

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании Ученого совета  
НАО «КазНУ им. аль-Фараби».  
Протокол № 10 от 23.05.2022 г.

**Программа вступительного экзамена  
для поступающих в докторантуру  
на группу образовательных программ  
D099 – «Энергетика и электротехника»**

**1. Общие положения.**

1. Программа составлена в соответствии с Приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 октября 2018 года № 600 «Об утверждении Типовых правил приема на обучение в организации образования, реализующие образовательные программы высшего и послевузовского образования» (далее – Типовые правила).

2. Вступительный экзамен в докторантуру состоит из написания эссе, сдачи теста на готовность к обучению в докторантуре (далее - ТГО), экзамена по профилю группы образовательных программ и собеседования.

| <b>Блок</b>  | <b>Баллы</b> |
|--|--------------|
| 1. Эссе  | 10           |
| 2. Тест на готовность к обучению в докторантуре        | 30           |
| 3. Экзамен по профилю группы образовательной программы | 40           |
| 4. Собеседование                                       | 20           |
| Всего проходной  | 100/75       |

3. Продолжительность вступительного экзамена - 4 часа, в течение которых поступающий пишет эссе, проходит тест на готовность к обучению в докторантуре, отвечает на электронный экзаменационный билет. Собеседование проводится на базе вуза отдельно.

**2. Порядок проведения вступительного экзамена.**

1. Поступающие в докторантуру на группу образовательных программ D099 - «Энергетика и электротехника» пишут проблемное / тематическое эссе. Объем эссе – не менее 250-300 слов.

2. Электронный экзаменационный билет состоит из 3 вопросов.

## **Темы для подготовки к экзамену по профилю группы образовательной программы.**

### **Дисциплина «Электрические сети и системы»**

#### **Тема: Основные сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях**

подтемы: Электроэнергетические системы. Основные понятия и определения. Основные сведения о развитии энергосистем. Общая характеристика электрических сетей. Классификация электрических сетей. Основные сведения о развитии электрических сетей энергосистем.

#### **Тема: Конструктивное исполнение и условия работы воздушных линий электрических сетей**

подтемы: Основные сведения. Общая характеристика воздушных линий и основные элементы. Опоры воздушных линий. Провода воздушных линий. Грозозащитные тросы. Изоляторы воздушных линий. Линейная арматура. Краткие сведения по эксплуатации воздушных линий.

#### **Тема: Кабельные линии электропередачи.**

подтемы: Основные сведения. Конструкции кабельных линий. Маркировка кабелей. Прокладка кабельных линий. Токопроводы, шинопроводы и внутренние проводки.

#### **Тема: Линия электропередачи как элемент электрической сети**

подтемы: Основные сведения. Погонные параметры воздушных и кабельных линий переменного тока. Одноцепная транспонированная воздушная линия с нерасщеплённой фазой. Линия электропередачи со стальными проводами. Одноцепная транспонированная воздушная линия с расщеплённой фазой. Двухцепная транспонированная воздушная линия. Кабельные линии. Схемы замещения линий электропередачи. Режимные характеристики линии. Векторные диаграммы токов и напряжений. Определение параметров установившегося режима линии. Расчёт режима линий по заданным параметрам на её приемном конце. Расчёт режима линии по заданным параметрам на её передающем конце. Диаграммы мощностей. Влияние соотношений между параметрами схемы замещения линии на параметры её режима. Влияние соотношения активного и индуктивного сопротивлений. Влияние зарядной мощности

#### **Тема: Принципы проектирования электрических сетей.**

подтемы: Разработка балансов мощностей при проектировании. Выбор номинального напряжения электрических сетей. Разработка рациональной конфигурации электрических сетей. Выбор сечений линий электропередачи. Принципы выбора сечений проводов и кабелей. Выбор сечений по экономическому критерию. Выбор сечений по критерию качества.

### **Дисциплина «Электрические станции и подстанции»**

#### **Тема: Современные и перспективные источники электроэнергии**

подтемы: Основные понятия и определения. Общая характеристика источников электроэнергии. Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭС, ГАЭС, ТЭС. Возобновляемые источники энергии, виды, назначения, условия использования. Графики нагрузки энергосистемы: заполнение суточного графика нагрузки. Электроприемники и их категории.

#### **Тема: Электрические схемы и электрооборудование электрических станций**

подтемы: Электрические схемы электрических станций; электрооборудование электростанций; собственные нужды и их схемы; распределительные устройства и их схемы; выбор трансформаторов связи и трансформаторов собственных нужд на электрических станциях. Коммутационные аппараты: виды обозначения на схеме, назначение. Комплектные

распределительные устройства напряжением выше 6-10 кВ. Схемы распределительных устройств (РУ), область их применения, закрытые и открытые РУ; конструктивное выполнение РУ. Компоновка ОРУ подстанций. Схемы соединения распределительных устройств ВН: виды, область применения. Комплексные распределительные устройства и подстанции: ЗРУ, КРУ, КРУН, КТПБ, КРУЭ. Проектирование электрических связей между силовыми трансформаторами и распределительными устройствами.

**Тема: Силовое оборудование электростанций**

подтемы: Электрические станции: назначение, виды особенности, тенденции развития, воздействия на окружающую среду. Особенности технологических схем. Схемы электрических станций и подстанций. Газотурбинные станции. Дизель-генераторные установки. Синхронные генераторы, синхронные компенсаторы, силовые трансформаторы: конструктивные особенности, режим работы, управление нормальным режимом.

**Тема: Заземляющие устройства и молниезащита**

подтемы: Назначение заземления; заземляющие устройства и заземлители; контур заземления; сопротивление заземления; сопротивление грунта; сопротивление растеканию вертикального электрода; термическая стойкость заземляющих проводников; заземление электрических сетей. Заземляющие устройства и молниезащита. Назначение, конструкция, условия выбора. Напряжение шага. Напряжение прикосновения. Требования ПУЭ к конструкции заземляющего устройства. Молниезащита ОРУ на электростанциях и подстанциях. Компоновка устройств молниезащиты на подстанции. Варианты размещения молниеотводов. Соединение с заземляющим устройством. Требования ПУЭ к молниезащите подстанции.

Дисциплина «Электрические машины»

**Тема: Трансформаторы**

подтемы: Общие сведения о трансформаторах. Электромагнитные процессы в трансформаторе при холостом ходе. Электромагнитные процессы в трансформаторе при нагрузке. Трансформация трехфазных токов. Определение параметров и потерь трансформатора. Регулирование напряжения трансформатора.

**Тема: Автотрансформаторы**

подтемы: Электромагнитные процессы в автотрансформаторах. Области применения и особенности эксплуатации автотрансформаторов.

**Тема: Параллельное включение трансформаторов**

подтемы: Применение параллельного включения трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Уравнительные токи при неодинаковых коэффициентах трансформации.

**Тема: Синхронные и асинхронные машины**

подтемы: Общие сведения об синхронных и асинхронных машинах. Назначение и области применения синхронных и асинхронных машин. Конструкция асинхронных машин с короткозамкнутым ротором. Конструкция асинхронных двигателей с фазным ротором.

Дисциплина «Электрические аппараты высокого напряжения»

**Тема: Общие сведения об электрических аппаратах. Классификация электрических аппаратов.**

подтемы: Основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам. Параметры и характеристики электрических аппаратов, определяющие их выбор и применение. Номинальные параметры и режимы работы. Параметры, характеризующие надежность работы аппаратов.

**Тема: Общие закономерности для определения электродинамических сил.**

подтемы: Электродинамические усилия в витках и катушках аппаратов. Электродинамические усилия между проводником с током и ферромагнитной массой. Электродинамические усилия в проводниках переменного сечения. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов

**Тема: Нагрев электрических аппаратов.**

подтемы: Виды контактных соединений. Теплоотдача от нагретых частей аппарата путем теплопроводности, конвекции и теплового излучения. Коммутационный и механический износ контактов. Дребезг (вибрация) контактов и способы борьбы с ним.

**Тема: Электрическая дуга.**

подтемы: Электрическая дуга. Электрическая дуга – причины возникновения, условия гашения дуги постоянного и переменного тока. Дугогасительные устройства и искрогасительные цепи. Термическая стойкость электрических аппаратов.

**Тема: Коммутационные аппараты.**

подтемы: Автоматические выключатели. Плавкие предохранители. Назначение, конструкции и требования, предъявляемые к ним. Высоковольтные электрические аппараты. Классификация. Разъединители, отделители, короткозамыкатели: назначение, требования, основные параметры, устройство, условия выбора.

**Тема: Токоограничивающие аппараты.**

подтемы: Разрядники и ограничители перенапряжений. Реакторы. Назначение, принцип действия, требования, устройство, основные параметры и характеристики. Шунтирующие реакторы. Назначение, конструкции, основные параметры, принцип действия.

**Тема: Измерительные трансформаторы.**

подтемы: Трансформаторы тока и напряжение. Назначение, виды, требования, устройство, режимы работы. Условия выбора.

### Дисциплина «Техника высоких напряжений»

**Тема: Общая характеристика внешней изоляции**

подтемы: Особенности внешней изоляции. Регулирование электрических полей внешней изоляции. Диэлектрики для изоляторов.

**Тема: Коронный разряд на линиях электропередачи**

подтемы: Общие сведения. Корона на проводах при постоянном напряжении. Корона на проводах при переменном напряжении. Расщепленные провода. Потери энергии на корону при переменном напряжении.

**Тема: Изоляция воздушных линий электропередачи и распределительных**

подтемы: Общие сведения. Разрядные характеристики линейных и аппаратных изоляторов. Выбор изоляторов для линий и РУ. Определение минимальных изоляционных расстояний на опорах. Изоляционные расстояния в распределительных устройствах. Электрическая прочность твердых диэлектриков. Тепловой и электрической пробой.

**Тема: Общая характеристика внутренней изоляции**

подтемы: Особенности внутренней изоляции. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции.

**Тема: Защита от прямых ударов молнии**

подтемы: Общие сведения. Зоны защиты молниеотводов. Особенности молниезащиты высоких объектов.

**Тема: Заземления в электрических установках высокого напряжения**

подтемы: Общие сведения. Требования к заземлению станций и подстанций. Искусственные заземлители станций и подстанций. Импульсные характеристики заземлителей грозозащиты. Заземление грозозащиты подстанций.

### Дисциплина «Релейная защита и автоматика»

**Тема: Общие сведения о релейной защите**

подтемы: Назначение релейной защиты. Анализ повреждений и ненормальных режимов работы электроустановок и электрических сетей. Способы включения реле и изображение схем защиты на чертежах. Источники питания устройств РЗ.

**Тема: Реле и другие электрические аппараты, используемые в устройствах РЗ.**

подтемы: Общие принципы выполнения реле и их основные типы. Трансформаторы тока и напряжения, схемы сведения.

**Тема: Максимальные токовые защиты и токовые отсечки**

подтемы: Максимальная токовая защита. Принцип действия и селективность МТЗ. Выбор тока срабатывания. Выбор выдержки времени. Схемы МТЗ. Согласование защит по чувствительности. Оценка МТЗ. Токовая отсечка. Назначение и принцип действия ТО. Мгновенные ТО на линиях с односторонним питанием. Мгновенные ТО на линиях с двусторонним питанием. ТО с выдержкой времени. ТО с пуском (блокировкой) по напряжению

**Тема: Дифференциальная, дистанционная и высокочастотные защиты линий**

подтемы: Назначение и виды дифференциальной защиты линии. Продольная дифференциальная защита линий. Принцип действия защиты. Определение параметра срабатывания защиты. Выполнение продольной дифференциальной защиты линий и ее оценка. Поперечная дифференциальная защита линий. Принцип действия защиты. Токовая поперечная дифференциальная защита. Направленная поперечная дифференциальная защита. Оценка и область применения защиты. Дистанционная защита линии. Назначение и принцип действия дистанционной защиты. Выполнение и работа дистанционной защиты. Оценка дистанционной защиты. Высокочастотные защиты. Назначение и виды высокочастотных защит. Принцип действия направленной защиты с ВЧ-блокировкой. Принципы выполнения и работы высокочастотной части защиты. Оценка и области применения высокочастотных защит

**Тема: Защита силовых трансформаторов**

подтемы: Основные виды повреждений и аномальных режимов работы трансформаторов. Защита трансформаторов от междуфазных КЗ в обмотках и на их выводах. Виды защит. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформаторов. Расчет дифференциальной защиты трансформаторов. Защита трансформаторов от внешних КЗ. Защита трансформаторов от перегрузки. Газовая защита трансформаторов. Назначение и принцип действия газовой защиты. Совершенствование конструкции газового реле. Схема защиты цехового трансформатора

**Тема: Автоматическое повторное включение и автоматическое включение резерва**

подтемы: Назначение и основные требования, предъявляемые к устройствам АПВ. Классификация и характеристика устройств АПВ. Ускорение действия релейной защиты при АПВ. Принцип действия и схемы АПВ линии. Принцип действия и схемы АПВ шин. Принцип действия и схемы АПВ двигателей. Выбор уставок однократных АПВ для линий с односторонним питанием. Назначение устройств АВР и основные требования, предъявляемые к ним. Принцип действия и схемы АВР на секционном выключателе. Принцип действия и схема АВР линии. Принцип действия и схема АВР трансформаторов. Особенности выполнения АВР при наличии синхронной нагрузки Быстродействующие АВР.

**Дисциплина «Возобновляемые источники энергии»**

**Тема: Традиционные и нетрадиционные источники энергии.**

подтемы: Общие сведения о природных источниках энергии и энергоресурсах. Традиционные энергетические ресурсы, их оценка и распределение по регионам. Структура мирового энергопотребления. Динамика роста энергопотребления в мире и в Казахстане.

Роль возобновляемых источников энергии в удовлетворении энергетических потребностей человечества.

**Тема: Солнечная энергия и методы ее преобразования.**

подтемы: Спектральные характеристики солнечного излучения. Влияние географических координат, ориентировки приемника излучения в пространстве, времени суток и времени года. Преобразование солнечной энергии в электрическую. Физические основы преобразования энергии солнечного излучения в электрическую. Схемы, принцип действия и характеристики солнечных электростанций с термодинамическим циклом.

**Тема: Использование энергии ветра.**

подтемы: Ветровая энергия и методы ее преобразования. Особенности циркуляции земной атмосферы. Факторы, влияющие на скорость и направление ветра. Общие характеристики ветряных энергетических установок (ВЭУ).

**Тема: Использование биомассы.**

подтемы: Источники биомассы. Классификация основных процессов получения биотоплива. Биотопливо для энергетики и бытового потребления. Установки для производства тепла, пиролиза, гидрогенизации, биогаза. Методы переработки бытовых отходов.

**Тема: Геотермальная энергия.**

подтемы: Строение земли и изменение температуры в земной коре. Классификация геотермальных районов. Запас энергии в земной коре и методы ее использования. Использование энергии малых рек. Основные принципы использования энергии "падающей" воды. Идеальная и реальная мощность гидротурбин. Активные и реактивные турбины. Типы и классификация малых ГЭС.

**Тема: Использование тепловой энергии океана.**

подтемы: Энергетический потенциал мирового океана и способы его освоения. Термодинамические основы использования тепловой энергии океана. Идеальный и реальный теплообменник, его расчет. Рабочее тело паротурбинной установки. Использование энергии волн. Волновое движение. Энергия и мощность волны. Достоинства и недостатки волновой энергии. Особенности реальных волн. Устройства для преобразования энергии волн.

**Дисциплина «Электромагнитная совместимость»**

**Тема: Источники влияния**

подтемы: Общие сведения об электрическом и магнитном полях. Высоковольтные линии переменного тока. Высоковольтные линии постоянного тока. Грозовые разряды. Высокочастотные каналы систем передачи на высоковольтных ЛЭП переменного тока

**Тема: Электромагнитное влияние на смежные линии**

подтемы: Электрическое влияние. Магнитное влияние. Гальваническое влияние.

**Тема: Мероприятия по уменьшению опасных и мешающих влияний**

подтемы: Пассивные методы защиты линий связи от опасных и мешающих влияний. Активные методы защиты линий связи от опасных и мешающих влияний.

**Тема: Влияние воздушных линий электропередачи и распределительных устройств подстанций на экологию окружающей среды**

подтемы: Расчет напряженности электрического поля, создаваемого высоковольтными линиями переменного тока. Расчет напряженности электрического поля трехфазной высоковольтной линии.

### 3. Список использованных источников.

#### Основная:

1. Лыкин А. В. Электрические системы и сети: учебник - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. - 361 с
2. Старшинов В.А. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие, Москва: Издательский дом МЭИ, 2016 - 296 с.
3. В.М. Игнатович. Ш.С. Ройз Электрические машины и трансформаторы 6-е изд., испр. и доп. Учебное пособие. Москва: Юрайт. 2016 – 186 с.
4. Курбатова П.А. Электрические аппараты. Учебник и практикум для вузов. Издательство: Юрайт. 2021-250 с.
5. В.Ф. Важов, В.А. Лавринович. Техника высоких напряжений. Учебное пособие – Москва: Изд-во Инфра-М, 2020. – 262 с
6. Киреева, Э. А. Цырук С.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Москва: Издательский центр "Академия", 2017. - 288 с.
7. Филипова Т.А. Энергетические режимы и электрических станции и электроэнергетических систем. Москва, Изд-во Юрайт, 2017 г. - 293 с.
8. Юдаев И.В., Даус Ю.В., Гамага В.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебник. Издательство «Лань» 2020-328 с.
9. А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.Г. Темников, А.В. Жуков. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике. Учебник для вузов — М.: МЭИ, 2016. — 543 с.
10. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие для прикладного бакалавриата. Изд-во: Юрайт. 2017 – 180 с.
11. Лебедев В.И. Микропроцессорные счетчики электроэнергии. Учебники и учеб. пособ.д/ высшей школы(ВУЗы) — Изд-во: ДМК ПРЕСС, 2017. — 195 с.

#### Дополнительная:

1. И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро. Справочник по проектированию электрических сетей. Под ред. Файбисовича Д.Л. - 4-е издание. - М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2012. - 376с.
2. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. Издательский центр «Академия», 2013. -449с.
3. А. И. Гринь, Х. М. Мустафаев. Электрическая часть станций и подстанций. Учебное пособие, Ставрополь, 2002.
4. Алиев, И.И. Электрические машины / И.И. Алиев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2014. - 448 с.
5. Кацман, М.М. Электрические машины: Учебник / М.М. Кацман. - М.: Academia, 2017. - 320с.
6. Александров Г.Н. Электрические аппараты высоко напряжения. / Г.Н. Александров и др. Под редакцией Г.Н. Александрова. – Изд. 2-е. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 503с.
7. Электрические и электронные аппараты. / П. А. Курбатов и др. Под редакцией П. А. Курбатова. - Москва: Издательство Юрайт, 2016. - 440 с.
8. Важов, В. Ф. Техника высоких напряжений: учебник / В.Ф. Важов, В.А. Лавринович. – Москва: ИНФРА-М, 2018. - 262 с.
9. Киреева, Э. А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебник. / Э. А. Киреева, С. А. Цырук. - 5-е изд. – Москва: Академия, 2016. - 287 с.
10. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 2006. -639с.
11. Цыганков В.М. Надежность электрических систем и сетей. – Минск: БНТУ, 2001.- 150с.

12. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.
  13. Городов Р.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С.Матвеев. - 1-е изд. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. - 294 с.
  14. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с.
  15. Овсянников А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник / Овсянников А. Г. Борисов Р.К. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. - 196 с.
  16. Волков Н.Г. Качества электроэнергии в системах электроснабжения. Томск: Томский политехнический университет, 2010. -152с.
  17. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.: ил.
  18. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов. - М.: Издательство МЭИ,
  19. Афонин, В.В. Электрические станции и подстанции: учебное пособие в 2 частях / В.В. Афонин, К.А. Набатов. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2017. – Ч. 2. – 98 с.
  20. Копылов, И.П. Электрические машины в 2 т. том 1: Учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 267 с.
  21. Копылов, И.П. Электрические машины в 2 т. том 2: Учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 407 с.
  22. Москаленко, В.В. Электрические машины и приводы: Учебник / В.В. Москаленко. - М.: Академия, 2018. - 128 с.
  23. Техника высоких напряжений./ И.М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова, Г.М. Иманов и др. Под ред. Г.С. Кучинского. - СПб.: Энергоатомиздат, 2003. – 608 с.
  24. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова., Е.Б. Шандрова. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 231 с.
  25. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./ Под ред. А.Ф. Дьякова. -М.: Энергоатомиздат, 2003. -768 с.
  26. Овсянников, А.Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник / А.Г. Овсянников, Р.К. Борисов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 194 с.
  27. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / М.А. Мельников-Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 218 с.
- Бутенко В.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие / В.А. Бутенко, В.Ф. Важов, Ю.И. Кузнецов, Г.Е. Куртенков, В.А. Лавринович, А.В. Мытников, М.Т. Пичугина, Е.В. Старцева. - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 119 с.