

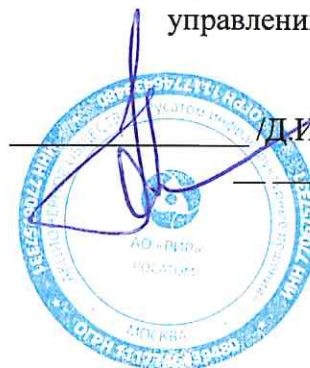
**Акционерное общество**  
**"Русатом Инфраструктурные решения"**

119017, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Якиманка, ул Большая Ордынка, д. 40,  
стр. 1

ОГРН 1117746439480, ИНН/КПП 7706757331/770601001, тел: +7 919 902-31-29, e-mail:  
office@rusatom-utilities.ru

---

УТВЕРЖДАЮ:  
Заместитель генерального директора по  
управлению персоналом  
АО "РИР"



Д.И. Артюшкин /  
\_\_\_\_\_ 2024 г.

**Дополнительная профессиональная программа - программа  
повышения квалификации  
«Турбогенераторы: устройство, эксплуатация, техническое  
обслуживание»**

Москва  
2024

## 1. ЦЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Дополнительная профессиональная программа – программа повышения квалификации «Турбогенераторы: устройство, эксплуатация, техническое обслуживание» (далее - Программа) направлена на формирование профессиональных компетенций, которыми должен обладать руководящий персонал среднего и высшего управленческого звена компаний, имеющих в своем составе тепловые электрические станции, в части эксплуатации турбогенераторов. Программа предусматривает изложение основных принципов действия, устройства и особенностей конструкций, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, диагностики турбогенераторов, современных тенденций в их развитии. В программе также рассмотрены системы возбуждения турбогенераторов, устройства гашения поля, основные сведения о релейной защите и синхронизации турбогенераторов с энергосистемой.

**Цель освоения программы:** сформировать у обучающихся профессиональные компетенции для эксплуатации турбогенераторов и их вспомогательных устройств в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов и руководств по эксплуатации заводов-изготовителей, информирование обучающихся о современных тенденциях в области турбогенераторостроения.

**Нормативный срок освоения:** объем дисциплины составляет 20 часов: 18 часов - лекционного типа, 2 часа - итоговая аттестация в форме экзамена.

### **Общая характеристика программы**

Повышение квалификации, согласно п. 9 ст. 2 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» – далее «Закон об образовании», относится к дополнительному профессиональному образованию, в рамках которого осуществляются программы повышения квалификации.

Под повышением квалификации понимается обучение тех лиц, которые имеют профессию в определенной сфере (области промышленной экологии, охраны окружающей среды, производстве энергии и других), и хотят усовершенствовать профессиональные навыки, знания и умения, не повышая при этом образовательный уровень.

Предшествующий уровень образования слушателя – высшее или среднее профессиональное образование. Слушатель должен иметь документ государственного образца о высшем образовании с присвоением соответствующей диплому квалификации, квалификации (степени) «бакалавр», либо «специалист», либо «магистр»; документ государственного образца о среднем профессиональном образовании.

**Выдаваемый документ:** Удостоверение о повышении квалификации

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Теоретическое освоение физических процессов, протекающих в высоковольтных электрических аппаратах, изучение устройства высоковольтных электрических аппаратов и их эксплуатационных характеристик, требований нормативных документов в области их эксплуатации и ремонта с целью обеспечения грамотной и надежной эксплуатации электрооборудования электрических станций.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

### **Знать:**

- Принципы работы турбогенераторов, систем возбуждения, гашения поля, устройств релейной защиты и автоматики;
- Конструкции турбогенераторов и их систем охлаждения;
- Разновидности систем возбуждения, их устройство;
- Устройства гашения поля;
- Методы синхронизации турбогенераторов с энергосистемой;
- Основы релейной защиты и автоматики турбогенераторов;

- Нормальные и аномальные режимы работы турбогенераторов;
- Вопросы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта турбогенераторов и их вспомогательных устройств;
- Современные методы оценки технического состояния турбогенераторов и их вспомогательных устройств.

**Понимать:**

- Физические процессы, происходящие в нормальных и аномальных режимах работы синхронного генератора;
- Смысл требований действующих нормативно-технических документов в области эксплуатации турбогенераторов и их вспомогательных устройств;
- Последствия превышений номинальных и допустимых режимов и параметров при эксплуатации турбогенераторов и их вспомогательных устройств;
- Последствия нарушений объемов и периодичности технического обслуживания и ремонтов турбогенераторов и их вспомогательных устройств.

**Уметь:**

- Анализировать техническое состояние турбогенераторов и их вспомогательных устройств по результатам испытаний и измерений для оценки его технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации;
- Анализировать обеспеченность необходимыми оборудованием и материалами для надежной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, диагностики турбогенераторов и их вспомогательных устройств;
- Планировать техническое обслуживание и ремонт турбогенераторов и их вспомогательных устройств, их объемы в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов в области эксплуатации турбогенераторов и их вспомогательных устройств и руководств заводов-изготовителей.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заместитель генерального директора  
по управлению персоналом  
АО "РИР"



/Д.И. Артюшкин /

\_\_\_\_\_ 2024 г.

**Учебный план  
дополнительной профессиональной программы  
(программы повышения квалификации)  
«Турбогенераторы: устройство, эксплуатация, техническое обслуживание»**

**Категория слушателей:** руководители высшего и среднего уровня филиалов и их производственных структурных подразделений.

**Срок обучения:** 20 академических часов.

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

**Программа повышения квалификации по направлению  
Турбогенераторы: устройство, эксплуатация, техническое обслуживание»**

№п/п	Наименование разделов, дисциплин, тем	Сроки обучения, часов	
		Лекционные занятия	Практические занятия
1.	Принцип работы и устройство турбогенераторов	2	
2.	Системы возбуждения турбогенераторов	3	
3.	Автоматическое гашения поля турбогенераторов	1	
4	Включение турбогенератора на параллельную работу	1	
5.	Режимы работы турбогенераторов	3	
6.	Надзор и уход за генератором	4	
7.	Испытания турбогенераторов	1	
8.	Основы релейной защиты и автоматики турбогенераторов	3	
	Экзамен		2
	Всего часов		20

## Календарный график обучения

№ п/п	Наименование разделов, тем	Порядковые номера недель (час.)		Всего часов учебной нагрузки
		1*		
		Лекционные занятия	Практические занятия	
1.	Принцип работы и устройство турбогенераторов	1	-	1
2.	Системы возбуждения турбогенераторов	3	-	3
3.	Автоматическое гашения поля турбогенераторов	1	-	1
4	Включение турбогенератора на параллельную работу	1	-	1
5.	Режимы работы турбогенераторов	3	-	3
6.	Надзор и уход за генератором	4	-	4
7.	Испытания турбогенераторов	1	-	-
8.	Основы релейной защиты и автоматики турбогенераторов	3	-	3
	Экзамен	2		
	Всего часов	20		

\* - Даты обучения будут определены при наборе группы на обучение.

### Учебный план дополнительной профессиональной программы (программы повышения квалификации) «Турбогенераторы: устройство, эксплуатация, техническое обслуживание»

#### **Тема 1: Принцип работы и устройство турбогенераторов**

Принцип работы турбогенератора, основные технические характеристики турбогенераторов.  
Устройство турбогенераторов.

Системы охлаждения турбогенераторов:

- косвенные системы охлаждения;
- непосредственные системы охлаждения.

Современные тенденции в турбогенераторостроении.

#### **Тема 2: Системы возбуждения турбогенераторов.**

Требования, предъявляемые к системам возбуждения турбогенераторов.

Электромашина система возбуждения с электромашиным возбудителем постоянного тока.

Система возбуждения бесщеточная диодная.

Система тиристорного независимого возбуждения.

Система тиристорного самовозбуждения.

#### **Тема 3: Автоматическое гашения поля турбогенератора.**

Назначение устройств гашения поля турбогенераторов.

Гашение поля с гасительным сопротивлением.

Гашение поля с дугогасительной решеткой.

Защита обмотки возбуждения от перенапряжений.

#### **Тема 4: Включение турбогенератора на параллельную работу.**

Включение турбогенератора на параллельную работу способом точной синхронизации.

Включение турбогенератора на параллельную работу способом самосинхронизации.

**Тема 5: Режимы работы турбогенераторов.**

Нормальные режимы работы турбогенераторов.  
Специальные режимы работы турбогенераторов.

**Тема 6: Надзор и уход за турбогенератором.**

Подготовка к пуску турбогенератора.  
Пуск и включение в сеть турбогенератора.  
Набор и регулирование нагрузки турбогенератора.  
Контроль режима работы турбогенератора.  
Останов и отключение турбогенератора от сети.

**Тема 7: Испытания турбогенераторов.**

Испытания при вводе в эксплуатацию.  
Испытания при проведении ремонтов.  
Измерения и испытания между ремонтами (эксплуатационные).

**Тема 8: Основы релейной защиты и автоматики турбогенераторов.**

Виды повреждений и ненормальных режимов работы турбогенераторов.  
Требования к защите турбогенераторов.

Виды защит турбогенераторов:

- основные защиты;
- резервные защиты.

Защиты обмоток роторов турбогенератора.

## 4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

### 4.1. Материально-технические условия реализации программы

Для эффективной реализации программы необходимо нижеследующее материально-техническое обеспечение.

При проведении очного формата обучения оснащение представляет собой индивидуальное рабочее место студента или мультимедийную аудиторию с современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, возможностью получения и передачи электронных документов.

Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из мультимедийного проектора и автоматизированного проекционного экрана. Мультимедийная аудитория также должна быть оснащена широкополосным доступом в сеть Интернет. Аудитория должна размещать необходимое число студентов. Индивидуальное рабочее место студента должно, включать компьютерный стол, стул, персональный компьютер. Каждый компьютер должен иметь широкополосный доступ в сеть Интернет. При проведении дистанционного формата обучения оснащение представляет собой доступ в сеть Интернет с выделением ссылки на платформу обучения, возможностью демонстрации учебных презентационных материалов и обеспечением коммуникации «студент-преподаватель».

Рабочее место преподавателя включать компьютерный стол, стул, персональный компьютер с широкополосным доступом в сеть Интернет с возможностью демонстрации учебных презентационных материалов и обеспечением коммуникации «студент-преподаватель».

### 4.2. Учебно-методическое обеспечение программы

№ п/п	Наименование документа
1	Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Утв. Приказом Минэнерго РФ от 04.10.2022 №1070.
2	ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.

3	СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объемы и нормы испытаний электрооборудования»
4	РД 34.45.501-88. Типовая инструкция по эксплуатации генераторов на электростанциях.
5	РД 153-34.0-45.510-98 Типовая инструкция по эксплуатации и ремонту узла контактных колец и щеточного аппарата турбогенераторов мощностью 63 МВт и выше.
6	РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений», утв. «РАО ЕЭС России» 12.07.1999.
7	П.Г. Грудинский, С.А. Мандрыкин, М.С. Улицкий. Техническая эксплуатация основного оборудования станций и подстанций. М., «Энергия», 1974 г.
8	Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1979. - 568 с., ил.
8	Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под общ. ред. Л.С. Линдорфа и Л.Г. Мамиконянца. М., «Энергия», 1972. 352 с. с ил.
9	Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электрические машины». М., «Энергия», 1976. 552 с. с ил.
10	Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.: ил.
12	Долгинов А.И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике, М., «Энергия», 1968 г.
13	Электрическая часть станций и подстанций, учебник для вузов под редакцией А.А. Васильева, М., «Энергия», 1980 г.
14	Брускин Д.Э. и др. Электрические машины, учеб. для электротех. спец. Вузов, Ч. 2, М., «Высшая школа», 1987 г., 335 с ил.
15	Жуков В.В. Электрическая часть электростанций с газотурбинными и парогазовыми установками: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 519 с.: ил.
16	Электрическая часть электростанций. Под. ред. С.В. Усова. Учебник для вузов. Д., «Энергия», 1977, 556 с. с ил.

#### 4.3. Образовательные технологии, используемые в процессе реализации Программы

Занятия проводятся дистанционно в форме видеосвязи с демонстрацией содержимого лекций и графических материалов на мониторах обучающихся. При подготовке к занятиям следует уделить внимание проработке лекционного материала, изучению основной и дополнительной литературы в соответствии с рабочей программой дисциплины. Желательно выделять спорные и недостаточно освещённые в литературе вопросы для последующего изучения на занятии и получения необходимых консультаций преподавателя. Обучающимся предоставляется возможность задавать вопросы по окончании соответствующих тем в режиме онлайн или размещать их на сайте учебного центра.

### 5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Все дисциплины курса являются обязательными для изучения.

Вид обязательной итоговой аттестации – экзамен, который проводится с целью выявления индивидуальной эффективности усвоения знаний по темам Программы. Экзамен проводится в виде индивидуального онлайн-тестирования по билетам, включающим 4 вопроса, по 5-ти балльной шкале. Предлагается 5 билетов, т.е. 5 вопросов.

Критерии оценки:

При проведении итогового экзамена в форме онлайн-тестирования устанавливаются следующие критерии оценки знаний выпускников:

- правильный ответ на 5 вопросов – 5 баллов;
- правильный ответ на 4 вопроса – 4 балла;
- правильный ответ на 3 вопроса – 3 балла;
- правильный ответ на 2 и менее вопроса -2 балла.

Вопросы к экзамену:

1. Какие режимы работы турбогенератора являются нормальными? Назовите правильный и полный ответ.
2. При какой температуре входящего охлаждающего газа запрещается работа турбогенератора?
3. Назовите предельно допустимое рабочее напряжение для турбогенератора (в процентах от номинального напряжения генератора).
4. Какое различие напряжений сети и турбогенератора допускается при ручной точной синхронизации?
5. Не менее какой величины должно быть сопротивление изоляции подшипников генераторов при полностью собранных маслопроводах и измеренное мегаомметром на 1000 В?
6. Действия персонала в случае отключения генератора от действия максимальной токовой защиты, если причина отключения неизвестна. Назовите правильный и полный ответ.
7. Действия персонала при обрыве во вторичной цепи трансформаторов тока турбогенератора. Назовите правильный и полный ответ.
8. Допускается ли длительная работа турбогенератора с неравенством тока по фазам?
9. Какое сопротивление изоляции всей цепи возбуждения должно быть у турбогенераторов с газовым охлаждением обмотки ротора и с воздушным охлаждением элементов системы возбуждения?
10. В течении какого времени допускается работа турбогенераторов мощностью менее 150 МВт, когда ток замыкания на землю не превышает 5 А?
11. Может ли быть включен в сеть без осмотра турбогенератор, отключившийся от действия максимальной токовой защиты?
12. Какая нагрузка допустима для турбогенератора с косвенным охлаждением обмоток при его работе в асинхронном режиме без возбуждения?
13. Назовите различие между косвенным и непосредственным охлаждением турбогенератора.
14. Назовите основные требования, предъявляемые к системам возбуждения турбогенераторов.
15. Какие защиты турбогенератора являются основными? Назовите правильный и полный ответ.
16. Чем регулируется ЭДС обмотки статора турбогенератора?
17. Какой режим работы турбогенератора называется номинальным?
18. Какой ток статора должен быть при напряжении ниже 95 % номинального напряжения турбогенератора?
19. Перечислите основные параметры синхронного генератора.
20. Перечислите основные системы, обеспечивающие работу синхронного генератора.
21. Какие функции возлагаются на систему охлаждения синхронного генератора? Назовите правильный и полный ответ.
22. Как осуществляется непосредственное охлаждение обмотки статора синхронного генератора?
23. Зачем необходим автомат гашения поля (АГП) в цепи обмотки ротора турбогенератора?
24. Какие задачи выполняет система защит синхронных генераторов?



25. Какие функции возлагаются на системы возбуждения синхронных генераторов?
26. Какие принципы охлаждения используются при охлаждении турбогенераторов?
27. При каких одновременных отклонениях напряжения и частоты должна сохраняться номинальная мощность турбогенераторов?
28. Что такое «Статическая устойчивость работы турбогенераторов» при работе параллельно с сетью бесконечной мощности?
29. Какие причины могут вызвать асинхронные режимы турбогенераторов?
30. Какие задачи выполняет система контроля и автоматики синхронных генераторов?
31. Основные требования, предъявляемые к АРВ синхронных генераторов. Назовите правильный и полный ответ.
32. Как включаются в сеть на параллельную работу с системой мощные синхронные генераторы?
33. Каковы недостатки и достоинства бесщеточных систем возбуждения?
34. Перечислите основные элементы бесщеточных систем возбуждения турбогенераторов.
35. Чем различаются независимая система тиристорного возбуждения и система тиристорного самовозбуждения?
36. Чем характеризуются асинхронные режимы работы синхронных генераторов?
37. Какие факторы ограничивают возможность применения длительных асинхронных режимов?
38. Какие отклонения от номинальных значений параметров режима допускаются для синхронных генераторов? Назовите правильный и полный ответ.
39. Преимущества и недостатки систем самовозбуждения турбогенераторов. Назовите правильный и полный ответ.
40. Причины, которые ограничивают длительную работу турбогенераторов в режиме несимметрии токов по фазам?
41. Допускается ли длительная перегрузка генераторов по току сверх допустимого значения при данных температуре и давлении охлаждающей среды?
42. Действия персонала при возникновении несимметрии, превышающей допустимую для данного генератора. Назовите правильный и полный ответ.
43. Какую величину не должна превышать вибрация контактных колец турбогенератора? Назовите правильный и полный ответ.
44. Что должна обеспечивать настройка устройств АРВ и форсировки рабочего возбуждения при заданном понижении напряжения в сети? Назовите правильный и полный ответ.
45. Допускается ли работа на воздушном охлаждении под нагрузкой турбогенераторов, имеющих непосредственное водородное охлаждение активных частей?
46. Действия персонала при появлении или определении снижения сопротивления изоляции на величину, установленную техническим руководителем, цепи возбуждения с непосредственным охлаждением обмотки ротора, если резервный возбудитель или резервный канал возбуждения отсутствуют.
47. Какова должна быть скорость повышения реактивной нагрузки турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток в нормальных режимах?
48. Допускаются ли плановые отключения турбогенераторов от сети при наличии положительной мощности на выводах?
49. В какие сроки должна проверяться исправность изоляции подшипников и уплотнений вала турбогенераторов и возбудителей?
50. Как должна определяться допустимая перегрузка по току возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов с косвенным охлаждением обмоток?
51. Допускается ли отключение АРВ или отдельных их элементов (в том числе ограничение минимального возбуждения, каналы стабилизации для АРВ сильного действия) турбогенераторов?
52. Как должна определяться скорость набора и изменения активной нагрузки для турбогенераторов?

53. Как подразделяются системы охлаждения турбогенераторов по способу отвода тепла от меди обмоток?

54. Как должна действовать защита блочного генератора или действовать персонал при ее отказе, при появлении однофазного замыкания на землю в обмотке статора или цепи генераторного напряжения блочного генератора?

## **6. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ**

Наместников Александр Михайлович – эксперт Службы по работе с персоналом филиала АО «Квадра» - «Центральная генерация»

Юнда Анастасия Алексеевна - ведущий специалист офиса по обучению и развитию производственного и инженерного персонала