

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Высоковольтные электротехнологии**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электроимпульсные высоковольтные электротехнологии**

**Москва**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |  |                               |
|--|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец   | Жуликов С.С.                  |
|  | Идентификатор                                      | R80c76a64-Zhulikov55-42c2a72f |

(подпись)

С.С.

Жуликов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец   | Лысов Н.Ю.                 |
|  | Идентификатор                                      | Re94f0ba9-LysovNY-9dc0f249 |

(подпись)

Н.Ю. Лысов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Хренов С.И.                  |
|  | Идентификатор                                      | Rd055d891-KhrenovSI-e14cb00c |

(подпись)

С.И. Хренов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (высоковольтных электротехнологий)

ИД-3 Демонстрирует знания условий и методов использования импульсных сильных электрических и магнитных полей в высоковольтных электротехнологиях

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Электрогидравлические технологии» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 «Технологии на основе электрического взрыва проводников» (Контрольная работа)

3. Контрольная работа №3 «Электроэрозионная обработка материалов» (Контрольная работа)

4. Контрольная работа №4 «Магнитно-импульсная обработка материалов» (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                      | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|
|  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|  | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 10   | 12   |
| Вводный раздел   |                                 |      |      |      |      |
| Вводный раздел   |                                 | +    |      |      |      |
| Электрогидравлические технологии                       |                                 |      |      |      |      |
| Электрогидравлические технологии                       |                                 | +    |      |      |      |
| Технологии на основе электрического взрыва проводников |                                 |      |      |      |      |
| Технологии на основе электрического взрыва проводников |                                 |      | +    |      |      |
| Электроэрозионная обработка материалов                 |                                 |      |      |      |      |
| Электроэрозионная обработка материалов                 |                                 |      |      | +    |      |

|  |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|
| Магнитно-импульсная обработка материалов |    |    |    |    |
| Магнитно-импульсная обработка материалов |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                  | 25 | 25 | 25 | 25 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор  | Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Контрольная точка  |
|--------------------|--|--|--|
| ПК-2               | ИД-3ПК-2 Демонстрирует знания условий и методов использования импульсных сильных электрических и магнитных полей в высоковольтных электротехнологиях | Знать:<br>основные методы расчета параметров высоковольтных установок на основе электроэрозионной обработки материалов физические основы и виды высоковольтных электроимпульсных технологий, их особенности<br>основные методы расчета параметров высоковольтных электрогидравлических установок<br>основные типы высоковольтных установок на основе взрыва проводников и их области применения<br>основные методы расчета параметров высоковольтных установок | Контрольная работа №1 «Электрогидравлические технологии» (Контрольная работа)<br>Контрольная работа №2 «Технологии на основе электрического взрыва проводников» (Контрольная работа)<br>Контрольная работа №3 «Электроэрозионная обработка материалов» (Контрольная работа)<br>Контрольная работа №4 «Магнитно-импульсная обработка материалов» (Контрольная работа) |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | <p>магнитно-импульсной обработки материалов</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных электроимпульсных процессов и аппаратов в электроэнергетике и электротехнике</p> <p>самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных электроимпульсных установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи</p> |  |
|--|--|---|--|

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Контрольная работа №1 «Электрогидравлические технологии»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдается студентам в аудитории либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать на проверку преподавателю (при дистанционном формате обучения ответы высылаются в виде фото-отчета или отсканированного решения почтой ОСЭП)

#### Краткое содержание задания:

Проверка знаний студентов по темам “Вводный раздел” и “Электрогидравлические технологии” в виде контрольной работы, состоящей из двух вопросов на данную тему

#### Контрольные вопросы/задания:

|  |   |
|--|---|
| Знать: основные методы расчета параметров высоковольтных электрогидравлических установок   | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Какой принцип действия электрогидравлических установок?</li><li>2.Какие виды потерь существуют в электрогидравлических установках?</li><li>3.Какие схемы разрядных контуров применяются в электрогидравлических установках?</li></ol> |
| Знать: физические основы и виды высоковольтных электроимпульсных технологий, их особенности  | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Каковы основные параметры электрических импульсов?</li><li>2.Каковы требования к схемам генераторов импульсов и её элементам?</li><li>3.Каковы преимущества емкостных накопителей энергии?</li></ol>                                  |
| Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о существующих и новых направлениях применения высоковольтных электроимпульсных процессов и аппаратов в электроэнергетике и электротехнике | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Расскажите об основных видах накопителей энергии</li><li>2.Расскажите о назначении и видах электроимпульсных высоковольтных технологий</li></ol>  |
| Уметь: самостоятельно разбираться в методиках расчета процессов в высоковольтных электроимпульсных установках и аппаратах и применять их для решения поставленной задачи   | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Опишите роль высоковольтных электроимпульсных электротехнологий в промышленном производстве</li><li>2.Опишите место высоковольтных электроимпульсных электротехнологий среди традиционных технологических процессов</li></ol>         |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если ответы на все вопросы представлены верно и аргументированно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если ответы на вопросы раскрыты неполно или с небольшими замечаниями

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если ответы на вопросы раскрыты неполно и с грубыми ошибками

## **КМ-2. Контрольная работа №2 «Технологии на основе электрического взрыва проводников»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдается студентам в аудитории либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать на проверку преподавателю (при дистанционном формате обучения ответы высылаются в виде фото-отчета или отсканированного решения почтой ОСЭП)

### **Краткое содержание задания:**

Проверка знаний студентов по теме “Технологии на основе электрического взрыва проводников” в виде контрольной работы, состоящей из двух вопросов на данную тему

### **Контрольные вопросы/задания:**

|  |   |
|--|---|
| Знать: основные типы высоковольтных установок на основе взрыва проводников и их области применения | 1.Какой принцип действия электрически взрываемого проводника в электрогидравлической установке?<br>2.Каковы особенности применения электрически взрываемого проводника?<br>3.Какие существуют стадии взрыва проводника? |
|--|---|

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если ответы на все вопросы представлены верно и аргументированно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если ответы на вопросы раскрыты неполно или с небольшими замечаниями

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60



*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если ответы на вопросы раскрыты неполно и с грубыми ошибками

### **КМ-3. Контрольная работа №3 «Электроэрозионная обработка материалов»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдается студентам в аудитории либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать на проверку преподавателю (при дистанционном формате обучения ответы высылаются в виде фото-отчета или отсканированного решения почтой ОСЭП)

**Краткое содержание задания:**

Проверка знаний студентов по теме “Электроэрозионная обработка материалов” в виде контрольной работы, состоящей из двух вопросов на данную тему

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |   |
|---|---|
| Знать: основные методы расчета параметров высоковольтных установок на основе электроэрозионной обработки материалов | 1. Какими технологическими характеристиками обладает электроэрозионная установка?<br>2. Каковы особенности электроэрозионной обработки металлов и её применение?<br>3. Какие основные факторы влияют на процесс эрозии? |
|---|---|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если ответы на все вопросы представлены верно и аргументированно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если ответы на вопросы раскрыты неполно или с небольшими замечаниями

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если ответы на вопросы раскрыты неполно и с грубыми ошибками

### **КМ-4. Контрольная работа №4 «Магнитно-импульсная обработка материалов»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Вариант задания выдается студентам в аудитории либо высылается почтой ОСЭП. За час обучающиеся должны в письменном виде подготовить своё решение и сдать на проверку преподавателю (при дистанционном

формате обучения ответы высылаются в виде фото-отчета или отсканированного решения почтой ОСЭП)

**Краткое содержание задания:**

Проверка знаний студентов по теме “Магнитно-импульсная обработка материалов” в виде контрольной работы, состоящей из двух вопросов на данную тему

**Контрольные вопросы/задания:**

|   |  |
|---|--|
| Знать: основные методы расчета параметров высоковольтных установок магнитно-импульсной обработки материалов | 1.Какой принцип действия установки для магнитно-импульсной обработки металлов?<br>2.Какой принцип действия и основные ограничения воздействий в установках магнитно-импульсной обработки металлов?<br>3.Какие существуют варианты исполнения установок для магнитно-импульсной обработки металлов? |
|---|--|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если ответы на все вопросы представлены верно и аргументированно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если ответы на вопросы раскрыты неполно или с небольшими замечаниями

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если ответы на вопросы раскрыты неполно и с грубыми ошибками

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

#### Билет 1

1. Основные параметры электрических импульсов. Общая (принципиальная) схема генератора импульсов, её элементы, их назначение и требования к ним. Основные виды накопителей энергии. Преимущества ЕНЭ.
2. Виды потерь энергии в электрогидравлических установках. Основные характеристики и параметры канала разряда, определяющие электрогидравлический эффект. Применение электрически взрываемого проводника в электрогидравлической установке - принцип действия, особенности.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 45 минут.

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-2 Демонстрирует знания условий и методов использования импульсных сильных электрических и магнитных полей в высоковольтных электротехнологиях

### Вопросы, задания

#### 1.Билет 1

1. Основные параметры электрических импульсов. Общая (принципиальная) схема генератора импульсов, её элементы, их назначение и требования к ним. Основные виды накопителей энергии. Преимущества ЕНЭ.
2. Виды потерь энергии в электрогидравлических установках. Основные характеристики и параметры канала разряда, определяющие электрогидравлический эффект.

#### 2.Билет 2

1. Электрогидравлические технологии – принцип действия, общая схема электрогидравлической установки и её элементы.
2. Основные схемы разрядных контуров электрогидравлических установок и их особенности. Технологическое применение электрогидравлического эффекта.

#### 3.Билет 3

1. Механизмы электрического пробоя воды. Стадии процесса электрического разряда в воде.
2. Магнитно-импульсная обработка металлов. Принцип действия, основные ограничения достижимых воздействий. Варианты исполнения установок для магнитно-импульсной обработки металлов.

#### 4.Билет 4

1. Механизмы электрического пробоя воды. Стадии процесса электрического разряда в воде.
2. Феноменология электрической эрозии — источники энергии, поступающей на электроды, приэлектродные области, электродные пятна, стадии электрической эрозии, влияние переносимого заряда.

#### **5.Билет 5**

1. Виды потерь энергии в электрогидравлических установках. Основные характеристики и параметры канала разряда, определяющие электрогидравлический эффект.
- 2 Вольт-секундная характеристика эрозионного промежутка. Технологические характеристики и диаграмма IFM электроэрозионной установки. Основные схемы релаксационных генераторов и их особенности.

#### **6.Билет 6**

1. Схемы установок для магнитно-импульсной обработки металлов, подбор параметров установок, преимущества технологии магнитно-импульсной обработки перед обычной штамповкой.
2. Электроэрозионная обработка металлов. Принцип действия, общая схема электроэрозионной установки, основные факторы, влияющие на процесс эрозии.

#### **7.Билет 7**

1. Основные свойства воды, как рабочей среды для электрогидравлической технологии.
2. Применение электрически взрывающего проводника в электрогидравлической установке. Принцип действия, особенности.

#### **8.Билет 8**

1. Схема замещения разрядного контура электрогидравлической установки. Графики измерения разрядного тока, напряжения накопителя, мощности.
2. Технологические характеристики и диаграмма IFM электроэрозионной установки. Основные схемы релаксационных генераторов и их особенности.

#### **9.Билет 9**

1. Основные схемы разрядных контуров электрогидравлических установок и их особенности. Технологическое применение электрогидравлического эффекта
2. Схема замещения разрядного контура электрогидравлической установки. Графики измерения разрядного тока, напряжения накопителя, мощности.

#### **10.Билет 10**

1. Основные параметры электрических импульсов. Общая (принципиальная) схема генератора импульсов, её элементы, их назначение и требования к ним.
2. Основные схемы релаксационных генераторов и их особенности. Особенности электроэрозионной обработки металлов и её применение.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. При какой плотности тока происходит взрыв проводника?

Ответы:

1.  $10^8$  А/м<sup>2</sup>
2.  $10^9$  А/м<sup>2</sup>
3.  $10^{10}$  А/м<sup>2</sup>
4.  $10^{11}$  А/м<sup>2</sup>

Верный ответ: Ответ: 3

2. Какова критическая напряженность электрического поля для воды?

Ответы:

1. 20 кВ/см
2. 23 кВ/см
3. 30 кВ/см
4. 36 кВ/см

Верный ответ: Ответ: 4

3. Какова величина прикатодного падения напряжения для материалов, применяемых в накопителях?

Ответы:

1. 1-5 В
2. 10-15 В
3. 20-25 В
4. 30 -35 В

Верный ответ: Ответ: 2

4. При каком токе для больших межэлектродных расстояний сопротивление канала слабо зависит от величины тока?

Ответы:

1.  $10^4$  А
2.  $10^5$  А
3.  $10^6$  А
4.  $10^7$  А

Верный ответ: Ответ: 2, 3, 4

5. Каким временем ограничивается закон Вайцеля-Ромпе?

Ответы:

1.  $10^{-7}$  с
2.  $10^{-6}$  с
3.  $10^{-5}$  с
4.  $10^{-4}$  с

Верный ответ: Ответ: 1

6. Какова индукция магнитного поля, реализуемая в импульсных режимах без разрушения катушки?

Ответы:

1. 80 Тл
2. 200 Тл
3. 250 Тл
4. 300 Тл

Верный ответ: Ответ: 1

7. Какова величина эрозии медных электродов при разрядах в воздухе?

Ответы:

1.  $10^{-7}$  г/Кл
2.  $10^{-6}$  г/Кл
3.  $10^{-5}$  г/Кл
4.  $10^{-4}$  г/Кл

Верный ответ: Ответ: 3

8. Какова общая длительность развития перетяжки от момента расплавления проводника до зажигания частичной дуги по отношению к постоянной времени развития неустойчивости  $\tau$  ?

Ответы:

1.  $(1-2)\tau$
2.  $(3-4)\tau$
3.  $(5-6)\tau$
4.  $(7-8)\tau$

Верный ответ: Ответ: 2

9. При какой плотности тока проводник разрушается под действием сил поверхностного натяжения?

Ответы:

1.  $10^5$  А/см<sup>2</sup>
2.  $10^6$  А/см<sup>2</sup>
3.  $10^7$  А/см<sup>2</sup>
4.  $10^8$  А/см<sup>2</sup>

Верный ответ: Ответ: 1

10. Какова продолжительность процесса взрыва проводника при протекании по нему плотности тока  $10^{10}$  А/м<sup>2</sup>?

Ответы:

1.  $10^{-8}$  с
2.  $10^{-7}$  с
3.  $10^{-6}$  с
4.  $10^{-5}$  с

Верный ответ: Ответ: 3

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы зачетного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам при ответах на дополнительные вопросы.

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих