

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Д.С. Никитин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ»

Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, ООП Электрические сети и электростанции

Томский политехнический университет
2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. Методические указания к ИДЗ № 1 Оценка технического состояния гидрогенератора, находящегося в эксплуатации	3
2. Методические указания к ИДЗ № 2 Определение допустимости эксплуатации турбогенератора	9
3. Темы и вопросы для защиты ИДЗ.....	14
Список литературы	15

1. Методические указания к ИДЗ № 1

Оценка технического состояния гидрогенератора, находящегося в эксплуатации

Индивидуальное домашнее задание № 1 посвящено оценке технического состояния гидрогенератора, находящегося в эксплуатации.

Цель ИДЗ № 1 – изучить требования к объему, периодичности и методикам проведения оценки технического состояния вертикальных синхронных явнополюсных гидрогенераторов и генератор-двигателей частотой 50 Гц, предназначенных для соединения непосредственно или через ускоряющую передачу с гидравлическими турбинами и изготовленных для нужд электроэнергетики. Полученные навыки могут быть использованы для применения в гидроэнергетических компаниях, а также в специализированных организациях, выполняющих работы по монтажу, наладке, испытаниям, ремонту и техническому обслуживанию гидрогенераторов.

Гидрогенераторы выполняются преимущественно с вертикальной осью вращения. Турбина располагается под гидрогенератором, и ее вал, несущий рабочее колесо, сопрягается с валом генератора с помощью фланцевого соединения. Так как частота вращения мала, а число полюсов велико, ротор генератора выполняется с большим диаметром и сравнительно малой активной длиной. Относительно небольшая частота вращения (60–600 об/мин в зависимости от напора воды) определяет большие размеры (до 20 м в диаметре) и массы (до 1500 т) активных и конструктивных частей гидрогенераторов. Как правило, гидрогенераторы выполняются с вертикальным расположением вала. Исключение составляют гидрогенераторы с большой частотой вращения и капсульные гидрогенераторы, которые выполняются горизонтальными.

Для выполнения задания необходимо ознакомиться с наиболее важными нормативными документами по теме. Общие требования к эксплуатации гидрогенераторов закреплены в следующих нормативных документах, действующих на данный момент:

1) Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭЭСС). Требования к эксплуатации оборудования ГЭС перечислены в главе IX «Требования к эксплуатации гидротехнических сооружений электростанций».

2) ГОСТы:

- ГОСТ Р 55260.1.1-2013. Гидроэлектростанции. Часть 1-1. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности.

- ГОСТ Р 55260.1.2-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-2. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности оснований.
 - ГОСТ Р 55260.1.3-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-3. Сооружения ГЭС гидротехнические. Конструкции бетонные и железобетонные. Требования безопасности.
 - ГОСТ Р 55260.1.4-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга.
 - ГОСТ Р 55260.1.5-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-5. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования к проектированию в сейсмических районах.
 - ГОСТ Р 55260.1.6-2012. Гидроэлектростанции. Часть 1-6. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования по нагрузкам и воздействиям (волновые, ледовые и от судов).
 - ГОСТ Р 55260.1.7-2013. Гидроэлектростанции. Часть 1-7. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по ремонту и реконструкции сооружений и оборудования.
 - ГОСТ Р 55260.1.8-2013. Гидроэлектростанции. Часть 1-8. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие правила организации строительного производства при возведении.
 - ГОСТ Р 55260.1.9-2013. Гидроэлектростанции. Часть 1-9. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности при эксплуатации.
 - ГОСТ Р 55260.2.1-2022. Гидроэлектростанции. Часть 2-1. Гидрогенераторы. Технические требования к поставке.
 - ГОСТ Р 55260.2.2-2023. Гидроэлектростанции. Часть 2-2. Гидрогенераторы. Методики оценки технического состояния.
 - ГОСТ Р 55260.3.2-2023. Гидроэлектростанции. Часть 3-2. Гидротурбины и механическая часть генераторов. Методики оценки технического состояния.
 - ГОСТ Р 55260.3.3-2013. Гидроэлектростанции. Часть 3-3. Гидротурбины. Технические требования к системам эксплуатационного мониторинга.
 - ГОСТ Р 55260.4.1-2013. Гидроэлектростанции. Часть 4-1. Технологическая часть гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций. Общие технические требования.
- 3) Наиболее релевантные действующие стандарты ЕЭС России и ПАО «РусГидро», касаемые эксплуатации ГЭС и их оборудования:**
- СТО 17330282.27.140.001-2006. Гидроэлектростанции. Методики оценки технического состояния основного оборудования.

- СТО 70238424.27.140.006-2010. Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 02.01.80-2012. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Правила эксплуатации. Нормы и требования.

- СТО 17330282.27.140.009-2008. Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 17330282.27.140.015-2008. Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 17330282.27.140.016-2008. Здания ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 17330282.27.140.017-2008. Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 17330282.27.140.021-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 70238424.27.140.035-2009. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования.

- СТО 70238424.27.140.025-2009. Гидроэлектростанции. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений. Метрологическое обеспечение и оценка технического состояния и работоспособности. Нормы и требования.

- СТО 02.01.059-2011. Гидроэлектростанции. Мониторинг технического состояния основного оборудования. Нормы и требования.

4) Иные СТО, касаемые эксплуатации ГЭС и их оборудования:

- СТО 70238424.27.140.006-2010. Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

В качестве исходных данных для выполнения ИДЗ выдаются сведения о конкретном гидрогенераторе и ряд параметров, характеризующих режим работы и техническое состояние оборудования. В соответствии с требованиями нормативных документов необходимо сделать выводы о соответствующих режимах работы и техническом состоянии оборудования посредством анализа соответствующего параметра и его соответствия требованиям, объяснить, в чем причины и опасность соответствующего режима работы, привести необходимые в этом случае действия персонала. Кроме того, необходимо привести общие сведения о различных видах периодической оценки технического состояния гидрогенераторов. Ниже в таблице 1.1 представлены исходные данные для выполнения ИДЗ.

Таблица 1.1 – Исходные данные для выполнения ИДЗ № 1

Вариант	Тип гидрогенератора	$R_{ст, МОМ}$	$R_{рот, МОМ}$	Режим работы	Функциональный узел	Вид периодической оценки технического состояния
1	2	3	4	5	6	7
1	СВ-375 / 195-12	5	0,1	$U_{ст} < 95 \%$	гидрогенератор в целом	при вводе в эксплуатацию
2	СВ-430 / 210-14	10	0,2	$105 \% < U_{ст} < 110 \%$	обмотка статора	при периодических осмотрах
3	СВ-1250 / 170-96	20	0,3	$U_{ст} > 110 \%$	сталь статора	при испытаниях во время ремонтов
4	СВ-660 / 165-32	30	0,4	$K_{пер} = 1,1$	статор в целом	при завершении ремонтов
5	СВ-1340 / 140-96	40	0,5	$K_{пер} = 1,2$	обмотка ротора	при комплексных диагностических обследованиях
6	СВ-780 / 137-32	50	0,6	$\Delta I = 16 \%$	сталь ротора	при расчете индексов технического состояния
7	СВ-640 / 170-24	60	0,7	$\Delta I = 18 \%$	ротор в целом	при технических освидетельствованиях
8	СВ-1130 / 140-48	70	0,8	$\Delta I = 22 \%$	щеточно-контактный аппарат	при вводе в эксплуатацию
9	СВ-850 / 190-48	80	0,9	асинхронный режим	система охлаждения	при периодических осмотрах
10	СВ-850 / 190-48	90	1,0	работа с заземленной фазой	гидрогенератор в целом	при испытаниях во время ремонтов
11	СВБ-750 / 211-40	100	0,1	$U_{ст} < 95 \%$	обмотка статора	при завершении ремонтов
12	СВВ-780 / 190-32	120	0,2	$105 \% < U_{ст} < 110 \%$	сталь статора	при комплексных диагностических обследованиях
13	СВ-850 / 190-40	140	0,3	$U_{ст} > 110 \%$	статор в целом	при расчете индексов технического состояния
14	СВ-850 / 190-40	160	0,4	$K_{пер} = 1,1$	обмотка ротора	при технических освидетельствованиях
15	СВ-1500 / 170-96	180	0,5	$K_{пер} = 1,2$	сталь ротора	при вводе в эксплуатацию
16	СВ-1225 / 130-56	200	0,6	$\Delta I = 16 \%$	ротор в целом	при периодических осмотрах
17	СВ-1500 / 200-88	5	0,7	$\Delta I = 18 \%$	щеточно-контактный аппарат	при испытаниях во время ремонтов
18	СВ-855 / 235-32	10	0,8	$\Delta I = 22 \%$	система охлаждения	при завершении ремонтов

19	СВ-1500 / 175-84	20	0,9	асинхронный режим	гидрогенератор в целом	при комплексных диагностических обследованиях
20	СВ-1190 / 250-48	30	1,0	работа с заземленной фазой	обмотка статора	при расчете индексов технического состояния
21	СВ-712 / 227-24	40	0,1	$U_{ст} < 95 \%$	сталь статора	при технических освидетельствованиях
22	СВ-1100 / 250-36	50	0,2	$105 \% < U_{ст} < 110 \%$	статор в целом	при вводе в эксплуатацию
23	СВФ-1500 / 130-88	60	0,3	$U_{ст} > 110 \%$	обмотка ротора	при периодических осмотрах
24	СВФ-990 / 230-36	70	0,4	$K_{пер} = 1,1$	сталь ротора	при испытаниях во время ремонтов
25	СВФ-1690 / 175-64	80	0,5	$K_{пер} = 1,2$	ротор в целом	при завершении ремонтов
26	СВФ-1285 / 275-42	90	0,6	$\Delta I = 16 \%$	щеточно-контактный аппарат	при комплексных диагностических обследованиях
27	СВ-375 / 195-12	100	0,7	$\Delta I = 18 \%$	система охлаждения	при расчете индексов технического состояния
28	СВ-430 / 210-14	120	0,8	$\Delta I = 22 \%$	обмотка статора	при технических освидетельствованиях

$R_{ст}$ – сопротивление изоляции обмотки статора;
 $R_{рот}$ – сопротивление изоляции обмотки ротора;
 $U_{ст}$ – напряжение на зажимах обмотки статора;
 $K_{пер}$ – кратность перегрузки гидрогенератора по токам статора и ротора, отнесенная к номинальным значениям токов статора и ротора;
 ΔI – разность токов в фазах в несимметричном режиме работы.

Содержание работы:

1. Привести каталожные данные исследуемого гидрогенератора. Охарактеризовать представленный гидрогенератор (исполнение, способ охлаждения и т.д.).

2. Отдельно охарактеризовать каждый из параметров гидрогенератора в колонках 3 и 4 таблицы 1.1 на предмет соответствия требованиям актуальной нормативной документации. Привести соответствующий анализ параметра, включающий ссылку на нормативный документ, указание допустимых величин параметра, причины и последствия отклонения параметра от нормы. Также указать необходимые действия обслуживающего персонала при обнаружении соответствующей неисправности. Обратит внимание на СТО 17330282.27.140.001-2006.

3. Рассчитать, при какой величине испытательного напряжения проводятся испытания повышенным напряжением промышленной частоты таких элементов, как обмотка статора и обмотка ротора, при различных категориях контроля. Обратить внимание на СТО 17330282.27.140.001-2006.

3. Охарактеризовать допустимость работы гидрогенератора в режиме, указанном в колонке 5. Обратить внимание на раздел «Режимы работы гидрогенератора» [2].

4. Привести и охарактеризовать испытания и измерения, проводимые для указанного в колонке 6 функционального узла гидрогенератора. Обратить внимание на СТО 17330282.27.140.001-2006.

5. Привести перечень испытаний и измерений, проводимых при указанном виде периодической оценки технического состояния для конкретного гидрогенератора (колонка 7). Обратить внимание на СТО 17330282.27.140.001-2006.

Требования к готовому индивидуальному домашнему заданию:

- выполнении варианта в строгом соответствии с выданным преподавателем вариантом и исходными данными;

- соответствие нормам оформления ТПУ (Приказ ТПУ № 307-1/од от 03.11.2022 «Об утверждении Положения о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистранта в ТПУ», Приложение П, Правила оформления ВКР, https://portal.tpu.ru/standard/final_attestation/vkr);

- наличие титульного листа, цели, задач работы, исходных данных, хода расчетов и соответствующих объяснений, интерпретации полученных данных, заключения с выводами по работе, списка использованных источников и нормативной документации, оформленной по ГОСТ;

- все принципиальные решения должны сопровождаться ссылками на нормативно-техническую документацию и литературу.

2. Методические указания к ИДЗ № 2

Определение допустимости эксплуатации турбогенератора

Индивидуальное домашнее задание № 2 посвящено определению допустимости эксплуатации турбогенератора согласно требованиям нормативной документации.

Цель ИДЗ № 2 – изучить возможные и допустимые режимы работы турбогенераторов. Для этого необходимо изучить требования нормативной документации по отношению к эксплуатации турбогенераторов. В особенности необходимо уделить внимание режимам работы с коэффициентом мощности, отличным от номинального. Полученные навыки могут быть использованы для применения в электроэнергетических компаниях (ГРЭС, ТЭЦ, АЭС), а также в специализированных организациях, выполняющих работы по монтажу, наладке, испытаниям, ремонту и техническому обслуживанию турбогенераторов.

Турбогенераторы выполняются с горизонтальной осью вращения. Диаметр ротора турбогенератора значительно меньше, чем его активная длина, ротор обычно имеет неявнополюсное исполнение. Предельный диаметр ротора при частоте вращения 3000 об/мин по условиям механической прочности составляет 1,2–1,25 м. Активная длина ротора по условиям механической жесткости не превышает 6,5 м. Стремление к увеличению единичной мощности турбогенераторов реализуется за счет внедрения более интенсивных способов охлаждения без заметного увеличения габаритных размеров. Турбогенераторы мощностью более 50 МВт изготавливаются с водородным или жидкостным охлаждением обмоток.

Для выполнения задания необходимо ознакомиться с наиболее важными нормативными документами по теме. Общие требования к эксплуатации турбогенераторов закреплены в следующих нормативных документах, действующих на данный момент:

1) Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭЭСС). Требования к эксплуатации турбогенераторов перечислены в главе XXXI «Требования к эксплуатации генераторов и синхронных компенсаторов».

2) ГОСТы:

- ГОСТ Р 59246-2020. Турбогенераторы атомных станций. Учет фактически выработанного и оценка остаточного ресурсов.

- ГОСТ 3618-2016. Турбины паровые стационарные для привода турбогенераторов. Типы и основные размеры (с Поправками).

- ГОСТ Р 70940-2023. Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы. Общие технические условия.

- ГОСТ Р 59182-2020. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Тепловые электрические станции. Газотурбинные установки. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- ГОСТ Р 54403-2011. Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия (с Изменением N 1).

- ГОСТ Р 55196-2012. Установки газотурбинные малой мощности для привода турбогенераторов. Общие технические условия.

- ГОСТ 21558-2018. Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия (с Поправками).

- ГОСТ ИЕС 60034-3-2015. Машины электрические вращающиеся. Часть 3. Специальные требования для синхронных генераторов, приводимых паровыми турбинами и турбинами на сжатом газе.

- ГОСТ ISO 20806-2013. Вибрация. Балансировка на месте роторов больших и средних размеров. Критерии и меры безопасности.

3) Наиболее релевантные действующие стандарты организаций:

- СТО 70238424.29.160.20.002-2009. Турбогенераторы серии ТВ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.003-2009. Турбогенераторы серии ТВ2. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.004-2009. Турбогенераторы серии ТВС. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.006-2009. Турбогенераторы и синхронные компенсаторы. Условия поставки. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.007-2009 Турбогенераторы и синхронные компенсаторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.009-2009. Турбогенераторы. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.011-2009. Турбогенераторы серии ТВМ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.012-2009 Турбогенераторы серии ТЗВ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.013-2009 Турбогенераторы единой серии ТВФ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования

- СТО 70238424.29.160.20.014-2009. Турбогенераторы единой серии Т. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.016-2009. Турбогенераторы единой серии ТВВ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

- СТО 70238424.29.160.20.017-2009. Турбогенераторы серии ТГВ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования.

Наиболее наглядное представление о режимах работы турбогенератора дает диаграмма допустимых нагрузок (диаграмма мощности, нагрузочная диаграмма, PQ -диаграмма). Она показывает пределы работы турбогенератора по реактивной нагрузке Q в зависимости от активной мощности P , обусловленные допустимыми температурами или превышениями температур, а в необходимых случаях также статической устойчивостью турбогенератора.

Основной диаграммой мощности является диаграмма, соответствующая работе генератора при номинальном напряжении, частоте тока, температурах охлаждающих сред и давлении водорода (для машин с водородным охлаждением). Она может быть приведена в инструкции по эксплуатации турбогенератора, однако в простейшем виде она может быть изображена исходя из векторной диаграммы ЭДС, построенной для номинального режима. Также, согласно ГОСТ Р 70940-2023, диаграмма должна быть приведена и для режимов работы с напряжением, отличными от номинальных: $0,95U_{ном}$, $0,9U_{ном}$, $1,05U_{ном}$, $1,1U_{ном}$.

В качестве исходных данных для выполнения ИДЗ выдаются сведения о конкретном турбогенераторе. В соответствии с требованиями нормативных документов и методической литературы необходимо построить диаграмму допустимых нагрузок и сделать выводы о соответствующих режимах работы. Ниже в таблице 2.1 представлены исходные данные для выполнения ИДЗ.

Таблица 2.1 – Исходные данные для выполнения ИДЗ № 2

Вариант	Тип турбогенератора
1	2
1	ТВФ-60-2
2	ТВФ-63-2
3	ТВФ-100-2
4	ТВВ-160-2
5	ТГВ-200М
6	ТЗФ-80-2
7	ТВВ-220-2
8	ТГВ-300
9	ТВВ-320-2
10	ТГВ-500
11	ТВФ-110-2
12	ТФ-125-2
13	ТФ-180-2
14	ТВВ-800-2
15	ТВВ- 1000-2
16	ТВВ-350-2
17	ТВВ-1200-2
18	ТЗВ-400-2
19	ТЗВ-540-2
20	ТЗВ-645-2
21	ТФ-50-2
22	ТФ-36-2
23	ТВС-32-2У3
24	ТФ-25-4
25	ТФ-16-2
26	ТВВ-200-2а
27	ТГВ-500-4
28	ТВВ- 1000-4

Содержание работы:

1. Привести каталожные данные исследуемого турбогенератора. Охарактеризовать представленный гидрогенератор (исполнение, способ охлаждения и т.д.).

2. В соответствии с требованиями нормативных документов, методических указаний и учебно-технической литературы построить (на лист формата А4) подробную диаграмму допустимых нагрузок конкретного турбогенератора с использованием современных средств векторной графики (в крайнем случае, вручную на миллиметровой бумаге). Горизонтальная ось должна соответствовать реактивной мощности, вертикальная – активной. Диаграмма должна быть построена в абсолютных единицах с соответствующей координатной сеткой.

3. Обозначить все возможные режимы работы турбогенератора на диаграмме (а также характерные точки) и ниже в тексте их подробно охарактеризовать.

4. Привести последовательность построения диаграммы допустимых нагрузок турбогенератора и все необходимые для этого расчеты. Получение каждого сегмента диаграммы и точки должно быть однозначно объяснено.

Требования к готовому индивидуальному домашнему заданию:

- выполнении варианта в строгом соответствии с выданным преподавателем вариантом и исходными данными;

- соответствие нормам оформления ТПУ (Приказ ТПУ № 307-1/од от 03.11.2022 «Об утверждении Положения о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистранта в ТПУ», Приложение П, Правила оформления ВКР, https://portal.tpu.ru/standard/final_attestation/vkr);

- наличие титульного листа, цели, задач работы, исходных данных, хода расчетов и соответствующих объяснений, интерпретации полученных данных, заключения с выводами по работе, списка использованных источников и нормативной документации, оформленной по ГОСТ;

- все принципиальные решения должны сопровождаться ссылками на нормативно-техническую документацию и литературу.

3. Темы и вопросы для защиты ИДЗ

1. Основные термины и определения: энергетическая система, электроэнергетическая система, электрическая сеть, электрическая станция, электрическая часть электрических станций.

2. Гидроэлектростанции: особенности, основное оборудование, технологическая схема, технико-экономические показатели, преимущества, недостатки.

3. Тепловые электрические станции: особенности, основное оборудование, технологическая схема, технико-экономические показатели, преимущества, недостатки.

4. Атомные электрические станции: особенности, основное оборудование, технологическая схема, технико-экономические показатели, преимущества, недостатки.

5. Основные нормативные документы, регулирующие вопросы эксплуатации электрооборудования электрических станций.

5. Общие требования к эксплуатации гидро-и турбогенераторов, согласно актуальным нормативным документам.

6. Допустимые условия и режимы работы гидро-и турбогенераторов.

7. Диаграмма допустимых нагрузок турбогенератора: методика построения, возможные режимы работы.

Список литературы

1. Колодяжный, В. В. Основы эксплуатации электрических станций и подстанций : учебное пособие для вузов / В. В. Колодяжный. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 224 с. – ISBN 978-5-507-48886-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/401090> (дата обращения: 13.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Козлов, А. Н. Гидравлические электрические станции : учебное пособие / А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева ; составитель А. Н. Козлов [и др.]. – Благовещенск : АмГУ, 2017. – 372 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156448> (дата обращения: 13.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Прасол, Д. А. Электрические станции и подстанции: конспект лекций : учебное пособие / Д. А. Прасол. – Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – 114 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/177603> (дата обращения: 13.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Афонин, В. В. Электрические станции и подстанции : учебное пособие : в 2 частях / В. В. Афонин, К. А. Набатов. – Тамбов : ТГТУ, 2017 – Часть 2 : Электрические станции и подстанции – 2017. – 98 с. – ISBN 978-5-8265-1298-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/319826> (дата обращения: 13.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Ветров, В. И. Режимы электрооборудования электрических станций/Ветров В.И., Быкова Л.Б., Ключенович В.И. – Новосибирск : НГТУ, 2010. – 243 с.: ISBN 978-5-7782-1456-9. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/546110> (дата обращения: 20.07.2024). – Режим доступа: по подписке.
6. Электрическая часть тепловых электрических станций : учебник / М. А. Купарев, И. И. Литвинов, В. Е. Глазырин [и др.]. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – 275 с. – (Серия «Учебники НГТУ»). – ISBN 978-5-7782-4042-1. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1870573> (дата обращения: 20.07.2024). – Режим доступа: по подписке.
7. Коломиец, Н. В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций: Учебное пособие / Коломиец Н.В.,

Пономарчук Н.Р., Елгина Г.А. – Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. – 72 с. – Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/674038> (дата обращения: 20.07.2024). – Режим доступа: по подписке.

8. Старшинов В.А. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 296 с.: ил.