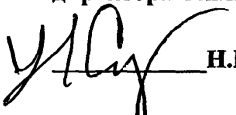
Федеральное агентство по атомной энергии

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Российский государственный концерн по производству
Электрической и тепловой энергии на атомных станциях»
(концерн «РОСЭНЕРГОАТОМ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Генерального
директора-технический директор



Н.М.Сорокин

«___» 18.09. 2007

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ **РД ЭО 1.1.2.19.0726-2007**

Инструкция по техническому обслуживанию щеточно-контактных аппаратов турбогенераторов

Лист согласования

РД ЭО 1.1.2.19.0726-2007 «Инструкция по техническому обслуживанию щеточно-контактных аппаратов турбогенераторов»

Заместитель технического директора по научно-технической поддержке ФГУП концерн «Росэнергоатом» — Н.Н.Давиденко

Руководитель департамента научно-технической поддержки — С.А.Немытов

Руководитель производственно-технического департамента — В.И.Андреев

Нормоконтролер

Лист согласования

РД ЭО 1.1.2.19.0726-2007 «Инструкция по техническому обслуживанию щеточно-контактных аппаратов турбогенераторов»

Генеральный директор
ЗАО«НПО ВЭИ Электроизоляция» Н.В.Крупенин

Ведущий инженер – нормоконтролер Л.Д.Бугрова

Инженер 1 кат И.Н.Попов

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ЩЕТОЧНО-КОНТАКТНЫХ АППАРАТОВ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Дата введения

1 Область применения

1.1Настоящий руководящий документ предназначен для проведения технического обслуживания щеточно-контактных аппаратов (ЩКА) турбогенераторов, а также возбудителей и турбогенераторов собственного расхода (ГСР), имеющих в конструкции узел контактных колец (КК).

1.2 Настоящий руководящий документ устанавливает порядок действий персонала атомных электростанций (АС), осуществляющего оперативное обслуживание и ремонт ЩКА и узла КК.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководящем документе (РД) использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 3647-80 Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля

ГОСТ 5009-82 Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия

ГОСТ 6456-82 Шкурка шлифовальная бумажная. Технические условия

ГОСТ 12232-89 Щетки электрических машин. Размеры и методы определения переходного электрического сопротивления между щеткой и токоведущим проводом и определения усилия вырывания токоведущего

провода

ГОСТ 12652-74 Стеклотекстолит электротехнический листовой. Технические условия

ГОСТ 19202-80 Инструмент абразивный. Измерение твердости методом вдавливания шарика

ГОСТ Р 12.4.013-97 ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия

ППБ-АС-95* "Правила пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций» (2006)

ПОРП-2000 (РД ЭО 0176-2000 (с изм. 1 2002, 2, 3 2003)) "Правила организации работы с персоналом на атомных станциях концерна "Росэнергоатом"

РД 34.03.204 (с изм. 1 1991, 2 1993) Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями

РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования

РД 153-34.0-45.510-98 Типовая инструкция по эксплуатации ремонту узла контактных колец и щеточного аппарата турбогенераторов мощностью 63 МВт и выше

ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) (с изм. 1 2003) Межотраслевые правила по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок

ТУ 16-88.ИЛЕА 685.211.037 Технические условия. Щетки электроугольные

3 Термины и определения

В настоящем РД применены следующие термины с соответствующими определениями:

токораспределение: Табличное или графическое представление

распределения тока ротора между щетками (номер щетки – ток щетки в амперах).

оперативное обслуживание ЩКА: Комплекс работ, проводимых оперативным персоналом по управлению ЩКА с целью обеспечения безаварийной работы турбогенератора.

специализированный прибор для контроля токораспределения: Токоизмерительный прибор для измерения тока щетки бесконтактным методом с возможностью запоминания нескольких значений и последующего переноса информации в персональный компьютер для документирования и анализа.

компьютерное документирование: Перенос цифровой информации из энергонезависимой памяти специализированного прибора на жесткий диск компьютера с помощью специального программного обеспечения с целью обработки и длительного хранения.

статистика токораспределения: Графическое представление равномерности загрузки щеток одного полюса ротора в виде гистограммы с дискретностью 10 А (ток щетки – количество щеток с данным током).

политура: Оксидная графитированная пленка, придающая рабочей поверхности контактного кольца темно-серый оттенок и глянцевитость.

4 Основные функциональные и конструктивные характеристики щеточно-контактных аппаратов

ЩКА представляет собой узел турбогенератора, обеспечивающий подачу постоянного тока от неподвижных токоведущих частей цепи возбуждения к вращающейся обмотке возбуждения ротора турбогенератора посредством скользящего контакта.

Аппарат включает в себя КК , посаженные на вал ротора турбогенератора и щеточный аппарат, включающий траверсу с установленными на ней щеткодержателями и щетками.

КК располагаются на участке вала ротора турбогенератора за

подшипником со стороны возбудителя. На этой части посажены на вал два КК, которые через систему шин и специальных токоведущих болтов соединены с обмоткой возбуждения ротора. Все токоведущие детали, в том числе и сами КК, изолированы от вала.

Траверса включает в себя щеткодержатели и укомплектована щетками скользящего контакта.

Конструктивное исполнение контактного узла ротора, конкретный тип щеткодержателя, марка щеток, их количество, способ установки и крепления, а также, при наличии, теплоконтроль указаны в чертежах на каждый конкретный турбогенератор (возбудитель).

Равномерное токораспределение между щетками, главное условие нормального функционирования ЩКА, обеспечивается технико-организационными мероприятиями на всех этапах, как на стадии проектирования – изготовления, так и на стадии эксплуатации.

Щеткодержатели располагаются с максимальной равномерностью по поверхности контактного кольца, конструкция щеткодержателей обеспечивает максимально возможные (в зависимости от конструктивных особенностей щеткодержателей) идентичные условия скольжения всех щеток посредством одинакового угла наклона всех щеток по отношению к скользящей поверхности, обеспечения одинакового усилия нажатия на всем протяжении функционирования щеток.

Настройка ЩКА должна сводиться к обеспечению одинакового тока всех щеток.

Основной характеристикой работы ЩКА турбогенератора является токораспределение между щетками.

5 Общие положения организации технического обслуживания щеточно-контактных аппаратов

5.1 При эксплуатации ЩКА необходимо пользоваться настоящим РД,

чертежами и инструкциями, входящими в комплект заводской эксплуатационной документации на данный турбогенератор (возбудитель).

5.2 На каждой АС должно быть принято нижеследующее распределение обязанностей по обслуживанию ЩКА между цехами.

5.2.3 На персонал электрического цеха возлагается:

- осмотр ЩКА;

- замер токораспределения и контроль за показаниями устройства непрерывного контроля;

- оперативное обслуживание ЩКА в процессе пуска и работы турбогенератора в сети;

- ремонт элементов ЩКА и узла токоподвода при плановых ремонтах;

- монтаж, снятие и повторная установка датчиков непрерывного теплового или иного контроля за состоянием ЩКА.

5.2.4 На персонал турбинного цеха возлагается:

- измерение вибрации КК и консоли вала с КК во взаимодействии с оперативным (ремонтным) персоналом электроцеха;

- осмотр ЩКА при проведении осмотров состояния подшипников во время работы турбогенератора в сети;

- контроль и поддержание необходимой чистоты воздуха и полов в машинном зале, предотвращение попадания на элементы щеточного аппарата масла и воды.

5.2.5 На персонал цеха тепловой автоматики и измерений возлагается:

- техническое обслуживание устройств непрерывного контроля за состоянием ЩКА;

- ремонт датчиков, преобразователей, самопишущих приборов и прочих устройств схемы непрерывного контроля ЩКА.

5.2.6 Отдельные отступления от вышеуказанного распределения обязанностей по техническому обслуживанию ЩКА между цехами конкретной

АС должны быть закреплены распоряжением главного инженера.

5.2.7 Результаты обслуживания ЩКА, текущих ремонтов, регулировок и измерений вибрации следует оформлять в специальном индивидуальном для каждого турбогенератора журнале учета работы ЩКА, форма которого произвольна. Результаты осмотра и обнаруженные дефекты оформляются оперативным персоналом, а результат устранения дефектов, по регулированию ЩКА - ремонтным персоналом. Допускается ведение двух журналов: оперативным и ремонтным персоналом (в последний заносятся данные по регулировкам ЩКА и измерениям параметров). Ответственным за ведение журналов учета работы ЩКА является начальник смены электроцеха.

5.2.8 Контроль равномерности токораспределения между щетками всех аппаратов следует проводить с помощью специализированных приборов.

5.2.9 Для компьютерного документирования результатов инструментального контроля состояния ЩКА турбогенераторов в электроцехе рекомендуется организовать автоматизированное рабочее место с возможностью доступа к нему персонала, производящего контроль токораспределения ЩКА с помощью специализированных приборов.

6 Подготовка к работе

6.1 Выбор типа щеток для установки ЩКА.

Рекомендуется применение следующих щеток:

-на положительном полюсе - униполярные электрощетки марки ЭГ4 (условное обозначение 14) (РД 153-34.0-45.510-98) или монополярные электрощетки марок 611ОМ (56) (РД 153-34.0-45.510-98);

- на отрицательном полюсе – ЭГ2А и ЭГ2АФ (68) (РД 153-34.0-45.510-98).

Краткие физико-технические характеристики этих электрощеток согласно техническим условиям ТУ 16-88.ИЛЕА 685.211.037 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	ЭГ4 (14)	611ОМ (56)	ЭГ2АФ (68)
Номинальная плотность тока, А/см^2	12	15	14
Допустимая окружная скорость, м/с	60	90	90
Удельное нажатие, кПа	15-20	12-22	15-21
Твердость, 10^7 Па	12-22	-	-
Переходное падение напряжения на пару щеток, В	2,0	2,0	2,2
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	6-16	8-22	12-35
Твердость, 10^7 Па	2-7	5-12	5-22
Переходное падение напряжения на пару щеток, В	2,0	2,0	2,2
Коэффициент трения, не более	0,25	0,35	0,23
Износ, мм, не более	0,60	0,40	0,40
Переходное электрическое сопротивление между щеткой и каждым токоведущим проводом сечением 6/10 мм^2 по ГОСТ 12232, мОм, не более, для способа заделки токопровода	Развальцовка		
	10	10	10
	Конопатка		
	2,5/1,25	2,5/1,25	2,5/1,25

Если применение указанных щеток при соблюдении всех условий эксплуатации не обеспечивает надежной работы ЩКА, неоднократно наблюдается повышение искрения или ускоренное срабатывание КК и т.п., допускается электрощетки марки ЭГ2АФ заменить электрощетками марки 611ОМ или ЭГ4, а также разрешается применение щеток других марок, имеющих положительные результаты при эксплуатации на ЩКА турбогенераторов со стальными КК, приведенными в приложении А.

При применении монополярных электрощеток (марок 611ОМ и ЭГ2АФ) перемена полярности КК в целях равномерного их износа, как правило, не требуется. При применении щеток марок 611ОМ или ЭГ4 на обоих кольцах смена полярности колец должна производиться при превалирующем износе одного из колец, по результатам измерений при плановом ремонте.

6.2 Подбор щеток перед установкой на ЩКА.

Щетки рекомендуется устанавливать одной партии. На одно кольцо следует устанавливать щетки с близким переходным электрическим сопротивлением между телом щетки и токопроводом, контролируемым путем измерения падения напряжения между токопроводом и телом щетки при протекании, в измеряемой цепи, постоянного тока не менее 20 А.

Разброс переходного электрического сопротивления комплекта щеток каждого полюса не должен превышать 10 %, рассчитанный от среднего значения измеренных величин, с учетом погрешности измерений. Методика указанных измерений по ГОСТ 12232.

Рекомендуется проводить сортировку щеток с помощью автоматизированного устройства контроля щеток по соответствующей методике. При этом обеспечивается 100 % документируемый входной контроль щеток перед их установкой на ЩКА под нагрузкой от 80 до 100 А, а также создается возможность проведения оперативной подборки щеток с любым заданным диапазоном разброса сопротивлений поводков или удельного сопротивления графитного материала щетки.

6.3 Контроль изоляции щеткодержателей.

6.3.1 Для повышения надежности работы ЩКА в период планового ремонта рекомендуется выполнить изоляцию между щеткодержателями и траверсой (на тех турбогенераторах, где она отсутствует),

Изоляция обеспечивается установкой прокладки из стеклотекстолита марки СТЭФ-1 ГОСТ 12652 толщиной 1 мм между корпусом щеткодержателя и траверсой, а также втулок и шайб из стеклотекстолита или эбонита под болты крепления щеткодержателя.

6.3.2 Наличие изоляции между щеткодержателями и траверсой контролировать один раз в год на остановленном турбогенераторе мегаомметром на 500 или 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,1 МОм.

6.4 Притирание щеток.

При первой установке полного комплекта щеток все щетки должны быть притертыми, т.е. их контактная поверхность должна иметь "зеркало", составляющее не менее 80 % всей контактной поверхности; допускается наличие незначительных сколов сбегающей кромки отдельных щеток (не более

пяти сколов глубиной не более 0,5 мм).

Для предварительной притирки щеток удобно пользоваться приспособлением, представляющим собой притирочное кольцо диаметром равным диаметру КК с закрепленной на нем шлифовальной шкуркой со стеклянными или электрокорундовыми зернами размером 40 мкм (ГОСТ 5009). Щеткодержатель приспособления со вставленной в него щеткой, подлежащей замене, фиксируется гайками-барашками в положении, соответствующем плотному прилеганию рабочей поверхности щетки к кольцу, после этого вставляется новая щетка и производится ее притирка при вращении кольца.

6.5 Осмотр, контроль состояния узла КК, установка щеток.

6.5.1 Перед первым пуском турбогенератора произвести осмотр ЩКА и КК, обращая особое внимание на состояние контактных поверхностей.

6.5.1.1 Контактная поверхность колец не должна иметь забоин и незашлифованных царапин, масляных, лакокрасочных и других пятен;

6.5.1.2 Контактная поверхность должна быть притертой (см. 6.4);

6.5.2 Установка щеток в щеткодержателях должна выполняться таким образом, чтобы щеточные проводники не препятствовали правильной работе механизма нажатия на щетки и должны быть расправлены таким образом, чтобы они не касались конструктивных элементов траверсы.

6.5.2.1 Щетки по поперечному сечению должны быть подогнаны так, чтобы обеспечивалось свободное перемещение их в щеткодержателях и создавались оптимальные условия передачи усилия нажатия на них.

6.5.2.2 Радиальный зазор между щеткодержателями и контактной поверхностью колец должен быть в пределах (3 ± 1) мм или равняться размеру, указанному в чертеже.

6.5.3 Усилия нажатия на щетки должны выбираться в зависимости от типа и поперечного размера щетки:

- для щетки марки 611 ОМ давление должно быть от 12 до 22 кРа, для щеток марки ЭГ2АФ от 8 до 14 кРа, что соответствует усилию нажатия на щетки размером 20х32 мм : марки 611 ОМ от 7,9 до 14,5 N, марки ЭГ2АФ от 5 до 9 N.

- для щеток марки ЭГ-4 давление должно быть от 15 до 20 кРа, что соответствует усилию нажатия на щетки размером 20х32 мм от 9,4 до 12,6 N, а на щетки размером 22х30 мм от 9,9 до 13,2 N.

Данные усилия соответствуют установке упорной планки щеткодержателя типа ДБ (РД 153-34.0-45.510-98) на третьем или четвертом пазе к краю зубчатой рейки от положения полного сжатия пружины.

6.5.4 Болты крепления всех щеткодержателей должны быть тщательно законтрены: контактные поверхности наконечника токопровода щетки и токосборной шины траверсы или съемного блока должны быть очищены от краски и обезжирены.

6.5.5 Щетки, на поверхности которых имеются следы масла, подлежат тщательной очистке или замене.

6.5.6 Установку ЩКА следует производить так, чтобы щетки при всех перемещениях ротора от теплового расширения ротора турбины и турбогенератора не свисали с КК. При наличии вентилятора на узле КК, последний должен занимать такое положение по отношению к вентиляционному каналу в каркасе ЩКА, чтобы выбрасываемый вентилятором горячий воздух беспрепятственно проходил в вентиляционный канал.

6.5.7 Проверить мегомметром 1000 В величину сопротивления изоляции щеткодержателей (если такая установлена), которая должна быть не ниже 0,1 МОм.

6.5.8 При наличии системы теплового контроля, перед включением она должна быть проверена в соответствии с технической документацией.

6.5.9 Во время проведения плановых испытаний в режиме форсировки необходимо наблюдение обслуживающего персонала за работой ЩКА, с целью

определения его состояния и при необходимости дополнительной наладки перед вводом в эксплуатацию.

6.6 Измерение биения КК.

Значение биения рабочей поверхности КК не должно превосходить 0,05 мм в ремонт, при плановом останове, перед пуском. В тех случаях, когда биение носит весьма неравномерный характер, необходимо снимать профилограммы поверхности по всей рабочей зоне каждого КК с учетом тепловых перемещений ротора.

Форму контактной поверхности можно считать удовлетворительной, если изменение профиля поверхности не превышает 0,015 мм на дуге с углом 30".

6.7 Измерение биения консоли вала.

Измерить биение части консоли вала, которая выступает за пределы кожуха КК, используя для этой цели щетку, предназначенную для измерения сопротивления изоляции обмотки ротора. Эта часть консоли вала не должна иметь глубоких царапин, забоин, которые могли бы вызвать при работе вибрацию щетки, значение биения поверхности не должно превышать 0,015 мм.

Измерение статического биения конца вала необходимо для оценки характера изменения динамического состояния контактной поверхности колец путем сравнения вибрации щеток с вибрацией консоли вала. Если вибрация КК находится в норме и ЩКА работает удовлетворительно отклонение величины статического биения консоли вала от предписанной не является причиной, препятствующей нормальной эксплуатации турбогенератора.

7 Ввод в эксплуатацию и работа при пуске турбогенератора

7.1 Регулирование и контроль усилий нажатия на щетки.

Если какой-либо из показателей, контролируемых по 6.3-6.6 выходит из заданных пределов, необходимо принять меры по устранению отклонения, либо создать условия, при которых отклонение не повлечет за собой нарушения в

работе узла.

Регулирование и контроль усилий нажатия на электрощетки проводятся косвенным методом по степени сжатия пружины.

7.1.1 Маркировка прорезей реек щеткодержателей осуществляется от базового положения нажимной планки. За базовое положение планки принимается положение, соответствующее полному сжатию пружины и обозначаемое "max". Положение планки "max-1" означает, что нажимная планка установлена в первую следующую прорезь при движении вверх от положения полного сжатия пружины. Положение планки "max-2" означает, что нажимная планка установлена во вторую прорезь рейки при движении вверх от положения полного сжатия пружины и т.д. Такая система отсчета удобна в эксплуатации, так как за базу отсчета принимается положение нажимной планки, не зависящее от разности высот отдельных электрощеток, появляющейся в процессе износа последних, от зазора между обоймами и КК, от длины пружины. Градуировочные кривые стандартного ДБ 20х32 (или ДБ 22х30) (РД 153-34.0-45.510-98) и модернизированного щеткодержателей ДБУ 20х32 (с удлиненными пружиной и рейкой) (РД 153-34.0-45.510-98) приведены на рисунке 1.

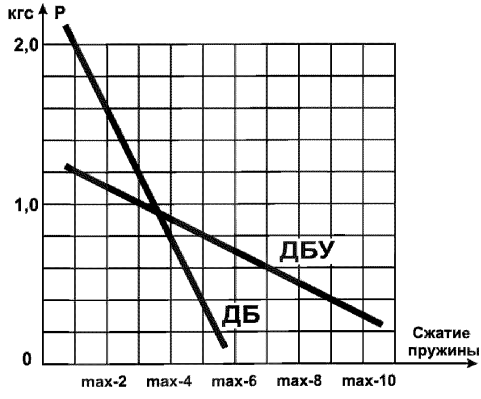


Рисунок 1 - Градуировочные кривые стандартного (ДБ) и модернизированного (ДБУ) щеткодержателей

7.1.2 Рекомендуемые усилия нажатия на электрощетки, применяемые на ЩКА, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Марка щетки	Рекомендуемое усилие нажатия		
	кгс	по номеру прорези в рейке от положения полного сжатия пружины	
		Щеткодержатель типа ДБ	Щеткодержатель типа ДБУ
ЭГ4	От 0,96 до 1,28	(max – 3)	(max - 3) - (max - 1)
611ОМ	От 0,77 до 1,41	(max - 4)- (max - 3)	(max - 5) - (max - 1)
ЭГ2АФ	От 0,96 до 1,34	(max – 3)	(max - 3) - (max - 1)

7.1.3 Для инструментального контроля усилия нажатия на щетки рекомендуется использовать специализированные приборы, например:

- измеритель нажатия (давления) ИН-644 (ЗАО НПП "АВИАСТЭК", Российская Федерация);

- электронный динамометр (Electronic Dynamometr) (фирма «Carbone Lorraine», Франция).

7.1.4 В эксплуатации, для нормальной работы щеток допускается устанавливать усилие нажатия на щетки, отличное от указанных в таблице 2, при этом:

- контактное давление непритертой щетки должно составлять от 50 % до 80 % практически полностью притертой щетки (не менее 80 % полного "зеркала").

- ввод в эксплуатацию щеточного аппарата с более чем 10% непритертых щеток недопустим.

7.1.5 Пуск турбоагрегата, особенно затяжной (из холодного состояния с прогревом турбины на промежуточных частотах вращения), является для ЩКА напряженным переходным режимом. В процессе пуска имеют место пониженная эффективность вентиляции ЩКА, повышенные механические потери в ЩКА из-за работы его в бестоковом режиме и увеличенного по этой причине значения коэффициента трения. Из-за осевых смещений роторов турбоагрегата меняется взаимное расположение электрощеток и КК, что каждый

раз меняет условия притирки электрощеток и КК.

7.1.6 Оперативный персонал должен осуществлять контроль за работой ЩКА при каждом пуске вне зависимости от того, производились ли какие-нибудь работы на ЩКА в период останова.

7.1.7 При запланированных пусках турбоагрегата для проведения специальных работ (балансировка валопровода, настройка системы регулирования и т.п.) усилие нажатия на щетки необходимо уменьшить до нуля выемкой нажимных планок из прорезей реек щеткодержателей и установкой нажимных планок в крайнюю прорезь для тех щеток, которые могут выпасть из обойм под действием собственной массы. Обратную установку нажимных планок осуществить по окончании этих работ после набора турбоагрегатом номинальной частоты вращения.

7.2 Учет влияния состояния окружающей среды и других факторов.

7.2.1 Помещение машинного зала должно быть чистым с минимальным содержанием пыли, паров масла и влаги (допустимое содержание пыли в воздухе на входе в щеточный аппарат не более 0,1 мг/м^3);

7.2.2 Оконные проемы в машинном зале, находящиеся в непосредственной близости к ЩКА, должны быть всегда закрыты.

7.2.3 Запрещается в радиусе 20 м от ЩКА, при работающем турбогенераторе, выполнение строительных работ, шлифовка полов, очистка стен и оборудования от краски, сухая уборка подкрановых путей и другие работы, сопровождающиеся появлением пыли, запрещается выполнение покрасочных работ с применением пульверизаторов.

7.2.4 Уборка полов и протирка оборудования в районе ЩКА должны производиться влажным протирочным материалом. Запрещается применение воды для мытья полов и оборудования с помощью шлангов в радиусе 15 м от ЩКА.

7.2.5 При вводе в эксплуатацию необходимо :

- наличие политуры на КК. Для обеспечения равномерной политуры необходимо соблюдать режим притирания щеток. Притирание щеток должно выполняться на номинальной частоте вращения ротора в течение от 10 до 15 минут. Нормальная токовая нагрузка ротора должна быть не менее 50 % номинального тока;

- при любой остановке турбоагрегата, особенно при влажной окружающей среде, необходимо поднимать щетки (с отрывом от КК) или подкладывать под щетки на КК водонепроницаемые изоляционные подкладки, во избежание повреждения КК "электролизом";

- при работе в бестоковом режиме ротора, особенно при пусках и остановах, рекомендуется поднимать щетки с отрывом от КК или снижать контактное давление на щетки до минимума;

- после отладки ЩКА определить максимальное значение длительно-допустимой разности температур горячего и холодного охлаждающего воздуха в схеме теплоконтроля (при его наличии).

7.2.6 После включения турбогенератора в сеть оперативный персонал должен следить за тем, чтобы разность температур входящего и выходящего охлаждающего ЩКА воздуха не превышала уставки на сигнал (см. 8.2). Одновременно контролируется отсутствие искрения электрощеток и вылет из ЩКА частиц графита.

7.2.7 Если перед пуском турбоагрегата проводилась механическая обработка (проточка или шлифовка) КК, то на них отсутствует политура, сопротивление которой является основной составляющей суммарного контактного сопротивления цепи траверса — КК. При отсутствии политуры в течение двух суток после пуска не рекомендуется увеличивать ток ротора более значения, соответствующего нулю реактивной мощности при номинальном значении активной нагрузки (примерно 0,6 номинального тока ротора).

8 Инструментальный контроль работы щеточно-контактного аппарата

8.1 Контроль токораспределения ЩКА.

8.1.1 Контроль токораспределения ЩКА является основным методом оценки качества его работы.

8.1.2 Измерение уровня тока каждой из параллельно включенных электрощеток следует производить с помощью специализированных клещей-индикаторов постоянного тока УКТЩ, АТК-250 или других приборов, имеющих энергонезависимую память для записи не менее 120 значений и позволяющих проводить анализ равномерности токораспределения с помощью соответствующего программного обеспечения на персональном компьютере.

8.1.3 Контроль токораспределения с компьютерным документированием следует проводить:

- не реже одного раза в сутки в течение первых трех дней после пуска турбогенератора для контроля стабилизации процессов в скользящем контакте;
- не реже одного раза в неделю при стабильной работе ЩКА;
- перед проведением регулировочных мероприятий, необходимость которых вызвана диагностическими признаками, полученными дополнительными методами (повышение температуры, появление искрения, повышение вибрации, неравномерность теплового распределения по данным тепловизионного контроля и пр.)
- после окончания регулировочных мероприятий для документирования эффективности их проведения.

8.1.4 Анализ токораспределения, качества настройки ЩКА, а также оценку необходимости проведения регулировочных мероприятий следует осуществлять в соответствии с рекомендациями, приведенными в приложении Б.

8.1.5 Качественная оценка настройки ЩКА производится с помощью построения гистограммы статистического распределения токов щеток («ток

щетки – количество щеток») с дискретностью 10 А и последующим визуальным анализом формы огибающей гистограммы.

Огибающая в виде симметричного колокола (закона нормального распределения) свидетельствует об исправном состоянии ЩКА.

Огибающая в виде экспоненты свидетельствует о неисправном состоянии ЩКА.

8.1.6 Количественная оценка качества настройки ЩКА производится при наличии соответствующего программного обеспечения и основана на численной статистической обработке результатов контроля токораспределения. Количественная оценка качества настройки не является обязательной, а используется для проведения анализа скорости происходящих дестабилизирующих процессов.

Проводится расчет среднеквадратического отклонения токов щеток σ(I) и сравнение их со средним значением тока щеток полюса $I_{ср}$.

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(I) \le 0{,}5 I_{ср}$ характеризует удовлетворительную стабильность всех щеток, установленных на полюсе контактного аппарата.

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(I) > I_{ср}$ характеризует повышенный разброс характеристик щеток (вибрацию щеток, неудовлетворительное состояние скользящей поверхности КК полюса).

8.2 Контроль температуры охлаждающего воздуха.

8.2.1 Для всех турбогенераторов, оборудованных системой контроля температуры охлаждающего воздуха, необходимо контролировать превышение температуры выходящего из ЩКА охлаждающего воздуха над входящим.

8.2.2 Показания устройства контроля фиксируются регистрирующими приборами и средствами вычислительной техники.

8.2.3 Критерием ненормального режима работы ЩКА является превышение температуры выходящего из ЩКА охлаждающего воздуха над

входящим, больше установленного значения Δt_{max} (уставка на сигнал).

8.2.4 Значение Δt_{max} (уставка на сигнал) определяется для каждого турбогенератора в режиме номинального тока ротора с увеличением на 20 %.

8.3 Контроль вибрации.

8.3.1 Не реже одного раза в два месяца производить измерение вибрации щеток на крайних дорожках каждого КК в вертикальной и горизонтальной плоскостях через штатные щетки (всегда через одни и те же). Измерения выполнять при установившемся режиме работы турбогенератора и желательно при одном и том же токе ротора.

8.3.2 Для измерения вибрации рекомендуются использовать любой портативный виброметр с диапазоном измерения виброперемещений от 0 до 700 мкм и частотным диапазоном по виброперемещению от 2 до 300 Гц.

8.3.3 Измерение вибрации вала производить через электрощетку, используемую в схеме контроля изоляции цепей возбуждения и установленную возле ЩКА.

8.3.4 При измерениях вибрации щеток вибродатчик снабжать изоляционным щупом. Усилие прижатия щупа к щетке должно обеспечивать безотрывное перемещение щупа вслед за вибрирующей щеткой, длительность измерения вибрации на одной щетке не должна превышать 15 с.

8.3.5 Если двойная амплитуда виброперемещения щеток и КК превышает 300 мкм, следует принять меры к ее устранению. В качестве исключения допускается эксплуатация турбогенератора с двойной амплитудой виброперемещения колец более 300 мкм, если работу щеточного узла при этом можно признать удовлетворительной (отсутствие искрения, повреждений щеток и арматуры и т.д.).

8.3.6 Результаты измерения вибрации должны систематически заноситься в журнал и служить основанием при решении вопросов о балансировке, проточке или шлифовке КК.

8.3.7 Одновременно с измерением вибрации КК необходимо зафиксировать по штатному устройству непрерывного контроля вибрацию опорного подшипника турбогенератора ближайшего к ЩКА.

8.4 Тепловизионный контроль ЩКА.

8.4.1 Тепловизионный контроль ЩКА является вспомогательным методом диагностики и используется при необходимости детального исследования функционирования отдельных элементов.

8.4.2 Анализ теплограмм производится только при наличии картины токораспределения. Формирование выводов о работе ЩКА и рекомендаций по его обслуживанию только по результатам тепловизионного контроля без данных токового контроля недопустимо.

8.4.3 Детальный тепловизионный контроль токоведущих элементов конструкции ЩКА позволяет выявить следующие дефекты:

- неравномерность токораспределения (наличие нескольких значительно перегретых щеток);

- ухудшение заделки поводка в материале щетки (различная температура поводков одной щетки в местах их заделки);

- отсутствие или значительное ухудшение изоляции щеткодержателя (температура обоймы щеткодержателя выше температуры щетки);

9 Техническое обслуживание щеточно-контактного аппарата при нормальном режиме его работы

9.1 Техническое обслуживание ЩКА при нормальном режиме его работы осуществляется оперативным персоналом смены электроцеха и ремонтным персоналом выделенным для проведения регулировок ЩКА и профилактических работ.

9.2 Оперативный персонал каждой смены после приемки, перед сдачей и один раз в середине смены должен производить осмотр ЩКА и контролировать:

- разность температур выходящего и входящего в ЩКА воздуха, которая

не должна превышать максимально допустимую;

- чистоту полов и воздуха в районе ЩКА;

- отсутствие течей масла;

- отсутствие вылета из ЩКА мелких частиц графита;

- отсутствие искрения щеток;

- нормальный уровень сопротивления изоляции цепей возбуждения.

9.3 На АС может быть принят иной порядок распределения обязанностей между оперативным и ремонтным персоналом.

9.4 Один раз в сутки в ночную смену необходимо производить более тщательный осмотр ЩКА без выемки щеток из обойм щеткодержателей и контролировать:

- наличие щеток, сработавшихся до высоты 30 мм и менее (такому износу щетки соответствует заглубление ее нерабочего торца на 5 мм ниже верхней кромки обоймы щеткодержателя);

- наличие потемнений и цветов побежалости на поверхности токоведущих проводов, втулок, латунных накладок и пружин, которые свидетельствуют о недопустимых нагревах электрощеток;

- наличие явно выраженных повреждений щеток, их арматуры и токоведущих проводов.

Данные о выявленных при осмотре дефектах, следует записать в журнал учета работы ЩКА с указанием элементов, имеющих повреждения.

9.5 При стабильной работе ЩКА не реже одного раза в неделю необходимо проводить контроль токораспределения с обязательным электронным документированием и компьютерным анализом.

9.6 По результатам анализа токораспределения необходимо провести регулирование ЩКА, заключающееся в регулировании усилия нажатия пружин, повышении токовой нагрузки щеток, несущих ток менее 20 А, а также уменьшения токовой нагрузки щеток, несущих ток выше 150 А. Регулировку

ЩКА выполняет ремонтный персонал.

9.7 Не реже одного раз в неделю в дневное время ремонтный персонал электроцеха обязан для каждого из обслуживаемых турбогенераторов:

- производить передергивание всех щеток для исключения зависания щеток в щеткодержателях;

- производить продувку ЩКА сухим чистым сжатым воздухом или азотом давлением от 0,3 до 0,4 МПа (от 3 до 4) кгс/см^2. При этом необходимо следить за тем, чтобы струёй воздуха не были вырваны из прорезей щеткодержателей нажимные планки, которые незамедлительно должны быть установлены в прежнее положение;

- устранять дефекты, отмеченные оперативным персоналом в журнале учета работы ЩКА. Новые щетки, устанавливаемые взамен изношенных или дефектных, должны быть предварительно притерты по месту до появления зеркального блеска на их контактной поверхности от 50 % до 60%.

9.8 По окончании действия форсировки возбуждения, а также при ухудшении вибрационного состояния подшипников турбогенератора начальник смены электроцеха должен обеспечить внеочередной осмотр ЩКА и контроль токораспределения ЩКА.

9.9 Сведения о выполнении работ по 8.2 и 8.3 должны фиксироваться в журнале учета работы ЩКА.

10 Останов турбоагрегата

10.1 При останове турбоагрегата оперативный персонал должен снизить давление на щетках до минимума в соответствии с 7.2.5. Возникающий в первые часы вращения турбоагрегата от валоповоротного устройства скрежещущий звук или писк, издаваемый щетками, не является признаком неисправности, но свидетельствует о необходимости чистки контактной поверхности колец.

11 Техническое обслуживание щеточно-контактного аппарата при ненормальных режимах его работы

11.1 Останов турбоагрегата из-за отказа ЩКА.

11.1.1 Турбина должна быть аварийно отключена персоналом АС, снято возбуждение и турбогенератор отключен от сети в следующих случаях:

- при появлении кругового огня на одном или обоих полюсах;

- при интенсивном искрении или появлении на отдельных щетках языков пламени, ползущих по контактной поверхности колец против направления вращения ротора до соседних щеток, которые могут перейти в круговой огонь.

11.1.2 Турбогенератор должен быть разгружен и отключен от сети:

- при превышении длительно допустимой разности температур выходящего и входящего в ЩКА воздуха и продолжающемся росте этой разности,

- при прогрессирующем искрении и лавинообразным разрушением щеток.

11.2 Нарушения режима работы ЩКА при работе турбогенератора в сети.

11.2.1 Основные признаки нарушения работы ЩКА.

Основными признаками нарушения режима работы ЩКА турбогенератора являются:

- неудовлетворительное токораспределение;

- искрение щеток;

- увеличение перепада температур входящего и выходящего воздуха;

- увеличение вибрации элементов ЩКА.

11.2.2 Упрощенная классификация нарушений работы ЩКА.

Нарушения в работе ЩКА можно разделить на три группы:

- нарушения в работе ЩКА, которые возникли из-за дестабилизирующих процессов, происходящих непосредственно между элементами ЩКА и могут быть устранены ремонтным персоналом регулировочными мероприятиями на месте без изменения режима работы турбогенератора;

- нарушения в работе ЩКА, причина возникновения которых находится вне конструкции ЩКА и не может быть оперативно устранена ремонтным персоналом, но работа турбогенератора может быть обеспечена дополнительными технологическими мероприятиями;

- нарушения в работе ЩКА, причина возникновения которых носит механических характер и может быть устранена только после остановки блока в период ремонтно-восстановительных работ на остановленном турбогенераторе.

Ненормальные режимы ЩКА первой группы ликвидируются ремонтным персоналом. При нарушении режимов работы ЩКА оперативный персонал должен вызвать ремонтный, а до его прибытия при необходимости должен сам принять меры для устранения ненормального режима в соответствии с указаниями 12.2.

11.2.3 Основные правила исключения методических ошибок при обслуживании ЩКА:

- любые регулировочные мероприятия проводятся только на основании результатов инструментального контроля токораспределения;

- горячий поводок щетки – не является признаком дефекта конкретной щетки, а свидетельствует о большом токе, проходящем через щетку между траверсой и КК. Запрещается проводить какие-либо регулировочные мероприятия данной щетки без получения информации о токораспределении между щетками;

- искрение щетки – визуальное проявление нестабильного тока в скользящем контакте, выходящего на внешние грани щетки.

11.3 Регулирование токораспределения.

11.3.1 Регулирование токораспределения должно строиться по следующему алгоритму:

- выявление отключенных или ненагруженных щеток, выяснение и устранение причины плохой проводимости;

- регулирование усилия нажатия;

- ослабление нажатия перегруженных щеток;

11.3.2 Причины отключения щеток и способы восстановления проводимости приведены в таблице 3.

Таблица 3

Дополнительные диагностические признаки дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
После двойного передергивания щетки в щеткодержателе проводимость восстанавливается	Заклинивание щетки в щеткодержателе	Дефект устраняется при диагностике
Поводки имеют следы «побежалости», ток щетки появляется при боковом перемещении поводка вблизи заделки	Нарушение контакта в заделке поводков	Заменить щетку
Следы масла на токоведущей траверсе. Визуальный контроль не выявляет других явных дефектов. Дополнительная электрическая перемычка между клеммой и траверсой (отверткой) приводит к появлению тока в щетке.	Полная потеря контакта между клеммой и траверсой	Отсоединить клемму, зачистить место контакта любым абразивным материалом, установить щетку на место

11.3.3 Причины ухудшения проводимости щетки (ток менее 15 А) приведены в таблице 4.

Таблица 4

Дополнительные диагностические признаки дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
При увеличении усилия нажатия ток увеличивается.	Усилие нажатия не отрегулировано	Изменением усилия нажатия установить ток щетки в диапазоне 40 - 80 А
Ток не увеличивается при увеличении прижима. На той же дорожке есть щетки имеющий средний ток ротора и выше. На поверхности скольжения щетки наблюдается мутный налет	Увеличение поверхностного сопротивления из-за образования окисной (фторопластовой) пленки	Зачистить скользящую поверхность щетки любым абразивным материалом
Ток не увеличивается при увеличении прижима. На той же дорожке есть щетки, ток которых равен среднему току щетки полюса и выше. Скользящая поверхность – зеркальная, без налета	Увеличение сопротивления в переходных и контактных зонах «щетка - траверса»	Снять щетку, проверить ее параметры. При ухудшении параметров щетки заменить. Зачистить клеммный контактный переход

Окончание таблицы 4

Дополнительные диагностические признаки дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
Ток не увеличивается при увеличении прижима. Все щетки на той же дорожке имеют пониженный ток	Ухудшение скользящей поверхности контактного кольца с образованием пленки с повышенным поверхностным сопротивлением	Одну щетку на данной дорожке сильно прижать с целью мягкой зачистки. При отсутствии эффекта зачистить дорожку шкуркой (40 мкм) на держаке

11.3.4 Причины обуславливающие превышение тока щетки 150 А, приведены в таблице 5.

Таблица 5

Дополнительные диагностические признаки дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
На полюсе есть бестоковые и незагруженные щетки	Плохое токораспределение	Отрегулировать токораспределение, нагружая бестоковые и незагруженные щетки
Токораспределение – хорошее, при уменьшении усилия нажатия ток уменьшается	Усилие нажатия не отрегулировано (слишком велико)	Ослабить усилие нажатия, установить ток щетки в диапазоне 40-80А
Токораспределение – хорошее, при уменьшении усилия нажатия ток не регулируется (щетка отключается, при восстановлении исходного прижима ток превышает 150 А)	Параметры электропроводности щетки отличаются от остальных щеток, установленных на полюсе	Заменить щетку

11.4 Искрение щеток.

11.4.1 Искрение щеток возникает при дестабилизации процесса токопередачи в скользящем контакте. Дестабилизация тока в скользящем контакте зависит от множества факторов. При установлении причин возникновения искрения необходимо последовательно исключать основные дестабилизирующие факторы: неравномерность токораспределения, пары масла, пыль и пр.

При проведении регулировочных мероприятий непосредственно на ЩКА с целью ликвидации искрения следует принимать во внимание следующие общие правила:

- ток щетки менее 20 А – крайне нестабилен;
- при повышении плотности тока щетки его стабильность повышается;
- при ликвидации множественного искрения щеток допускается непродолжительное (до 15 минут) повышение плотности тока в скользящем

контакте до значений в 1,5 раза превышающих табличные, т.е. до 100 А на щетку.

11.4.2 Причины искрения одиночной щетки представлены в таблице 6.

Таблица 6

Дополнительные диагностические признаки дефекта	Возможная причина	Устранение дефекта
Щетки, находящиеся на одной дорожке, не искрят.	«Зависание» щетки	Несколько раз передернуть щетку, увеличить прижим
Щетки, находящиеся на одной дорожке, не искрят. На скользящей поверхности щетки наблюдается налет	Ухудшение состояния скользящей поверхности щетки	Снять щетку, зачистить скользящую поверхность любым абразивом, установить щетку на место
Искрение между щеткой и обоймой щеткодержателя	Ухудшение заделки поводков в тело щетки и отсутствует изоляция между щеткодержателем и траверсой.	Заменить щетку новой, а во время ближайшего останова восстановить изоляцию между щеткодержателем и траверсой.

11.4.3 Искрение щеток, расположенных на одной дорожке.

11.4.3.1 При выявлении данного дефекта в работе ЩКА важно определить отсутствие искрения на других дорожках данного полюса. Подтверждение данного факта служит доказательством того, что дефект не носит системный характер, и существуют условия обеспечения стабильного скользящего контакта.

11.4.3.2 Наиболее вероятная причина – ухудшение проводимости скользящей поверхности КК по данной дорожке и, возможно, сопутствующее ему образование налета на скользящей поверхности всех щеток, работающих с данной дорожкой.

Для устранения данного дефекта необходимо:

- провести сравнительный анализ токового режима щеток на дефектной дорожке с нормально работающими щетками;

- начиная с наименее загруженной щетки провести последовательно передергивание щеток и незначительное увеличение усилия нажатия. Этим

достигается мягкая взаимная зачистка и обновление скользящих поверхностей кольца и щеток. Эффективность проводимых мероприятий необходимо контролировать токовыми клещами;

- через 20 минут после окончания регулировочных мероприятий провести контроль токораспределения всего полюса;

- при нормализации процессов в скользящем контакте необходимо отрегулировать усилие нажатия на всех щетках полюса, пользуясь специальными приспособлениями или приборами и повторить контроль токораспределения. Сделать соответствующую запись в журнале и произвести документирование токораспределения в компьютере;

- при отсутствии эффекта от мягкой зачистки провести шлифовку поверхности КК с помощью шкурки (40 мкм) на держаке или специальным абразивом.

11.4.4 Искрение всех или большинства щеток полюса.

11.4.4.1 Данный вид дефекта является наиболее сложным и, как правило, носит системный характер.

Основными причинами его являются:

- механические – повышенная вибрация щеток и КК;

- состояние окружающей среды – ухудшение химического состава окружающего воздуха (пыле-газовый состав, влажность);

- электрохимические (внутренние) – электрохимическое формирование устойчивой пленки с повышенным сопротивлением на скользящих поверхностях (как правило – на отрицательном полюсе);

- электрические (внешние) – наличие коротких токовых импульсов в токе возбуждения.

11.4.4.2 Определение механических причин нестабильности тока в скользящем контакте произвести внеочередным измерением вибрации КК, вала и ближайшей к ЩКА опоры турбогенератора. Результаты измерений

сопоставить с результатами предыдущих измерений:

- если увеличение вибрации щеток сопровождается не только усилением вибрации консоли, но и явным увеличением вибрации турбоагрегата, то устранение вибрации должен производить персонал турбинного цеха;

- если увеличение вибрации щеток не сопровождается увеличением вибрации консоли вала и опор турбоагрегата, то наиболее вероятной причиной неисправности, которая уточняется во время останова, является ухудшение профиля одного или обоих КК, которое устраняется их механической обработкой.

Искрение щеток, вызванное вибрационными причинами, обусловлено кратковременными отрывами щеток от поверхности КК, поэтому уменьшение данного эффекта должно сводиться к равномерному усилению прижима всех щеток.

Регулировочные мероприятий необходимо проводить с использованием приборов контроля тока и контроля усилия нажатия пружин.

Допускается работа турбогенератора до ближайшего останова при вибрации щеток более 300 мкм при условии отсутствия недопустимого искрения, разрушения щеток (вылета частиц графита из ЩКА), отсутствия недопустимых нагревов. При невозможности обеспечения этих условий необходимо подать заявку и остановить турбоагрегат.

11.4.4.3 Ухудшение работы скользящего контакта от воздействия окружающей среды возникают, как правило, при проведении в районе ЩКА ремонтных или малярных работ, а также при ухудшении плотности масляных уплотнений подшипников турбогенератора. Необходимо:

- принять меры по предотвращению попадания веществ, дестабилизирующих работу скользящего аппарата в ЩКА;

- очистить ЩКА от следов загрязнений с помощью продувки элементов ЩКА сжатым воздухом;

- в случае невозможности полного исключения попадания в ЩКА дестабилизирующих веществ из окружающей среды до остановки турбоагрегата рекомендуется повысить плотность тока в скользящем контакте путем снятия до 25 % щеток на полюсе и повысить регулярность контроля за состоянием ЩКА.

11.4.4.4 Электрохимическое формирование устойчивой пленки на скользящих поверхностях КК и щеток, обуславливающей нестабильность тока в скользящем контакте, характерно для отрицательных полюсов. Ее образование зависит от химического состава КК и щеток, а также от токового режима полюса и влажности окружающего воздуха.

Устранение пленки сводится к зачистке рабочих поверхностей с помощью шкурки (40 мкм), закрепленной на держаке, или специального абразивного камня.

В случае неоднократного повторения данного явления следует предпринять шаги по оптимизации токового режима, состояния окружающей среды и подбору другого типа щеток.

11.4.4.5 К электрическим причинам нестабильности тока в скользящем контакте можно отнести возникновение искрения на ЩКА при повышении реактивной мощности турбогенератора, а также при обнаружении на поверхности КК отпечатков щеток.

Обнаружение отпечатков щеток на КК во время их осмотра с применением цифрового стробоскопа свидетельствует о появлении в токе ротора коротких импульсов. Любые синфазно расположенные пятна на КК неизбежно приводят к дестабилизации токопередачи в скользящем контакте, появлению и усилению искрения.

При обнаружении отпечатков щеток необходимо зачистить поверхность КК с помощью шкурки, закрепленной на держаке, или специального абразивного камня.

Необходимо предпринять мероприятия по исключению вторичного

появления пятен:

- провести подбор щеток, материал которых характеризуется способностью уменьшения эффекта образования отпечатков на КК (например LFC554 см. приложение А);

- провести документированное осциллографирование тока ротора с разрешающей способностью по времени не более 2 мкс при различных режимах работы турбогенератора, выявить импульсы в токе ротора, предпринять схемотехнические мероприятия по снижению их амплитуды.

12 Ремонтно-восстановительные работы

12.1 Ремонтно-восстановительные работы на ЩКА выполняются ремонтным персоналом электроцеха или подрядной ремонтной организацией.

12.2 При проведении ремонтно-восстановительных работ следует руководствоваться заводской инструкцией по эксплуатации ЩКА конкретного турбогенератора, чертежами завода-изготовителя, «Типовой инструкции по эксплуатации и ремонту узла контактных колец (КК) и щеточного аппарата турбогенераторов мощностью 63 МВт и выше» (РД 153-34.0-45.510-98), настоящими РД и технологическими инструкциями, разработанными на АС.

12.3 Указанные выше работы следует производить при:

- вынужденном останове турбоагрегата из-за нарушения работоспособности ЩКА;

- необходимости замены комплекта щеток на одном или обоих полюсах вследствие их износа;

- необходимости механической обработки КК;

- проведении любого ремонта турбогенератора, сопровождающегося демонтажем траверсы.

12.4 При проведении ремонтно-восстановительных работ необходимо произвести полный осмотр ЩКА с выемкой щеток из обойм и тщательной

чисткой.

12.5 Необходимо заменить:

- щетки, имеющие сколы рабочей поверхности, выработку боковых поверхностей, подгары со следами масла, с потемнениями и цветами побежалости на токоведущих проводах, латунных накладках и втулках, а также сработавшиеся до высоты 30 мм;

- щеткодержатели, внутренняя поверхность обоймы которых имеет выработку, подгары и оплавления;

- пружины с цветами побежалости и частичной утратой упругих свойств.

12.6 Очистить внутренние поверхности щеткодержателей от отложений графитовой пыли, следов масла и нагара.

12.7 Проверить износ внутренних поверхностей щеткодержателей: зазор между обоймой и щеткой, измеренный щупом, должен быть в пределах от 0,1 до 0,3 мм.

12.8 Новые щетки устанавливать в соответствии с 6.1-6.4.

12.9 При массовых сколах щеток проверить радиальный зазор между щеткодержателями и контактной поверхностью колец, который должен быть (3,0 ±1) мм. При необходимости отрегулировать зазор.

12.10 Произвести тщательный осмотр КК и убедиться, что их рабочая поверхность имеет глянцевитую политуру темно-серого цвета.

12.11 При необходимости произвести проточку или шлифовку КК.

12.12 При наличии на КК "остекленных" дорожек от щеток поверхность кольца зачистить мелкозернистым абразивным бруском.

12.13 При обнаружении "натяга" фторопласта на КК при работе с щетками марки ЭГ2АФ устранить дефект зачисткой мелкозернистым абразивным бруском.

12.14 Не допускается включение в работу турбогенераторов, у которых из-за неоднократных проточек КК глубина винтовой канавки составляет менее

3 мм, если в документации завода-изготовителя нет других рекомендаций. Необходимо увеличить глубину винтовой канавки не менее чем до 6 мм. КК, изношенные до диаметров, минимально допустимых по инструкции на турбогенератор, подлежат замене.

12.15 Проконтролировать исправность изоляции между щеткодержателями и траверсой (щеточным блоком) мегаомметром на напряжение 500 или 1000 В.

12.16 Вставить щетки в щеткодержатели, проверить подвижность щеток, убедиться, что боковые зазоры между щетками и обоймами в пределах нормы. Отрегулировать радиальные зазоры между щеткодержателями и КК.

12.17 Притереть щетки до приработки от 50 % до 60% их рабочей поверхности.

12.18 Продуть ЩКА сухим сжатым воздухом, доступные рабочие поверхности КК и изоляционные детали траверсы протереть салфеткой из неворсистой ткани, смоченной спиртом.

12.19 Установить нажимные планки всех щеток в крайнюю верхнюю прорезь рейки щеткодержателя.

12.20 Проверить надежность затяжки, стопорения и фиксации всех крепежных и контактных соединений щеткодержателей, щеточных блоков, траверс и подводящих кабелей (шин).

12.21 Пуск турбоагрегата после ремонтно-восстановительных работ на ЩКА (с притертым комплектом щеток) осуществить в соответствии с указаниями раздела 7.

13 Техника безопасности при эксплуатации и ремонте щеточно-контактного аппарата

13.1 При обслуживании ЩКА на вращающемся турбогенераторе, а также при проточках и шлифовках КК, оперативный и ремонтный персонал должен строго соблюдать требования:

- "Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок " (ПОТ РМ-016-2001 (РД 153-34.0-03.150-00) (с изм. 1 2003);

- "Правил безопасности при работе с инструментом и приспособлениями " РД 34.03.204 (с изм. 1 1991, 2 1993);

- "Правил пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций» (2006) (ППБ-АС-95)*.

13.2 К оперативному обслуживанию и ремонту ЩКА должны допускаться лица, прошедшие обучение, инструктаж и специальную подготовку по изучению принципа действия, устройства и методов обслуживания узла КК и ЩКА, имеющие навыки практической работы, обученные приемам оказания доврачебной помощи от действия электрического тока и при других несчастных случаях, сдавшие экзамены на знание "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок", должностных и местных инструкций по эксплуатации ЩКА.

13.3 Обточку и шлифовку КК ротора турбогенератора может выполнять по распоряжению главного инженера единолично работник из неэлектротехнического персонала. Работа по проточке должна проводиться по рабочей программе разработанной на АС с учётом местных условий. При работе следует пользоваться защитными очками.

13.4 Обслуживать ЩКА на работающем турбогенераторе допускается единолично работник из дежурного персонала (сменный дежурный электромонтер, дежурный электромонтер) или выделенный для этой цели сциалист ремонтного персонала электроцеха с группой III по электробезопасности. При этом необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- работать в каске застёгнутой на подбородный ремень и застегнутой спецодежде, остерегаясь захвата ее вращающимися частями машины;

- пользоваться диэлектрическими галошами или резиновыми диэлектрическими ковpами, не применяя диэлектрических перчаток;

- не касаться руками одновременно токоведущих частей двух полюсов или токоведущих и заземленных частей;

- пользоваться шумозащитными наушниками;

- глаза работающих (при осмотрах, производстве работ по регулированию токораспределения, замене щеток, производстве продувок аппарата) должны быть защищены очками с небьющимися стеклами;

- работать в тонких кожаных, хлопчатобумажных перчатках или перчатках, выполненных из специальных тканей (кевлар), плотно облегающих руки (для защиты от ожогов при касании щеток и щеткодержателей).

13.5 При установке ЩКА на подставке, закрепленной на фундаментной плите, кожух ЩКА, должен иметь стационарное заземление. При размещении ЩКА на основании опорного подшипника турбогенератора кожух не заземляется.

13.6 Перед началом работ на ЩКА, кожух которого расположен на основании опорного подшипника, необходимо убедиться, что исключено сползание с основания подшипника диэлектрического ковра.

13.7 Слесарно-монтажный инструмент (включая гаечные ключи), используемый при работах на ЩКА вращающегося возбужденного турбогенератора, должен быть с изолирующими рукоятками. Запрещается применение металлических измерительных линеек при работе на возбужденном турбогенераторе.

13.8 Запрещается размещать и оставлять инструмент на кожухе ЩКА и других элементах конструкции во избежание его попадания на вращающиеся части.

13.9 Должен вестись строгий учет инструмента, деталей и материалов, применяемых при работах на ЩКА. При недостаче их после окончания работ на

остановленном или вращающемся от валоповоротного устройства турбоагрегате запрещается его пуск до тех пор, пока не будет найдено недостающее.

13.10 Замену щеток на вращающемся турбогенераторе (для аппаратов, оснащенных щеткодержателями типа ДБ или ДБУ) производить в следующей последовательности:

- ослабить болт, крепящий наконечник токопровода щетки к траверсе, и отсоединить токопровод от траверсы;

- вынуть нажимную планку из прорези рейки, а щетку из обоймы щеткодержателя;

- вставить новую щетку в обойму щеткодержателя, а нажимную планку в соответствующую прорезь рейки;

- подсоединить наконечник токопровода под крепежный болт и плотно завернуть последний посредством гаечного ключа.

13.11 Запрещается заменять щеткодержатели, закрепленные болтами на траверсе вращающегося турбогенератора.

13.12 При измерении токов, температур и вибрации щеток переносными приборами исключить возможность захвата вращающимися частями кабеля связи между датчиком и прибором. Запрещается приближение рук к вращающимся частям на расстояние менее 50 мм.

13.13 Если измерительный прибор оснащен страховочным ремешком, исключающим падение прибора при проведении измерений, следует обязательно надевать ремешок на руку при его использовании.

13.14 При измерении вибрации электрощеток необходимо использовать вибродатчик с изолированным щупом.

13.15 При обходах, осмотрах и проведении работ на ЩКА с камерами выброса воздуха вверх и в сторону запрещается заглядывать в них или стоять напротив них. Проверку отсутствия вылета механических частиц из ЩКА

следует выполнять стоя сбоку и помещая ладонь в струю выходящего воздуха.

Приложение А

(справочное)

Основные технические характеристики щеток зарубежных фирм для турбогенераторов и рекомендации по их применению

А.1 Щетки F24 и E104 фирмы Schunk (Германия)

Опыт эксплуатации щеток F24 и E104 на турбогенераторах, производимых различными заводами-изготовителями показал, что щетки повысили надежность работы ЩКА турбогенераторов. Основными аргументами по применению щеток Schunk является:

- их стабильность по качеству (качество не меняется от партии поставки);

- особо качественная конопатка (заделка) токопровода обеспечивает низкое и стабильное переходное сопротивление в переходном контакте;

- стабильность в работе при различных режимах турбогенераторов (устойчивость к искрению);

- щетки не требуют отдельную регулировку нажатия (могут быть применены со щеткодержателями постоянного нажатия);

- щетки могут использоваться как биполярные;

- специальные пропитки щеточного материала (например H8) позволяют достигать более равномерного токораспределения.

А.1.1 Щетки и щеточные материалы

А.1.1.1 На щетки марки F24 и E104 распространяются общие требованиям существующих инструкций по ЩКА турбогенераторов установленных на АС. Краткие физико-технические характеристики щеток Schunk, применяемых на турбогенераторах приведены в таблице А.1

Т а б л и ц а А.1 Краткие физико-технические характеристики щеток Schunk

Характеристика	F24	E104
Плотность г/см^3	1,3	1,3
Сопротивление мОм	15	30
Прочность на изгиб, МПа	10	7
Номинальная плотность тока, А/см^2	от 5 до 10	от 5 до 15
Допустимая окружная скорость, м/с	90	90
Удельное нажатие, г/см^2	От 130 до 160	От 130 до160
Удельное сопротивление, мкОм.м	От 8 до 22	От 12 до 35
Переходное падение напряжения на пару щеток, В	2,0	2,2
Коэффициент трения, не более	0,3	0,23
Переходное электрическое сопротивление между щеткой и токоведущим проводником с сечением 10 мм по ГОСТ 12332-89, мОм, не более	1,25	1,25

А.1.1.2 Монополярные щетки марки F24 используются для колец положительной полярности и марки E104 для колец отрицательной полярности турбогенератора.

А.1.1.3 При использовании щеток F24 или E104 как биполярных, смену полярности колец производить только при превалирующем износе одного из колец.

А.1.1.4 Износ щеток на турбогенераторе обычно не нормируется, поскольку долговечность щеток зависит от многих факторов, таких как температура, шероховатость и полярность контактных колец, поток охлаждающего воздуха и его влажность, чистота окружающей среды - как механического, так и химического характера, вибрации, конструктивные особенности генератора, нажатие на щетку и многое другое. Предполагаемый период замены щеток на турбогенераторах с рабочей скоростью 3000 об./мин:

- F24- 6 месяцев;

- E104 - приблизительно 4-5 месяцев непрерывной работы генератора.

А.1.1.5 Щеточные материалы для турбогенератора имеют выраженную слоистость из-за особенной прессовки материала. Поэтому очень важно соблюдать геометрическое расположение щетки по отношению к направлению вращения контактных колец. В случае, если щетка предназначенная для одного направления вращение применяется в другом направлении (например, щетка 20 х 32 х 64 ставится вместо щетки 32 х 20 х 64 мм), ожидается очень высокий и неравномерный износ щеток и повышение температуры контактной пары. При производстве щеток направления их прессовки маркируются стрелкой. При установке щеток, их маркировочная стрелка должна быть направлена в аксиальном направлении (параллельно оси вращения колец).

А.1.2 Плотность тока в щетках

А.1.2.1 Рекомендуемая плотность тока в щетках:

- F24 5-10А/см^2 от 32 до 64 А для щетки 20х32х64 мм;
- E104 5-15 А/см^2 , от 32 до 96 А для щетки 20х32х64 мм.

Непременным условием нормальной работы щеточно-контактного аппарата является обеспечение допустимой степени токораспределения между параллельно работающими щетками на каждом полюсе, что составляет ±20 % от среднего тока щетки. При длительной работе с пониженными токами ротора рекомендуется уменьшать соответственно количество работающих щеток на каждом полюсе, что одновременно также снижает механические потери на трение, стабилизирует тепловой режим и улучшая условия работы ЩКА в целом.

А.1.3 Контактные кольца, их поверхность и вибрации

А.1.3.1 Оптимальная шероховатость поверхности контактных колец должна быть в приделах R_Z (высота неровностей по 10 точкам) от 5 до 8 мкм, R_A (среднее арифметическое отклонение профиля) от 0,8 до 1,2 мкм.

Этих значений необходимо добиваться при ремонте генератора на этапе шлифовки контактных колец. Для этих целей необходимо иметь прибор для замера шероховатости, например: Surtronic Duo и другие. Субъективно оценить шероховатость поверхности контактных колец можно при помощи набора эталонов.

А.1.3.2 Для равномерного износа контактных колец рекомендуется менять полярность контактных колец при необходимости не реже чем один раз в год.

А.1.3.3 Усиленные вибрации в машине сопутствуют повышенному искрению под щетками и усиленному износу контактных колец, что в последствии может привести к круговому огню и аварии машины. Вибрации на ЩКА в нормальных режимах работы не должны превышать следующие величины:

- амплитуда <0,25 мм
- сила вибрации <7 мм/сек
- ускорение колебаний <4 м/сек

В случаях, когда вибрации в нормальных рабочих условиях превышают рекомендуемые величины, целесообразно применять щетки с вибропоглащающими накладками, что уменьшает отрицательное влияние вибраций на щеточный контакт но полностью не позволяет избежать проблемы.

А.1.4 Рабочая среда щеточно -контактного аппарата

А.1.4.1 Рекомендуемая абсолютная влажность воздуха в помещении от

5 до 15 г/м^3, что обычно соответствует нормам и требованиям к щеткам других изготовителей.

А.1.4.2 Важным условием надежной работы ЩКА является отсутствие протечек масла из подшипника, ближайшего к узлу токосъема, соблюдение чистоты воздуха машинного зала и полов в районе ЩКА.

А.1.4.3 Все существующие требования по чистоте воздуха, проведению ремонтах и покрасочных работ, а также уборки полов и очистки оборудования остаются в силе.

А.1.5 Температура контактных колец

А.1.5.1 Рекомендуемая температура поверхности КК от 60 °С до 95 °С, но принимая во внимание проблематику измерения температуры поверхности контактного кольца во время работы генератора, следует руководствоваться существующими нормативами по разности температур охлаждающего воздуха.

1.5.2 В случае увеличения разности температур горячего и холодного воздуха на ЩКА, снять на каждом полюсе по три - пять щеток. После этого выяснить причину нарушения, это может быть:

- повышенное нажатие на щетки, что устраняется соответствующей регулировкой прижима щеткодержателей типа ДБУ или ДБ ;

- либо неудовлетворительное состояние поверхности КК и, как следствие, неравномерное токораспределение по щеткам. В данном случае необходимо выполнить ручную шлифовку КК для нормализации политуры и увеличения шероховатости поверхности КК .

А.1.5.3 Нужно учесть, что в первые пять семь дней температура щеток будет на 10 °С - 15 °С выше обычной для данного турбогенератора. По мере приработки щеток и наработки политуры температура стабилизируется.

А.1.6 Прижим щеток

Для щеток F24 и E104 давление на щетки должно быть от 130 до 160 г/см^2, что соответствует усилию нажатия на щетки размером 20х32 мм от 8,3 до 10,2 Н. Эти величины могут быть замерены динамометром.

А.2 Щетки LFC554 фирмы Carbone Lorraine (Франция)

А.2.1 Щетки и щеточный материал

Щетки LFC554 разработаны специально для работы в ЩКА турбогенераторов со стальными КК и обладают следующими эксплуатационными характеристиками:

- низкий коэффициент трения. Это свойство получено благодаря натуральному графиту, который входит в состав этого материала;

- подходит для скоростей до 100 м/с;

- ограничивает посторонние эффекты « ghosting ». Материал этой марки хорошо поглощает короткие токовые импульсы и таким образом снижает отпечатки на КК, вызванные этими эффектам;

- очень низкое нагревание. Это одно из основных преимуществ в сравнении с конкурентами. В среднем температура нагревания LFC554 на 10 °С ниже, чем температура нагревания щёток конкурентов;

- очень хорошие механические свойства. Благодаря пористой структуре и низкому трению, материал марки LFC554 очень устойчив при работе на высоких скоростях;

- хорошее распределение тока. Это основное свойство для данного применения, где используется много щёток на КК и нужно избежать появления прочной окисной пленки на скользящей поверхности щеток;

- длительный срок службы. В зависимости от применения LFC554, срок

службы щёток увеличивается до 20 % по сравнению с конкурирующими материалами;

- продление срока службы КК. Благодаря низкому трению LFC554 гарантирует оптимальный срок службы КК (с условием смены полярности);

- низкое падение напряжения. Уменьшает электрические потери;

- сертификация основными фирмами –производителями (GE, BHEL, Alstom Power, Ansaldo, Shanghai Electric, Siemens Westinghouse). LFC554 пользуется доверием самых крупных фирм- производителей турбогенераторов. Щётки LFC554 прошли испытания на этих фирмах.

Основные их технические характеристики представлены в таблице А.2

Т а б л и ц а А.2- Краткие физико-технические характеристики щеток LFC554

Характеристика	LFC554
Плотность, г/см^3	1,25
Сопротивление, мОм	20
Прочность на изгиб, МПа	10
Номинальная плотность тока, А/см^2	От 6 до13
Допустимая окружная скорость, м/с	100
Удельное нажатие, г/см^2	От 110 до 180
Удельное сопротивление, мкОм	20
Переходное. падение напряжения на пару щеток, В	2,0
Коэффициент трения, не более	0,2
Переходное электрическое сопротивление между щеткой и токоведущим проводником с сечением 10 мм^2 по ГОСТ 12332-89, мОм, не более	1,25

А.2.2 Общие рекомендации по использованию и техобслуживанию щёток LFC554

А.2.2.1 Механическое состояние КК

Для правильной работы щётки КК должны иметь необходимое

состояние поверхности. Для высоких скоростей, механическое состояние должно поддерживаться наиболее тщательно.

Параметры шероховатости.

Рекомендуется :

- R_A от 0,75 до 1,25 мкм на стали и бронзе;

- 100 pics/cm на стали и бронзе;

- использование абразивных камней «средней зернистости» является великолепным средством для получения оптимальной шероховатости.

Не рекомендуется :

- употреблять белый полировальный камень;

- использовать ткань из стекловолокна.

А.2.2.2 Температура на КК

Должна быть равномерной по всей окружности КК и составлять в работе примерно 80 °С. Разность температур может привести к плохому распределению тока в щётках. Механические потери могут достигать порядка 90 %, а электрические - порядка 10 %.

А.2.2.3 Плотность тока

Чем больше ток на КК, тем быстрее происходит окисление.

А.2.2.4 Полярность щеток

Положительные щётки (+) – щётки, которые ведут электрический ток к аноду. Сильная ионизация и политура хорошего качества.

Отрицательные щётки(-) - щётки, которые отводят электрический ток от катода. Здесь имеет место перенос металлических ионов к углероду, в результате которого со временем образуются полосы.

Рекомендация: раз в год менять полярность на щётках .

Отношение снашиваемости щетки (+) и щётки (–) может достигать пяти.

А.2.2.5 Влажность

Содержание влаги в окружающей среде является важнейшим фактором :

- низкая влажность: быстрый износ щётки из-за повышенного трения (слабая политура);

- высокая влажность: механический износ из-за трения уголь/уголь и электрический износ из-за повышения падения напряжения (нагревание колец).

Рекомендация: предел влажности - от 8 до 15 г/м^3

А.2.2.6 Вентиляция должна ограничивать температуру КК (от 50 °С до 80 °С)

А.2.2.7 Состояние окружающей среды

Щётки имеют пористость порядка 20 %. Посторонние частицы из воздуха могут проникнуть в поры и спровоцировать быструю механическую снашиваемость щётки из-за повышения трения, плохого распределения тока, из-за образования клейкой массы, которая может оседать в гнезде щёткодержетеля и заблокировать щётку.

Рекомендуется:

- вытащить щётки из щёткодержателя и почистить щёткодержатель растворителем в удалении от щёток;

- удалить щётки. Если на них попадёт капля масла, щётки будут загрязнены и нужно будет их все заменить.

Не рекомендуется: использование силиконовой мастики (абразивные пары и соединения кремния приводят к быстрому износу).

А.2.2.8 Эффект отпечатков *(Ghosting)*.

Эффект отпечатков - это отпечатки щётки на КК, созданные в процессе работы турбогенератора. Эти отпечатки могут быть шероховатыми и абразивными. Они возникают при включении турбогенератора и импульсном изменении плотности электрического тока.

Рекомендация:

- снять щётки, если машина остановлена на длительный срок;

- зачистить шкуркой следы этого эффекта.

Приложение Б

(справочное)

Рекомендации по диагностике и настройке щеточно-контактных аппаратов генераторов по результатам автоматизированного контроля токораспределения

Технической функцией ЩКА является равномерное распределение токовой нагрузки по поверхности КК турбогенератора. Конструкция щеточно-контактного узла турбогенератора и количество щеток определяются в первую очередь мощностью турбогенератора (максимальным током ротора). Чем мощнее турбогенератор, тем больше ток ротора, тем больше щеток в щеточно-контактном узле. Средняя плотность тока подвижного контакта, на которую рассчитаны щетки, составляет 10 А/см^2. Конструкция крепления каждой щетки позволяет регулировать силу прижатия щетки к КК, что предполагает возможность изменения тока каждой щетки. Электрофизические процессы происходящие в щеточном узле практически не зависят от типа турбогенератора, поэтому и общие подходы в оценке его настройки должны быть едиными.

Настройка ЩКА, как правило, сводится к обеспечению одинаковой силы нажатия каждой щетки, этим предполагается обеспечение одинакового тока каждой щетки. Одинаковый ток каждой щетки это - средний ток щетки, который равен току ротора, деленному на количество щеток на полюсе. Если ток конкретной щетки точно равен среднему току, то можно предположить, для нее точно обеспечены все необходимые условия для нормальной работы. Если ток конкретной щетки отличается от среднего тока, то для нее конкретно и для ЩКА в целом не обеспечены одинаковые и оптимальные условия токопрохождения. Степень отклонения тока конкретной щетки от среднего значения есть основная численная характеристика точности настройки конкретной щетки и ЩКА в целом. Так как в процессе токораспределения одновременно принимают участие все щетки полюса, и каждая щетка

оказывает влияние на все остальные, при оценке качества настройки ЩКА необходимо использовать методы статистического анализа, хотя бы в минимальном виде.

Для оценки качества настройки ЩКА турбогенератора необходимы следующие его характеристики:

- количество щеток на каждом полюсе ЩКА;

- номинальный и допустимый ток конкретного типа щеток (по данным завода-изготовителя);

- ток ротора (по показаниям прибора на главном щите);

- гистограмма токораспределения по щеткам (номер щетки – ток щетки);

- статистика токораспределения (ток – количество щеток с таким током).

Ток ротора и количество щеток необходимы для расчета среднего тока щетки в данном режиме работы турбогенератора и последующего сравнения с ним статистики токораспределения. Допустимый ток данного типа щеток позволяет оценить запас надежности или степень опасности ненормального режима.

Качественную оценку настройки ЩКА, не привлекая математический аппарат статистического анализа, можно сделать по внешнему виду картин статистики токораспределения и гистограммы токораспределения.

С теоретической точки зрения идеальной картиной токораспределения является такая, при которой все щетки будут нести средний ток. При этом гистограмма токораспределения представляет горизонтальную прямую на уровне среднего тока, а статистика – один вертикальный столбик, высота которого равна общему числу щеток полюса ЩКА (см. рисунок Б.1).

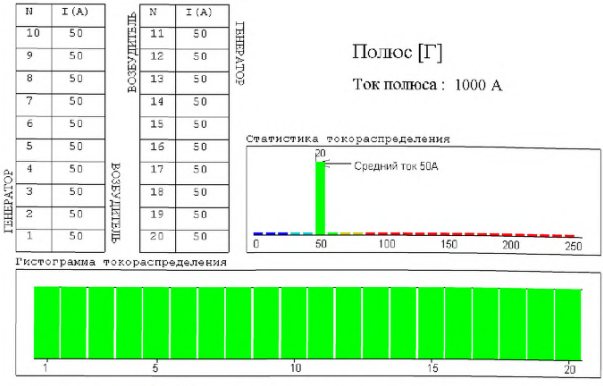


Рисунок Б.1- Теоретически идеальное токорапределение

Идеальной картиной токораспределения с технической точки зрения, с учетом статистического разброса характеристик щеток, неравномерности прижима щеток и других аналогичных факторов, является нормальное распределение, т.е. симметричная колоколобразная кривая с максимумом, точно равным среднему току и полным отсутствием нулевых щеток (щеток, не несущих токовой нагрузки). При этом гистограмма токораспределения будет представлять набор столбиков, незначительно отличающихся по высоте от среднего тока. Такая настройка ЩКА может быть оценена «отличной» и безаварийная работа узла может быть гарантирована (см. рисунок Б.2).

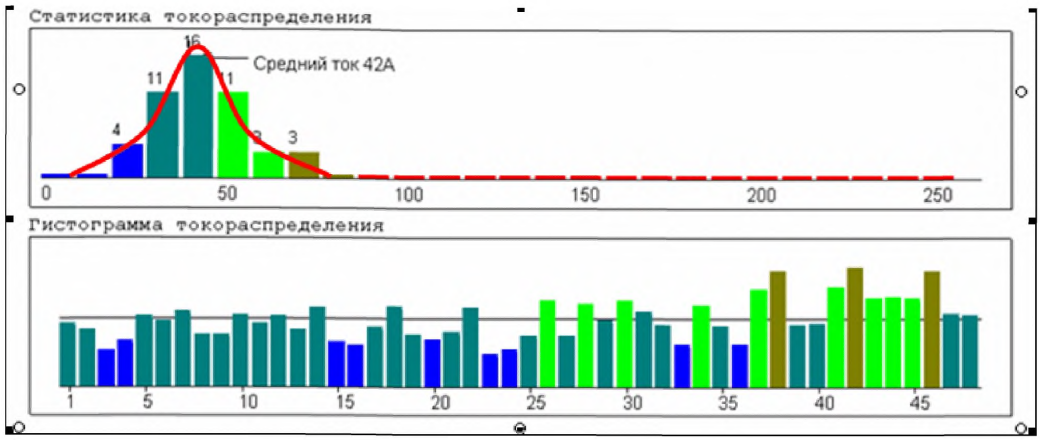


Рисунок Б.2 - Отличное токораспределение

Хорошей настройкой ЩКА можно назвать такую, при которой наблюдается небольшое отклонение вершины «колокола» статистического распределения в сторону от значения среднего тока щетки, а также наличие единичных нулевых щеток и щеток с большим током, допустимым по заводским характеристикам для конкретного типа щетки (см. рисунок Б.3).

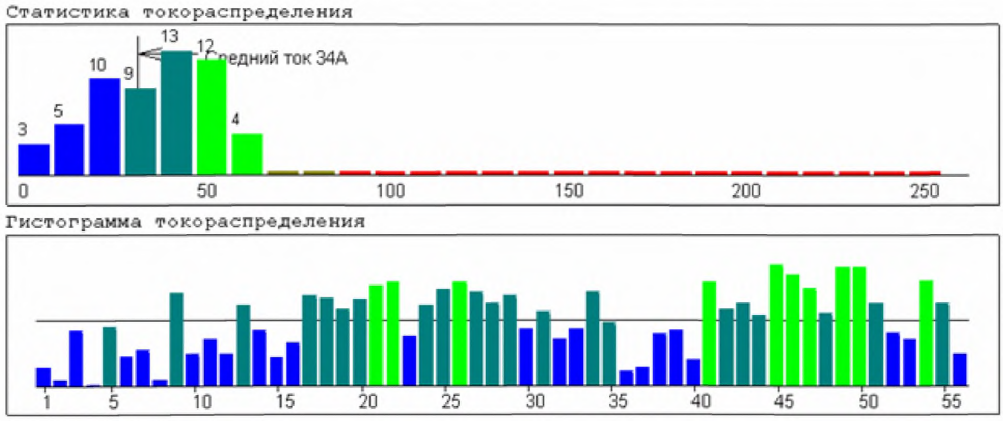


Рисунок Б.3 - Хорошее токораспределение

Важна форма кривой токораспределения. Колоколобразная форма кривой с шириной 40 А говорит о сравнительно одинаковом прижиме щеток,

стабильности процессов, происходящих в подвижном контакте (щетка-кольцо). Значительное расширение кривой токораспределения, появление на ней нескольких максимумов, говорят о большом различии нагрузок по поверхности КК.

Если картина статистики токораспределения не имеет определенной формы с выраженным максимумом, а значения токов отдельных щеток не выходят за допустимые пределы, настройку ЩКА можно оценить как «удовлетворительную». Такие случаи встречаются при работе турбогенератора в режиме недогрузки (с токами ротора ниже номинального). Гарантировать надежную работу узла при такой настройке нельзя (см. рисунок Б.4) .

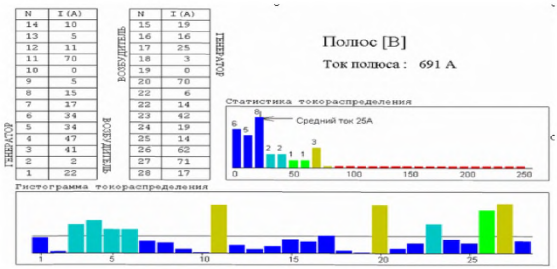
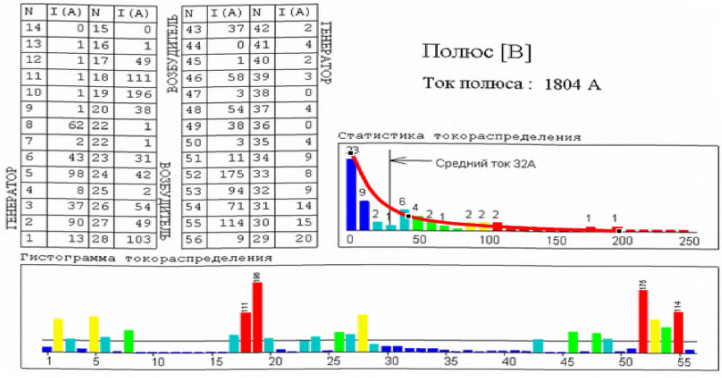


Рисунок Б.4 - Удовлетворительное токораспределение

Если картина статистики токораспределения имеет форму экспоненты с максимумом в нуле, то есть максимальное число щеток несут ток меньше 10А, такое состояние ЩКА должно оцениваться как «неудовлетворительное», «предаварийное» и требующее срочной диагностики и соответствующего обслуживания (см. рисунок Б.5).



N	I (A)	N	I (A)
14	0	15	0
13	1	16	1
12	1	17	49
11	1	18	111
10	1	19	196
9	1	20	38
8	62	22	1
7	2	22	1
6	43	23	31
5	98	24	42
4	8	25	2
3	37	26	54
2	90	27	49
1	13	28	103

N	I (A)	N	I (A)
43	37	42	2
44	0	41	4
45	1	40	2
46	58	39	3
47	3	38	0
48	54	37	4
49	38	36	0
50	3	35	4
51	11	34	9
52	175	33	8
53	94	32	9
54	71	31	14
55	114	30	15
56	9	29	20

Рисунок Б.5 - Неудовлетворительное предаварийное токораспределение

Форма кривой статистического анализа токораспределения характеризует общее состояние настройки узла. Колоколобразная форма статистики токораспределения при отсутствии нулевых щеток характеризует в первую очередь хорошую регулировку прижима щеток. Наличие двух выраженных максимумов свидетельствуют о двух самостоятельных процессах, происходящих на данном полюсе. Данные процессы могут быть обнаружены гистограмме токораспределения в виде периодических максимумов, провалов или ступенек. Если предположить, что прижим щеток одинаков, то в данном конкретно случае достоверно можно говорить различном состоянии поверхности КК (см. рисунок Б.6).

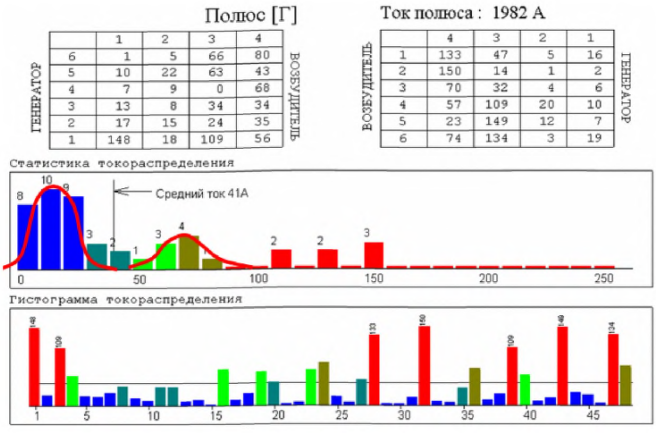


Рисунок Б.6 - Пример различного состояния дорожек на кольце

Процесс настройки ЩКА турбогенератора с применением автоматизированного контроля токораспределения должен проводиться в несколько этапов:

- настройка ЩКА традиционным методом, т.е. обеспечение одинакового прижатия всех щеток. Этот этап необходимо проводить без контроля тока. Осуществление токового контроля на первом этапе делает процесс длительным и может замаскировать некоторые дефекты (например неоднородность состояния поверхности КК);

- снятие картины токораспределения ЩКА. При этом важно не изменять настройку щеток, даже если токовые параметры какой-то из них значительно выходят за пределы допустимых.

Во-первых, необходимо помнить, что изменение тока одной их щеток, изменяет всю картину токораспределения и неизбежно искажает истинную картину токораспределения.

Во-вторых, изменение картины токораспределения во время контроля не

позволяет оценить объективность и точность измерительного прибора, так как основным критерием точности проводимого контроля является сравнение суммарного тока щеток полюса с показаниями тока ротора по прибору на главном щите.

В крайнем случае, необходимо сначала записать всю картину токораспределения, а затем отрегулировать критическую щетку;

- автоматизированная обработка результатов контроля. Необходимо занести данные измерений токов щеток в компьютер, представить их в виде гистограмм токораспределения и статистической обработки и распечатать результаты. Сравнить картины токораспределения с описанными выше, сделать вывод о настройке ЩКА и принять решение о необходимости регулирования ЩКА;

- проведение дополнительного регулирования ЩКА проводится по результатам автоматизированного контроля с применением прибора для контроля тока щеток (распечатанная гистограмма токораспределения должна быть взята в машинный зал).

Во-первых, необходимо передернуть все щетки, затем, выяснить причину отсутствия тока на отдельных щетках и загрузить эти щетки. К наиболее часто встречающимся причинам отсутствия тока на поводке щетки можно отнести:

а) механическое заклинивание щетки в щеткодержателе и потеря контакта с КК;

б) полная потеря электрического контакта между клеммой поводка щетки и токоведущей траверсой;

Во-вторых, необходимо увеличить нагрузку на слабо загруженных щетках повышением их нажатия. При этом нет необходимости доводить их ток точно до среднего, так как регулировка нажатия достаточно грубая, кроме того, требуется некоторое время для приработки щетки при новом усилии прижима. Если при увеличении нажатия не происходит заметного увеличения тока

необходимо проверить состояние электрического контакта между клеммой поводка и токоведущей траверсой. Необходимо снять и отсоединить щетку, зачистить место контакта, плотно зафиксировать клемму и установить щетку на место. Если проведенные мероприятия не приводят к способности щетки к регулированию, а ранее наблюдался нагрев поводка, вероятно некоторое ухудшение состояния переходного контакта в месте закрепления поводка в теле щетки. Такую щетку поставить в очередь на замену или заменить.

В-третьих, не следует сразу заниматься щетками с максимальным током. Это щетки с наилучшими характеристиками токопроводности. К ним следует вернуться (по необходимости) после приработки отрегулированных щеток;

- вторичный контроль токораспределения проводится через 15-20 минут после окончания дополнительной регулировки щеток, что необходимо для приработки щеток и стабилизации процесса токораспределения. Вторичный контроль необходим для оценки качества настройки ЩКА и эффективности проведенных регулировочных мероприятий. Вторичный контроль проводится так же, как и первый, без регулирования нажатия щеток;

- автоматизированная обработка результатов настройки ЩКА.

Проводится для оценки эффективности проведенных регулировочных мероприятий, а также для последующего анализа. При следующем контроле необходимо обратить внимание какие щетки вышли из настройки. Проводя периодические наблюдения за процессом изменения настройки ЩКА можно установить критерии нормальной работы для конкретного ЩКА, своевременно выявлять отклонения от нормального режима и достоверно предвидеть его безаварийное функционирование.

РД ЭО 1.1.2.19.0726-2007