Types of microsecond Marx generator. Multisection Marx generators. High-power nanosecond pulse devices with Marx generators.	2						
6.3	<u>Pulse transformers</u> . Generators with Tesla transformers. Autotransformers. Line pulse transformers. Transformers using long lines.	2	2			2		решение задач, тест
7	Generators with plasma opening switches	4	2					
7.1	<u>Pulse generators with electrically exploded conductors</u> . Choice of conductors for current interruption. The MHD method in designing circuits with EEC switches. The similarity method in studying generators with EEC switches. Description of pulse devices with EEC switches.	2						

7.2.	<u>Pulse generators with plasma opening switches</u> . Generators with nanosecond plasma opening switches. Generators with microsecond POS's. Nanosecond megajoule pulse generators with MPOS's. Other types of generator with MPOS's.	1						
7.3	<u>Electron-triggered gas-discharge switches</u> . Triggering of an injection thyatron. The current cutoff mode.	1	2					защита реферативных работ
8	Pulse power generators with solid-state switches	6	2					
8.1	<u>Semiconductor closing switches</u> . Microsecond thyristors. Nanosecond thyristors. Picosecond thyristors. Laser-activated thyristors.	2						
8.2	<u>Semiconductor opening switches</u> . General considerations. Operation of SOS diodes. SOS-diode-based nanosecond pulse devices.	2						
8.3	<u>Pulse power generators in circuits with magnetic elements</u> . Properties of magnetic elements in pulsed fields. Generation of nanosecond high-power pulses. Magnetic generators using SOS diodes.	1						
8.4	<u>Long lines with nonlinear parameters</u> . Formation of electromagnetic shock waves due to induction drag. The dissipative mechanism of the formation of electromagnetic shock waves. Designs of lines with electromagnetic shockwaves. Generation of nanosecond high-power pulses with the use of electromagnetic shock waves	1	2					защита реферативных работ

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. G. A. Mesyats. **Pulsed power**. Springer. 2005. 568p
2. J. Lehr, P.Ron, **Foundations of pulsed power technology**. Wiley, 2017, 625p
3. C. K. Alexander, M. N. O. Sadiku. **Fundamentals of electric circuits**, McGraw-Hill Education, 2017, 927p

Перечень дополнительной литературы

1. Г.А.Месяц. Импульсная энергетика и электроника. М., Наука, 2004, 712с
2. И.Е. Иродов. Законы электромагнетизма М.: Высшая школа 2000. 287с.
3. И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. Санкт-Петербург: Лань, 2004. 416с.
4. H.Bluhm. Pulsed power systems. Springer. 2006. 328p
5. I.Batarseh, A.Hard. Power electronics. Springer. 2018. 668p
6. J.W.Nillson, S.A.Riedel. Electric circuits. Pearson. 2015. 781p
7. M.A.Salam, Q.M.Rahman. Fundamentals of electrical circuit analysis. Springer. 2018. 323p

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для оценки результатов учебной деятельности обучающихся рекомендуется использовать следующие средства диагностики:

1. Блиц-опросы.
2. Защита реферативных работ.
3. Решение задач.
4. Письменный тест.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка за ответы на лекционных и практических занятиях (блиц-опрос) может включать в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики и т.д.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций (докладов) с последующей дискуссией. Оценка

рефератов проводится по десятибалльной шкале. При оценивании реферата (доклада) внимание обращается на: содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники информации (предпочтение должно отдаваться статьям в научных журналах) и корректность их использования, точность используемой терминологии и т.д.

Тестирование проводится в письменной форме 4 раза в семестр, причем первый тест, выясняющий уровень подготовки студентов проводится без выставления оценок, содержит 15-20 вопросов, причем ответы могут даваться в свободной форме. Каждый из последующих письменных тестов включает в себя 20-30 тестовых заданий в открытой форме. На выполнение теста отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания, электронные источники информации. Каждое задание оценивается в 1 балл (если ответ верен и точен), 0,5 балла (если в ответе содержатся неточности, но в целом он верен, или же в ответе присутствуют почти завершённые рассуждения, которые при их продолжении могли бы привести к верному ответу), 0 баллов (если ответ не верен или отсутствует). Оценка теста проводится по сумме баллов, набранных за все задания, в соответствии с табл. 1.

Таблица 1 — Критерии оценки теста

Оценка	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Процент от максимально возможной суммы баллов	≥95 %	≥ 90%, но <95%	≥ 85%, но <90%	≥ 78%, но <85%	≥ 70%, но <78%	≥ 60%, но <70%	≥ 50%, но <60%	≥ 30%, но <50%	≥ 15%, но <30%	<15 %

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее арифметическое оценок за каждое из письменных тестирований, оценки за защиту реферата, решение задач. За ответы на лекциях и участие в дискуссии студентам может быть добавлено 1-2 балла сверх полученной расчетом оценки текущей успеваемости.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости — 0,5; для экзаменационной оценки — 0,5.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.1. Электрический ток.

Задание — Рассчитать сопротивление однородного сферического слоя с заданной удельной проводимостью.

Форма отчетности (контроля) — Письменное решение проблемы с анализом предельных случаев.

Тема 1.5. Спектральные представления.

Задание — Определить спектры частотного пропуска классических RC и RL - фильтров.

Форма отчетности (контроля) — Письменный анализ фурье-спектров сигнала для предложенных фильтров с анализом предельных случаев доминанта активных и реактивных составляющих.

Тема 3.3. Электрический разряд в жидкостях.

Задание — Описать зависимость напряжения пробоя смеси газов от влажности системы.

Форма отчетности (контроля) — Письменный анализ качественной зависимости напряжения пробоя для многокомпонентных газов для различных типов газовых смесей.

Тема 6.3. Импульсные трансформаторы.

Задание — Предложить блок схему генератора на основе трансформатора Тесла для получения импульсов с длительностью не менее 100 нс.

Форма отчетности (контроля) — Блок схему генератора на основе трансформатора Тесла для получения импульсов с длительностью не менее 100 нс с расчетом параметров трансформатора Тесла и других элементов, включенных в схему.

Рекомендуемые разделы для составления тестовых заданий

1. Физические основы переноса заряда в различных системах
2. Физика импульсных электрических разрядов
3. Генераторы импульсов с плазменными коммутаторами

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса **используются методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Формой реализации метода может выступать подготовка и защита реферативных работ.

Желательным являясь применение **метода учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Реализацию метода рекомендуется осуществлять во время защиты реферативных работ, организовав дискуссию обучающихся, а также в ходе самих лекций. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления, углубления и расширения полученных теоретических знаний обучающихся;
- формирования умений использовать специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы при изучении дисциплины являются подготовка ответов на тесты, решение качественных задач (вопросов) предложенных в ходе занятия, участие в дискуссии на занятиях и в ходе защит реферативных работ.

Основными видами внеаудиторной самостоятельной работы при изучении дисциплины является подготовка реферативных работ решение ситуационных задач предложенных преподавателем.

Темы реферативных работ студентами выбираются из предложенного преподавателем списка не позднее чем через две недели после начала занятий. Примерный перечень тем рефератов представлен ниже. Студенты имеют право по согласованию с преподавателем сформулировать тему реферативной работы самостоятельно.

В качестве задач могут выступать качественные и расчетные задачи по электрическим цепям, анализу частотных спектров пропускания контуров, оценке выходных параметров генераторов и коммутаторов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией.

Примерная тематика реферативных работ

1. Спектральные аналоговые и цифровые представления
2. Импульсные системы с сосредоточенными параметрами.
3. Генерация импульсов длинными линиями.
4. Физика импульсных электрических разрядов.
5. Электрический разряд в воде.
6. Импульсная электрическая прочность твердой изоляции и коаксиальных линий.
7. Перекрытие опорных изоляторов.
8. Применение линий с магнитной самоизоляцией.
9. Разрядники с запуском от внешнего излучения..
10. Псевдоискровые разрядники.
11. Жидкостные коммутаторы.
12. Искровые обострители.
13. Мощные наносекундные устройства с генераторами Маркса.
14. Генераторы с трансформаторами Тесла.
15. Магнитогидродинамический метод расчета схем с ЭВП.
16. Метод подобия в исследовании генераторов с ЭВП.
17. Мощные наносекундные импульсные генераторы с МППТ.
18. Импульсные тиристоры наносекундного диапазона.
19. Мощные наносекундные импульсные устройства на основе SOS-диодов.
20. Магнитные генераторы с использованием SOS-диодов.
21. Генерирование мощных наносекундных импульсов с использованием УЭВ.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Электрический ток.
2. Цепи постоянного тока.
3. Электромагнитное поле.
4. Электрические цепи с гармоническим ЭДС.
5. Спектральные представления.
6. Импульсные системы с сосредоточенными параметрами.
7. Генерация импульсов длинными линиями.
8. Разряд в вакууме
9. Импульсный разряд в газе.
10. Электрический разряд в жидкости.
11. Коаксиальные линии с твердой изоляцией.
12. Линии с жидким диэлектриком
13. Вакуумные линии с магнитной самоизоляцией.
14. Разрядники с высоким давлением газа.
15. Разрядники низкого давления,
16. Разрядники с пробоем жидкого и твердого диэлектрика.
17. Генераторы с газоразрядными коммутаторами.
18. Генераторы Маркса.

19. Импульсные трансформаторы
20. Импульсные генераторы с электрическим взрывом проводника.
21. Импульсные генераторы с плазменными прерывателями тока.
22. Газоразрядные коммутаторы с электронным управлением.
23. Полупроводниковые импульсные включающие коммутаторы.
24. Полупроводниковые включающие коммутаторы.
25. Генераторы мощных импульсов в схемах с магнитными элементами.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Основы сильноточных импульсных технологий	Кафедра ядерной физики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения №6 от 30.12.2019
2. Генерация излучения электронными пучками	Кафедра ядерной физики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения №6 от 30.12.2019

на / учебный год

19