



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ЭСиС

В.В. Максимов

«01» сентября 2019 г.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ
на учебную практику

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Образовательная программа «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»

Выпускающая кафедра «Электроэнергетические системы и сети» (ЭСиС)

Место прохождения практики КГЭУ, ФГБОУ ВО «КГЭУ», кафедра ЭСиС

Обучающийся Хилажев Тимур Ильгизович, 3 курс, ЭС-3-17

Период прохождения практики 02.09.2019 – 28.12.2019

Руководитель практики от Университета: профессор Маклецов А. М.

Индивидуальное задание на практику: Эксплуатация синхронных генераторов

График (план) проведения практики с перечнем и описанием работ:

№ п/п	Перечень и описание работ	Сроки выполнения
	Подготовительный этап	
1	Установочная лекция	
2	Инструктаж по технике безопасности	
3	Общее ознакомление с предприятием (подразделением)	
	Технологический этап	
4	Изучение информации о компании АВВ и её продукции. Изучение устройства элегазовых высоковольтных выключателей. Сбор информации и составление отчёта. ПК-4.	
5	Освоение прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования при инженерном проектировании технических объектов предприятия. ПК-3.	
6	Изучение проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современные технологии утилизации отходов электроэнергетической и электротехнической промышленности, научно-техническую политику в области технологии и проектирования электротехнических изделий и электроэнергетических объектов. ПК-4.	
7	Изучение способов и методов управления проектами электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения. ОК-2.	

8	Изучение способов и методов эксплуатации, испытания и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности. ОК-2, ПК-4.	
9	Изучение методов и средств автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетической и электротехнической промышленности. ПК-3.	
10	Изучение приемов и методов работы с персоналом, методов оценки качества и результативности труда персонала, требований безопасности жизнедеятельности. ОК-2.	
11	Изучение мероприятий по экологической безопасности предприятий. ПК-3.	
12	Изучение способов и методов проверки и диагностики технического состояния и остаточного ресурса оборудования и организации профилактических осмотров, и испытаний. ПК-4.	
13	Изучение способов и методов освоения нового и перспективного оборудования, оформления технической документации. ПК-4.	
	Отчетный этап	
14	Составление отчета по теме учебной практики 1, согласно индивидуальному заданию. ОК-2, ПК-3, ПК-4.	
15	Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	хорошо

Руководитель практики от Университета _____ Маклецов А. М.
Согласовано:

Руководитель практики
от профильной организации _____ Р.М Гиматов
(подпись) (расшифровка)
С индивидуальным заданием ознакомлен _____ Хилажев Т.И.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ДНЕВНИК

УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ 1 НОРМАТИВНОЙ – ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Фамилия И.О. Хилажев Тимур Ильгизович

Институт ИЭЭ курс 3 группа ЭС-3-17

Период практики с 2.09.2019 - 28.12.2019

Способ проведения практики стационарная
выездная/стационарная

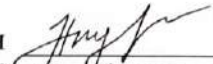
Профильная организация ФГБОУ ВО «КГУ»
наименование профильной организации

Подразделение кафедра ЭСиС

Рабочее место ФГБОУ ВО «КГУ», кафедра ЭСиС
наименование и расположение места прохождения практики

Сведения о производственной практике (практике по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)

1. Приказ по КГЭУ от 23.08.2019 г. № 979 дс

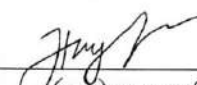
2. С программой производственной практики ознакомлен 
(подпись обучающегося)

3. Прибыл в профильную организацию « 2 » сентября 2019 г.

4. Руководителем практики от профильной организации назначен(а)
зав. учебной лабораторией  Гиматов Р.М.
(должность) (Фамилия И.О.)

5. Вводный инструктаж по технике безопасности прошел(ла)

« 2 » сентября 2019 г.

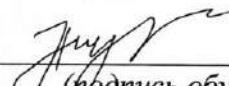

(подпись обучающегося)

6. Руководителем практики на рабочем месте назначен(а):

зав. учебной лабораторией  Гиматов Р.В.
(должность) (Фамилия И.О.)

7. Инструктаж по технике безопасности на рабочем месте прошел(ла)

« 2 » сентября 2019 г.


(подпись обучающегося)

5. Индивидуальное задание: проанализировать и усовершенствовать программное обеспечение, применяемое на предприятии (в организации), для этого выполнить ряд работ:

- 1) послушать установочную лекцию
- 2) получить инструктаж по технике безопасности
- 2) ознакомиться с предприятием (подразделением)
- 3) изучить основы эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с индивидуальным заданием)
- 4) освоить прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования при инженерном проектировании технических объектов предприятия
- 5) изучить проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современные технологии утилизации отходов электроэнергетической и электротехнической промышленности, научно-техническую политику в области технологии и проектирования электротехнических изделий и электроэнергетических объектов
- 6) изучить способы и методы управления проектами электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения

- 7) изучить способы и методы эксплуатации, испытания и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности
- 8) изучить методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетической и электротехнической промышленности
- 9) изучить приемы и методы работы с персоналом, методы оценки качества и результативности труда персонала, требования безопасности жизнедеятельности
- 10) изучить мероприятия по экологической безопасности предприятий
- 11) изучить способы и методы проверки и диагностики технического состояния и остаточного ресурса оборудования и организации профилактических осмотров, и испытаний
- 12) изучить способы и методы освоения нового и перспективного оборудования, оформления технической документации
- 13) составить отчет по теме производственной практики, согласно индивидуальному заданию

**Работы, выполненные обучающимся во время прохождения
практики**

Дата	Рабочее место	Содержание выполненной работы
3.09.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Слушание установочной лекции
10.09.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Прохождение инструктажа по технике безопасности
17.09.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Общее ознакомление с предприятием (подразделением)
24.09.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение основ эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с индивидуальным заданием)
1.10.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Освоение прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования при инженерном проектировании технических объектов предприятия
8.10.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современные технологии утилизации отходов электроэнергетической и электротехнической промышленности, научно-техническую политику в области технологии и проектирования электротехнических изделий и электроэнергетических объектов
15.10.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение способов и методов управления проектами электроэнергетических и электротехнических установок различного назначения
22.10.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение способов и методов эксплуатации, испытания и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности
29.10.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение методов и средств автоматизированных систем управления технологическими процессами в электроэнергетической и электротехнической промышленности
5.11.2019	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение приемов и методов работы с персоналом, методов оценки качества и результативности труда персонала, требований безопасности жизнедеятельности
3.12.2019	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение мероприятий по экологической безопасности предприятий
10.12.2019	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение способов и методов проверки и диагностики технического состояния и остаточного ресурса оборудования и организации профилактических осмотров, и испытаний
17.10.2019	Лаборатория «Электроэнергетика»	Изучение способов и методов освоения нового и перспективного оборудования, оформления технической документации
27.12.19	Лаборатория «Электроэнергетика»	Составление отчета по теме производственной практики, согласно индивидуальному заданию

Подпись руководителя практики от профильной организации

 Гиматов Р.М.

Краткие сведения о выполнении индивидуального задания:

Изучила устройство синхронных генераторов, ознакомилась с принципом действия.

Результаты обучения по производственной практике, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОП.

ОПК – 2 способность применять соответствующие физ. мат аппарат, методы и моделирования теоретического и экспериментального исследования и решения задач.

Выводы, замечания и предложения по прохождению производственной практики:

Программа практики выполнена в полном объеме. Рекомендуется продолжить освоение проектного вида деятельности в ходе дальнейшего учебного процесса и подготовки ВКР

Оценка по практике от профильной организации хорошо

Подпись руководителя практики от профильной организации _____ М.П.

Подпись руководителя практики от КГЭУ _____

ОТЗЫВ

на Хилажев Тимур Ильгизович
(Ф.И.О. обучающего(ей)ся)

проходившего(ую) учебной практики 1 по нормативной – технической
эксплуатационной документации.

в период с 02.09.2019 по 28.12.2019 в Казанском государственном
энергетическом университете

(название профильной организации)

За время прохождения практики Хилажев Тимур Ильгизович изучил(а)
вопросы:

1. Ознакомление с синхронными генераторами
2. Эксплуатация и испытания синхронных генераторов
3. Анализ по полученной информации и составление отчёта
4. _____
5. _____

При прохождении практики Хилажев Т. И. проявил себя как исполнительный и ответственный студент, вовремя и в срок выполнял задания. В соответствие с программой практики получил навыки инсталляции программного обеспечения информационных и автоматизированных систем, использования основных технологии создания и внедрения информационных систем, разработки алгоритмов решения практических задач, освоения методики использования программных средств.

Практика может быть оценена на

хорошо

(оценка прописью)

Подпись руководителя практики
от профильной организации _____



зав.уч. лаб. Гиматов Р.М.

(Фамилия И.О. с указанием
занимаемой должности)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ИЭЭ
Кафедра ЭСиС

О Т Ч Е Т

по учебной практике 1 (нормативной – технической и эксплуатационной
документации)

Хилажев Тимур Ильгизович,

обучающийся в группе ЭС-3-17 по образовательной программе

«Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы,
устойчивость и надежность»
направления подготовки

13.04.02

«Электроэнергетика и электротехника»

ОТЧЕТ ПРОВЕРИЛ

Руководитель практики

профессор Маклецов А. М.

« 27 » декабря 2019 г.

ОЦЕНКА при защите отчета:

хорошо

Председатель комиссии

_____ /

Члены комиссии

Гиматов Р.М.

Маклецов А. М.

« 27 » декабря 2019 г.

Казань, 2019 г.

АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЛИСТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ
оценка результатов выполнения индивидуального задания

Этапы практики	Проверяемые индикаторы компетенций	Оценочное средство	Количество баллов
Технологический этап		Собеседование по отчету	
		Собеседование по отчету	
		Собеседование по отчету	
		Собеседование по отчету	
Отчетный этап		Собеседование по отчету	
		Собеседование по отчету	
	Итого		73

Суммарный балл оценки руководителя от КГЭУ: 73

Итоговая шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах БРС:	Словесное выражение	Уровень сформированности компетенций ОК-2, ПК-3, ОПК-4
5	от 85 до 100	Отлично	Компетенции сформированы на высоком уровне
4	от 70 до 84	Хорошо	Компетенции сформированы на достаточном уровне
3	от 55 до 69	Удовлетворительно	Компетенции сформированы на низком уровне
2	до 55	Неудовлетворительно	Компетенции не сформированы

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА 4

Руководитель практики от КГЭУ _____

Оглавление

Введение	2
1. Принцип работы синхронного генератора.....	3
2. Устройство синхронных генераторов	8
3. Смотры и проверки генераторов.....	10
4. Нормальные режимы работы генераторов.....	15
5. Допустимые перегрузки гераторов.....	22
6 . Несимметричные режимы работы генераторов работы.....	24
Вывод	27

Введение

Синхронная машина состоит из двух основных частей: неподвижной - статора и вращающейся - ротора, и имеет две основные обмотки. Одна обмотка подключается к источнику постоянного тока. Протекающий по этой обмотке ток создает основное магнитное поле машины. Эта обмотка располагается на полюсах и называется обмоткой возбуждения. Иногда у машин небольшой мощности обмотка возбуждения отсутствует, а магнитное поле создается постоянными магнитами. Другая обмотка является обмоткой якоря. В ней индуцируется основная ЭДС машины. Она укладывается в пазы якоря и состоит из одной, двух или трех обмоток фаз. Наибольшее распространение в синхронных машинах нашли трехфазные обмотки якоря.

1. Принцип работы синхронного генератора

В синхронных машинах чаще всего находит применение конструкция, при которой, обмотка якоря располагается на статоре, а обмотка возбуждения - на роторе (рис. 1). Синхронные машины небольшой мощности иногда имеют обращенное исполнение, когда обмотка якоря располагается на роторе, а обмотка возбуждения - на полюсах статора (рис. 2). В электромагнитном отношении обе конструкции равноценны.

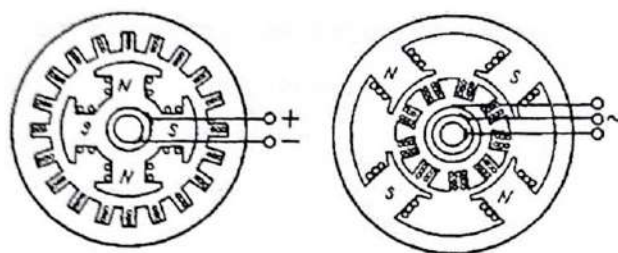
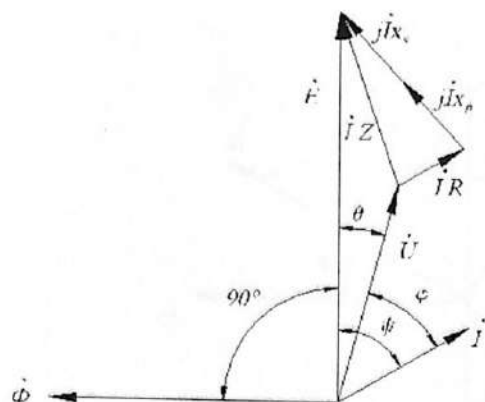


Рис. 1. Конструктивный вариант синхронной машины, при котором обмотка якоря располагается на статоре, а обмотка возбуждения - на роторе

Рис. 2. Конструктивный вариант синхронной машины, при котором обмотка якоря располагается на роторе, а обмотка возбуждения - на статоре

Рассмотрим принцип действия синхронного генератора. Если через обмотку возбуждения протекает постоянный ток, то он создает постоянное во времени магнитное поле с чередующейся полярностью. При вращении полюсов и, следовательно, магнитного поля относительно проводников обмотки якоря в них индуцируются переменные ЭДС, которые, суммируясь, определяют результирующие ЭДС фаз.

Если на якоре уложены три одинаковые обмотки, магнитные оси которых сдвинуты в пространстве на электрический угол, равный 120° , то в этих обмотках индуцируются ЭДС, образующие трехфазную систему. Частота индуцируемых в обмотках ЭДС зависит от числа пар полюсов p и частоты вращения ротора n : $f_1 = np/60$.



Векторная диаграмма синхронной машины в режиме генератора

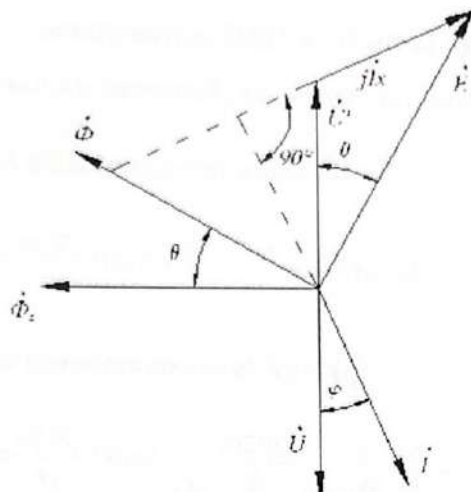
Поток ротора $\dot{\Phi}$ направим влево по оси абсцисс (рис. 3.4). Вектор ЭДС $\dot{E}$, индуцируемой потоком ротора $\dot{\Phi}$, отстает от него на 90 градусов. Вектор тока статора $\dot{I}$ отстает от вектора $\dot{E}$ на угол ψ , определяемый выражением:

$$\psi = \arctg \frac{x + x_H}{R + R_H},$$

x_H и R_H - индуктивное и активное сопротивление цепи нагрузки генератора.

Чтобы определить положение вектора $\dot{U}$, опустим из конца вектора $\dot{E}$ перпендикуляр на направление вектора $\dot{I}$. На этом перпендикуляре, чтобы вычесть из $\dot{E}$ реактивное напряжение $jx\dot{I}$, отложим это реактивное напряжение вниз. Затем влево из полученной точки, параллельно вектору $\dot{I}$ отложим активное напряжение $\dot{I}R$. Соединив полученную точку с началом координат, мы найдем вектор напряжения $\dot{U} = \dot{E} - jx\dot{I} - R\dot{I}$. Соединив ту же точку с концом вектора $\dot{E}$, получим треугольник внутренних падений напряжения генератора с гипотену Δ

диаграмма синхронного двигателя



Будем считать, что возбуждение машины при переходе от генераторного режима к двигательному осталось неизменным, и поэтому сохраним в диаграмме двигателя, как и в диаграмме генератора, ту же длину вектора $\vec{E}$, но отложим теперь $\vec{E}$ отстающим от $\vec{U}'$ на угол θ . Направление вектора $jX_s \vec{I}$ определяется условием $\vec{U}' + jX_s \vec{I} = \vec{E}$. Чтобы определить направление вектора $\vec{I}$ продолжим $jX_s \vec{I}$ (полученное вычитанием из вектора $\vec{E}$ вектора $\vec{U}'$) и на эту прямую опустим перпендикуляр из начала координат и отложим на нем $\vec{I}$. Теперь $\vec{I}$ отстает от $\vec{U}'$ более чем на 90 градусов. Положительную мощность ток $\vec{I}$ создает не с $\vec{U}'$, а с напряжением сети $\vec{U}$. Векторы потоков $\vec{\Phi}$ и $\vec{\Phi}_d$ строим каждый под углом 90 градусов к вектору индуцируемой ими ЭДС (т.е. к $\vec{E}$ и $\vec{U}'$).

Режим двигателя устойчив при изменении θ в пределах от 0 до -90 и неустойчив при $\theta < -90$ градусов, когда возрастание θ не увеличивает, а уменьшает вращающий момент. Если механический тормозящий момент, приложенный к валу двигателя, превзойдет максимальное значение вращающего электромагнитного момента $M_{э.м.мах}$, то произойдет выпадение двигателя из синхронизма - ротор постепенно уменьшит скорость

и, наконец, остановится, ЭДС в обмотке уменьшится до 0, а токи достигнут весьма больших значений, во много раз превышающих номинальные.

Для явнополюсной машины

$$P = \frac{mUE_0}{x_d} \sin \vartheta + \frac{mU^2}{2} \left[\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right] \sin 2\vartheta$$

Для неявнополюсной $X_d = X_q$

$$P = \frac{mUE_0}{x_d} \sin \vartheta \quad Q = \frac{mUE_0}{x_d} \cos \vartheta - \frac{mU^2}{x_d}$$

На электрических станциях применяют трехфазные синхронные генераторы переменного тока высокого и низкого напряжений.

Слово синхронный обозначает — одновременный. Это значит, что одновременно и в строгой математической зависимости с изменением оборотов изменяется частота тока. Эта зависимость определяется формулой

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}, \quad (129)$$

где n_1 — число оборотов генератора в минуту, f_1 — частота тока генератора (Гц), p — число пар полюсов в роторе генератора. Синхронный генератор состоит из неподвижной части — статора, в пазах которого помещается трехфазная обмотка переменного тока, и вращающейся части — ротора, который представляет собой электромагнит (рис. 163).

Обмотки возбуждения ротора питаются через щетки и кольца постоянным током от возбудителя — машины постоянного тока или какого-нибудь выпрямителя.

Ротор синхронного генератора, находящийся внутри статора, вращают первичным двигателем, при этом магнитное поле ротора пересекает витки трехфазной обмотки статора и индуцирует в них э. д. с. переменного тока.

В некоторых конструкциях синхронных генераторов обмотки полюсов неподвижны и укреплены на станине, а вращается трехфазная обмотка переменного тока, выполняемая в пазах стального цилиндра, набранного из листов электротехнической стали. Переменный ток в этом случае снимают с колец, т. е. скользящим контактом, что является недостатком таких генераторов. Широкого распространения эти типы генераторов не нашли.

2. Устройство синхронных генераторов

Статор синхронного генератора состоит из чугунной станины — корпуса, внутри которого находится сердечник статора, собранный из отдельных листов электротехнической стали, изолированной между собой лаком или

тонкой бумагой. В пазы сердечника укладывают обмотку статора из медного изолированного провода (рис. 164).

Роторы синхронных генераторов бывают двух типов — явнополюсными и неявнополюсными.

Явнополюсными выполняют роторы синхронных генераторов с небольшим числом оборотов, обычно соединяемых с тихоходными гидротурбинами, и генераторов небольшой и средней мощности (рис. 165).

Роторы неявнополюсные применяют в генераторах с большим числом оборотов (3000 об/мин) и большой мощности, обычно соединяемых на одном валу с паровыми турбинами, называют эти генераторы турбогенераторами

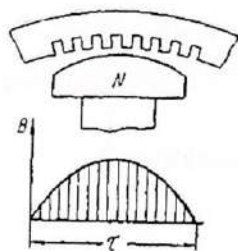


Рис 167 Распределение магнитной индукции в воздушном зазоре между наконечником полюса и сталью статора

Сердечники полюсов большей частью изготовляют из литой стали, а башмаки — иногда из отдельных листов электротехнической стали. Обмотку полюсов выполняют из медных изолированных проводов. Для получения синусоидально изменяющейся э. д. с. необходимо иметь

синусоидальное распределение магнитной индукции в воздушном зазоре. Это достигается неравномерностью воздушного зазора между наконечником полюса и сталью статора: по краям полюсов воздушный зазор больше, чем под серединой полюса (рис. 167).

На вал генератора надевают два кольца, изолированных от него, к которым присоединяют выводы обмотки возбуждения ротора, их называют контактными кольцами. На контактные кольца устанавливают щетки, а к щеткам подводят постоянный ток от возбудителя.

Чаще всего в качестве возбудителя применяют машину постоянного тока, которую называют машинным возбудителем, а в последнее время используют для возбуждения твердые или механические выпрямители.

У большего количества синхронных машин возбудитель расположен на одном валу с генератором (рис. 168), а в последних конструкциях возбудитель располагают сверху статора синхронной машины (рис. 169). Отечественной электропромышленностью выпускаются синхронные генераторы различной мощности горизонтальные и вертикальные.

Генераторы мощностью до 400 кВА и более выпускаются на напряжение 400/230В и начиная с мощности 400 кВА на напряжение 6300В.

Горизонтальные генераторы типа СГ (С — синхронный, Г — генератор) выпускаются с машинным возбудителем, с возбуждением от твердых выпрямителей (СГС), с возбуждением от механических выпрямителей (СГТ) и другие.

Вертикальные гидрогенераторы типа ВГС (В — вертикальный, Г — гидрогенератор, С — синхронный) выпускаются мощностью от 250 до 4800 кВА с машинными возбудителями

Выпускаются синхронные генераторы для сопряжения с дизелями на одном валу типа СГД — мощностью до 1000 кВА

в первом случае получит ускорение, и отдаваемая им на сеть активная мощность увеличится, во втором случае ротор получит замедление, тогда мощность генератора уменьшится.

Для изменения реактивной мощности генератора изменяют его возбуждение.

3. Смотры и проверки генераторов

Осмотры и проверки генераторов производятся персоналом электроцеха перед пуском и во время работы. При этом осматриваются генератор и оборудование, включаемое вместе с ним в работу.

При осмотре генератора перед пуском после ремонта проверяется, все ли работы закончены и имеется ли об этом запись в журнале ремонта. Обращается внимание на состояние щеток на кольцах ротора и на коллекторе возбuditеля, проверяется, не выступает ли слюда и не затянuty ли медью промежутки между коллекторными пластинами, нет ли подгара и рисок-задиrow на пластинах, не загрязнена ли изоляция щеточных аппаратов. Сработавшиеся щетки подлежат замене. Пыль и грязь на изоляции щеточных аппаратов удаляются путем протирки. О дефектах, которые сменный персонал своими силами устранить не может, сообщается руководству электроцеха.

При осмотре помещения выводов и ячейки генератора проверяется отсутствие закороток на ошиновке, следов нагрева контактных соединений по термоуказателям или по цветам побежалости. Проверяется, не попадает ли масло на оборудование выводов. Включается вентиляция помещения выводов. Производится опробование автомата гашения поля (АГП) и выключателей включением и отключением.

Проверяется готовность к пуску газомасляной системы генератора и системы водяного охлаждения обмоток. Особенно важно убедиться в том, что все вентили на маслопроводах подачи масла на уплотнения от системы регулирования через инжектор открыты, так как наиболее надежно производить пуск при поступлении масла на уплотнения от инжектора. Совместно с машинистом турбины проверяется работа АВР маслонасосов

турбины и водородного охлаждения, конденсатных, циркуляционных и других насосов. Перед проверкой АВР измеряется сопротивление изоляции всех двигателей, принадлежащих турбоагрегату, если они были в ремонте или длительно находились в резерве. Готовится к включению в работу система возбуждения согласно инструкции.

Измеряется сопротивление изоляции обмотки статора мегаомметром 2500 В и цепи ротора мегаомметром 500—1000 В. Результаты измерения сравниваются с данными предыдущих измерений. При уменьшении сопротивления изоляции обмотки статора в 3—5 раз, в цепи ротора ниже нормированного значения следует, разделяя цепи, определить участок с пониженной изоляцией и принять меры к восстановлению ее.

Сопротивления изоляции всей цепи возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов с газовым охлаждением обмотки ротора и с воздушным охлаждением элементов системы возбуждения должно быть не менее 0,5 МОм, при водяном охлаждении полупроводниковых преобразователей— не менее 100 кОм. Сопротивление изоляции цепи возбуждения с водяным охлаждением обмотки ротора должно быть не менее 10 кОм. Однако при удалении дистиллята из обмотки с продувкой сжатым воздухом сопротивление изоляции обмотки должно быть не менее 0,5 МОм.

Во время пуска при повышении частоты вращения генератора необходимо следить за тем, поддерживает ли регулятор необходимый перепад между давлениями масла на уплотнения и водорода в генераторе, не понизилось ли давление масла перед регулятором до недопустимо низкого значения. Необходимо также следить за температурой вкладышей уплотнений по термометрам сопротивлений, а если их нет, то по температуре масла, сливаемого из уплотнения, и по нагреву корпусов уплотнений. Если при этом будет обнаружена ненормальность, следует снизить частоту вращения генератора для выяснения и устранения причины ненормальности.

При осмотре генератора, находящегося в работе, проверяют:

нет ли искрения на кольцах ротора и коллекторе возбuditеля, не загрязнены ли щеточные аппараты, не попадают ли на кольца и коллектор пары масла, нет ли на коллекторе рисок, появляющихся при наличии на поверхности щеток металлических или абразивных включений или при срабатывании щеток до такой степени, что их медная ар-мировка начинает задевать за коллекторные пластины;

не усилилась ли вибрация подшипников, не изменился ли шум генератора;

какова температура подшипников и вкладышей уплотнений, холодного и горячего газа и другие параметры охлаждения;

не увеличился ли слив масла из уплотнений в сторону водорода;

нормален ли перепад между давлениями масла на уплотнения и водорода;

вращается ли золотник регулятора, если в схеме масло-снабжения установлен регулятор типа ДРДМ-12М.

При обнаружении ненормальностей в работе следует выяснить причины и по возможности принять меры к их устранению.

Осмотр генератора должен производиться начальником смены электроцеха не реже 1 раза в смену и мастером по генераторам не реже 1 раза в сутки. Кроме того, контактные кольца ротора и коллектор возбuditеля должны осматриваться дежурным электромонтером в установленные сроки. Машинист турбины должен следить за нагревом уплотнений и подшипников генератора и возбuditеля. Он обязан контролировать и регулировать температуру охлаждающей среды в генераторе, периодически прослушивать генератор, наблюдать за чистотой выступающей части изоляции под стулом

подшипников генератора и возбудителя и не допускать закорачивания ее металлическими предметами.

Газоохладители и теплообменники наиболее эффективно работают, если трубки полностью заполнены водой. Поэтому температура охлаждающего газа или конденсата регулируется изменением количества охлаждающей воды, открытием или прикрытием не напорной, а общей сливной задвижки. Сливные задвижки после каждого охладителя прикрываются лишь настолько, чтобы обеспечить равномерный расход воды через все газоохладители и полное заполнение их водой при номинальной нагрузке генератора. Общая напорная задвижка и напорные задвижки перед каждым газоохладителем должны быть открыты полностью. Только при наличии слива воды из всех дренажных кранов, присоединенных к верхним точкам сливных камер газоохладителей, можно быть уверенным, что воздух в газоохладителях отсутствует.

Резкое увеличение расхода охлаждающей воды через нагретые газоохладители может привести к нарушению плотности вальцовки трубок в трубной доске. Поэтому таких случаев следует избегать. При пуске генератора охлаждающая вода в газоохладители должна быть подана до того, как они сильно нагреются,

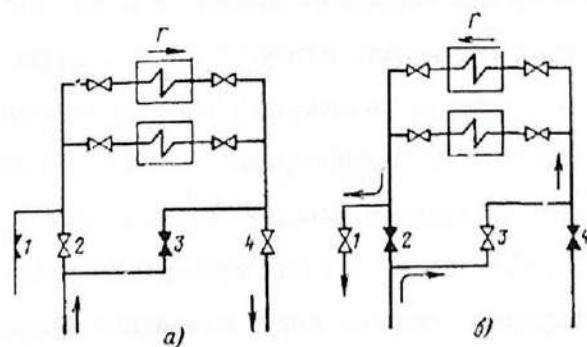


Рис. 4.1. Схема промывки газоохладителей обратным ходом воды:

а — нормальный режим охлаждения; б — режим промывки; Г — газоохладители; 1—4 — задвижки

Если входные отверстия трубок газоохладителей забиваются мелкой щепой, листьями и другим мусором, их охлаждающая способность резко снижается. Для восстановления их нормальной работы приходится поочередно отключать каждый газоохладитель, вскрывать на нем торцевые крышки и удалять мусор, забивший трубки, вручную. Эта операция на генераторах с водородным охлаждением не только трудоемка, но и небезопасна, так как проводится, как правило, без вытеснения водорода. При наличии схемы промывки газоохладителей обратным ходом воды (рис. 4.1) необходимость в частой ручной чистке газоохладителей отпадает. Для промывки газоохладителей закрываются задвижки на сливе 4 и входе 2 и открываются задвижки 1 и 3. Вода вместе со смытым мусором и грязью сбрасывается в дренажные каналы. Промывку заканчивают после того, как вода из газоохладителей пойдет чистой. Обычно промывка продолжается 5—10 мин и, как правило, проводится на неработающем генераторе. При необходимости промывку можно производить и на работающем, но по возможности разгруженном генераторе.

Наблюдение за работой генератора ведется как по измерительным приборам, так и визуально. Показания электрических приборов генератора, температуры стали и обмотки статора, охлаждающей среды и вкладышей подшипников должны записываться не реже 2 раз в смену. В те же сроки у турбогенераторов с водородными и водородно-водяным охлаждением должны записываться: чистота и давление водорода, давление масла на уплотнения, температура газа или конденсата на входе в обмотку и выходе из нее, расход конденсата через обмотку, температура воды (конденсата) на входе в газоохладители (теплообменники) и выходе из них, давление воды в напорном коллекторе газоохладителей (теплообменников).

4. Нормальные режимы работы генераторов

Нормальными режимами генератора являются такие, при которых он работает с номинальными параметрами, указанными на заводской таблице и в паспорте, или с отклонениями, допустимыми по ГОСТ или ТУ. Работа генератора точно с номинальными параметрами называется, кроме того, номинальным режимом. К основным параметрам генератора относятся: полная мощность, напряжение и ток статора, ток ротора, коэффициент мощности, частота, температура и давление охлаждающей среды.

Длительно допустимые значения тока статора и ротора генератора в зависимости от конкретных значений давления газа и температуры охлаждающей среды, а также от значения рабочего напряжения на выводах статора обычно указываются в так называемой режимной карте генератора, которой пользуются при его эксплуатации.

При составлении режимных карт руководствуются следующими соображениями. Длительно допустимые токи статора и ротора должны быть снижены, если температура охлаждающей среды или давление газа отличаются от номинального в сторону ухудшения охлаждения. Если температура охлаждающего газа ниже номинальной, то мощность генератора разрешается повысить.

Допустимые при пониженной температуре холодного газа токи ротора и статора, если они не указаны заводом-изготовителем, устанавливаются на основании испытания на нагрев. При этом не должны быть превышены наибольшие допустимые в эксплуатации температуры, определенные при номинальном режиме. Не допускается увеличивать мощность при снижении температуры входящей в обмотку воды для генераторов с водяным охлаждением обмотки статора.

Если температура охлаждающего газа выше номинальной, то допустимые токи статора и ротора уменьшаются до значений, при которых

температуры обмоток не будут превышать наибольших допустимых в эксплуатации. При температуре входящего газа выше 55°C работа генераторов не допускается.

Для генераторов с водяным охлаждением обмотки статора снижение нагрузки в случае повышения температуры входящей в обмотку воды выше номинальной должно быть таким, чтобы температура выходящей из обмотки воды не превысила 85°C .

Отклонение от номинального давления водорода в генераторе не должно быть больше $\pm 0,02$ МПа для генераторов с давлением 0,1 МПа и выше; $\pm 0,01$ МПа для генераторов с давлением водорода 0,05 МПа и выше и $\pm 0,001$ МПа для генераторов с давлением водорода 0,005 МПа. Снижение водорода сверх нормы для генераторов с давлением 0,005 МПа опасно в основном из-за возможности попадания воздуха в машину при сбросе нагрузки или при появлении утечки, а для генераторов с высоким давлением — из-за перегрева обмоток. Допустимая нагрузка при снижении давления водорода для этих генераторов устанавливается заводом-изготовителем или определяется испытанием на нагрев. При повышении давления сверх нормы снижается надежность системы водородного охлаждения. Например, из-за выпучивания при этом торцевых щитов может нарушиться работа уплотнений и появиться опасная утечка водорода, угрожающая пожаром или взрывом.

Для предотвращения конденсации влаги на стенках газоохладителей температура точки росы водорода в корпусе генератора при рабочем давлении должна быть ниже, чем температура воды на входе в газоохладители, но не выше 15°C . Последнее требование фактически определяет влаго-содержание газа не более $12,8\text{ г/м}^3$. Повышение влажности водорода в генераторе при отсутствии течи воды в газоохладителях и применении для подпитки хорошо осушенного водорода может произойти

только за счет попадания влаги вместе с воздухом из масла, сливающегося из уплотнений в сторону водорода.

Повышение влажности водорода снижает надежность и срок службы изоляции, вредно сказывается на механической прочности бандажей ротора, ограничивает снижение температуры холодного водорода в зимнее время из-за возможности конденсации влаги на стенках газоохладителей. Наконец, повышение влагосодержания в газе на 1 г/м³, увеличивая плотность газовой смеси, повышает вентиляционные потери в генераторе на 0,8—1 %. В настоящее время для снижения влагосодержания газа начали применять холодильные установки.

Генераторы с поверхностным водородным охлаждением могут работать на воздушном охлаждении при сниженной нагрузке. Для генераторов с непосредственным охлаждением работа с нагрузкой на воздушном охлаждении недопустима, так как это привело бы к перегреву и повреждению обмотки. Генераторы серии ТВФ должны быть переведены на водород до включения в сеть, а генераторы серий ТВВ и ТГВ при воздушном охлаждении могут работать на ХХ только без возбуждения и то кратковременно. Чистота водорода в генераторе должна быть не ниже следующих значений:

Чистота водорода, %

Давление водорода, МПа:

До 0,05..... 95

0,05 и выше в генераторах с косвенным охлаждением . . 97 В
генераторах с непосредственным охлаждением и синхронных
компенсаторах..... 98

Снижение чистоты водорода на 1 % приводит к увеличению вентиляционных потерь на 10—11 %. Например, в генераторе ТВФ-100-2 с

давлением водорода 0,3 МПа при снижении чистоты водорода только на 1 % дополнительные потери составят за год не менее 200 МВт-ч. В более мощных генераторах дополнительные вентиляционные потери при снижении чистоты водорода еще больше. Кроме того, снижение чистоты водорода приводит к ухудшению охлаждения или образованию взрывоопасной смеси. При снижении чистоты водорода ниже нормы генератор должен быть продут путем выпуска из него водорода с пониженной чистотой и добавлением такого же количества чистого водорода из ресиверов или баллонов.

Содержание кислорода в корпусе генератора не должно превышать 1,2 %, а в бачке продувки—2 %. Несоблюдение этого требования резко увеличит опасность образования в генераторе взрывоопасной смеси. Поэтому, если содержание кислорода достигает значений, близких к предельно допустимым, производится продувка генератора чистым водородом, как и при снижении чистоты водорода.

Все генераторы допускают работу с номинальной мощностью при изменении напряжения в пределах $\pm 5\%$ номинального и при допустимых в эксплуатации изменениях частоты. Попутно отметим, что наибольший ток ротора в одном из трех режимов по напряжению (0,95; 1; $1,05^{ном}$) принимается за номинальный ток ротора.

Длительно допустимое отклонение напряжения не должно превышать $\pm 10\%$ номинального. При отклонении напряжения свыше $\pm 5\%$ номинального полная мощность генератора уменьшается согласно указанию завода-изготовителя или на основании испытания.

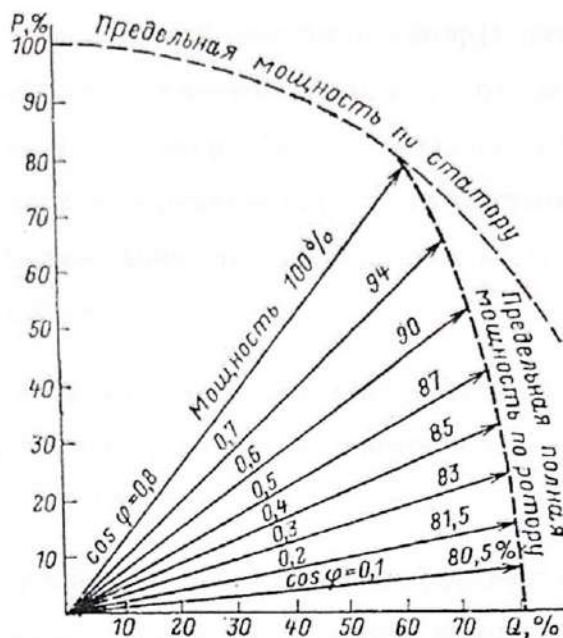


Рис. 4.2. Диаграмма мощности

Повышение напряжения свыше 105 % номинального связано с повышением тока возбуждения и магнитной индукции генератора, что вызывает повышенный нагрев стали статора, возрастание дополнительных потерь в роторе и конструктивных элементах статора. Чтобы не превысить нагрева обмотки ротора и стали статора сверх допустимого в эксплуатации, нагрузка генератора при повышении напряжения сверх 105 % должна понижаться. Уменьшение же мощности генератора при снижении напряжения ниже 95 % номинального вызывается тем, что повышать ток свыше 105 % номинального недопустимо. Повышение напряжения свыше 105 % недопустимо из-за резкого усиления местных перегревов активной стали сердечника статора в результате роста при этом магнитного потока рассеивания.

Рассмотрим работу генератора с различными коэффициентами мощности, пользуясь диаграммой мощности (рис. 4.2). Полная мощность генератора ограничивается:

в зоне перевозбуждения при коэффициенте мощности менее номинального — нагревом обмотки ротора, так как для увеличения реактивной нагрузки необходимо увеличивать ток ротора. При номинальном токе ротора из-за размагничивающего действия реакции реактивного тока статора наибольшее значение тока статора составит всего лишь около 80 % номинального;

в зоне от номинального значения коэффициента мощности до значения, равного единице, — нагревом обмотки статора или допустимой мощностью турбины;

в зоне недовозбуждения (коэффициент мощности менее единицы) — мощностью турбины, током статора, нагревом торцевых элементов сердечника статора.

В режиме недовозбуждения из-за подмагничивающего характера реакции тока статора заметно возрастает аксиальная составляющая магнитного поля рассеивания в зуб-цовой зоне торцевых пакетов сердечника (в основном в трех крайних пакетах), в результате чего резко увеличиваются вихревые токи в листах активной стали, в нажимных плитах и пальцах, вызывающие сильный нагрев этих элементов. Для обмотки статора особенно опасен нагрев активной стали в зоне под пазами и в зубцах, с которыми обмотка непосредственно соприкасается.

Уровень нагрева концевых элементов сердечника статора особенно значителен в генераторах с непосредственным охлаждением, имеющих повышенные электромагнитные нагрузки. Несмотря на меры, принимаемые по снижению нагрева (выполнение разрезов в зубцах крайних пакетов, усиление охлаждения этих пакетов и т.д.), торцевые элементы статора этих машин нагреваются до высоких температур не только в режимах недовозбуждения, но и при работе их с отстающим током при коэффициенте мощности, близком к единице. Поэтому допустимая длительная нагрузка в

режиме недовозбуждения, а также при повышении коэффициента мощности от номинального до единицы для генераторов с непосредственным охлаждением должна определяться на основании специальных испытаний или директивных материалов с учетом обеспечения устойчивости параллельной работы в сети.

Для генераторов с косвенным охлаждением разрешается длительная работа при повышении коэффициента мощности от номинального до единицы с сохранением номинального значения полной мощности.

При регулярной работе генератора в режимах недовозбуждения должно быть обеспечено автоматическое ограничение минимального тока возбуждения для исключения потери устойчивости в случаях внезапного повышения напряжения в сети.

5. Допустимые перегрузки генераторов

В аварийных условиях генераторы и синхронные компенсаторы разрешается кратковременно перегружать по токам статора и ротора согласно ТУ на поставку, а если

Таблица 4.1. Допустимые кратность и продолжительность перегрузки по току статора генераторов и синхронных компенсаторов

Продолжительность перегрузки мин, не более	Кратность перегрузки по току статора генераторов и синхронных компенсаторов			Продолжительность перегрузки, мин, не более	Кратность перегрузки по току статора генераторов и синхронных компенсаторов		
	с косвенным охлаждением обмотки статора	с непосредственным охлаждением обмотки статора			с косвенным охлаждением обмотки статора	с непосредственным охлаждением обмотки статора	
		водой	водородом			водой	водородом
60	1,1	1,1	—	4	1,3	1,3	1,2
15	1,15	1,15	—	3	1,4	1,35	1,25
10	—	—	1,1	2	1,5	1,4	1,3
6	1,2	1,2	1,15	1	2,0	1,5	1,5
5	1,25	1,25	—				

в ТУ такие указания отсутствуют, то кратность перегрузки по току статора, отнесенному к номинальному току, определяется по табл. 4.1.

Допустимая перегрузка по току возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов с косвенным охлаждением обмоток определяется допустимой перегрузкой статора.

Для турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток ротора допустимая перегрузка по току возбуждения определяется кратностью тока, отнесенного к номинальному току ротора, указанной в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Допустимые кратность и продолжительность перегрузки турбогенераторов по току ротора

Продолжительность перегрузки, мин, не более	Кратность перегрузки по току ротора генераторов		Продолжительность перегрузки, мин, не более	Кратность перегрузки по току ротора генераторов	
	ВФ, кроме ВФ-120-2	ТГВ, ТВВ (до 600 МВт включительно), ТВФ-120-2		ВФ, кроме ТВФ-120-2	ТГВ, ТВВ (до 500 МВт включительно), ТВФ-120-2
60		1,06	1/2 1/3		2,0
4 1	,06 1, 2 1,7	1,2 1,5		,0	

Снятие перегрузки роторов с непосредственным охлаждением, как правило, должно производиться автоматически.

Длительность перегрузок генераторов и компенсаторов при авариях в энергосистеме ограничивается недопустимостью перегрева обмоток по условию сохранения электрических и механических свойств изоляции; превышением температуры меди обмотки и бочки ротора, не вызывающим еще остаточных деформаций витков; недопустимостью закипания дистиллята в обмотке.

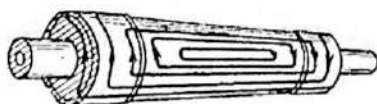
6 . Несимметричные режимы работы генераторов работы

Несимметричный режим, характеризующийся неравенством токов в фазах обмотки статора- генератора, вызывается наличием мощных однофазных нагрузок, например однофазных печей, электротяговых нагрузок, или возникает при обрыве провода линии электропередачи, а также ошиновки ОРУ, при отключении или неотключении одной фазы выключателя с пофазным управлением, при работе генератора через неполнофазную трансформаторную группу и при несимметричных КЗ.

При несимметричном режиме в токе статора появляется составляющая обратной последовательности, которая вызывает магнитный поток, вращающийся относительно ротора с двойной угловой частотой. Этот поток наводит в бочке ротора токи двойной частоты, вызывающие дополнительные потери в элементах ротора и их нагрев (рис. 4.3).

Магнитное поле обратной последовательности вызывает также повышение вибрации.

Эквивалентная глубина проникновения в бочку ротора вихревых токов с частотой 100 Гц невелика и составляет несколько миллиметров в зубцах и около 10—17 мм в клиньях. По этой причине эквивалентное активное сопротивление ротора току двойной частоты значительно и



дополнительные потери в бочке ротора от несимметрии тока статора могут достигнуть больших значений. Для ряда турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток эти потери соизмеримы с номинальными потерями на возбуждение уже при токе обратной последовательности $/2k_{0,22}/\text{ном}$, а при $/2=/\text{ном}$ превышают их в 15—20 раз,

К тому же дополнительные потери распределяются вдоль ротора неравномерно.

Рис. 4.3. Прохождение токов в роторе при несимметричной нагрузке

Наиболее высокий нагрев зубцов и клиньев они вызывают в зонах, ближайших к торцам ротора, и бандажах. Поэтому длительная работа с несимметричной нагрузкой допустима, если разность тока в фазах не превышает 10 % номинального тока для турбогенераторов и 20 % для синхронных компенсаторов.

Продолжительность воздействия больших токов обратной последовательности должна быть строго ограничена и в зависимости от типа генератора определяться критерием термической стойкости ротора $I^2 t$ равным: 30 для генераторов ТВ2; 15 для ТВФ; 8 (в отдельных случаях 5) для ТВВ и ТГВ; 40 для гидрогенераторов и синхронных компенсаторов с косвенным охлаждением; 20 для гидрогенераторов с непосредственным охлаждением обмотки статора.

Для предотвращения повреждения генераторов в случае неполнофазных отключений выключателей блоков, как правило, предусматривается устройство резервирования при отказе выключателей УРОВ, действующее при отказе любой фазы выключателя блока на отключение смежных выключателей секции или всех выключателей системы шин, на которую работает блок.

Если во время плановых остановок блоков одновременно с отключением выключателя производится гашение поля генератора, то при неполнофазном отключении выключателя генератор переходит в режим двигателя без возбуждения с потреблением реактивной мощности из сети. При этом ток обратной последовательности достигает 0,3—0,5 номинального, что выше уставки УРОВ, и последнее приходит в действие. Во избежание подобных тяжелых последствий недопустимо при плановых

остановках генераторов отключать АГП сразу же после отключения выключателя. При возбуждении, обеспечивающем при ХХ номинальное напряжение, и при отсутствии пара в турбине даже при неполнофазном отключении выключателя ток обратной последовательности будет невелик и опасности для генератора представлять не будет. Длительность такого режима будет определяться работой турбины в беспаровом режиме по условию нагрева лопаток и, как правило, не должна превышать 4 мин. За это время должен быть подан пар в турбину.

Вывод

Совершенствование систем регулирования напряжения тяговых генераторов стало возможным в результате развития полупроводниковой техники, внедрения транзисторных и тиристорных преобразователей и усилителей. Тиристорные усилители обладают такими качествами, как малые габаритные размеры при большой мощности, высокий КПД и коэффициент усиления, большое быстродействие. Это позволило на тепловозах с электрической передачей мощности переменного-постоянного тока применить более современную систему регулирования напряжения тягового генератора, содержащую вместо магнитного усилителя и генератора-возбудителя постоянного тока генератор-возбудитель переменного тока и тиристорный усилитель, питающий обмотку возбуждения тягового генератора.