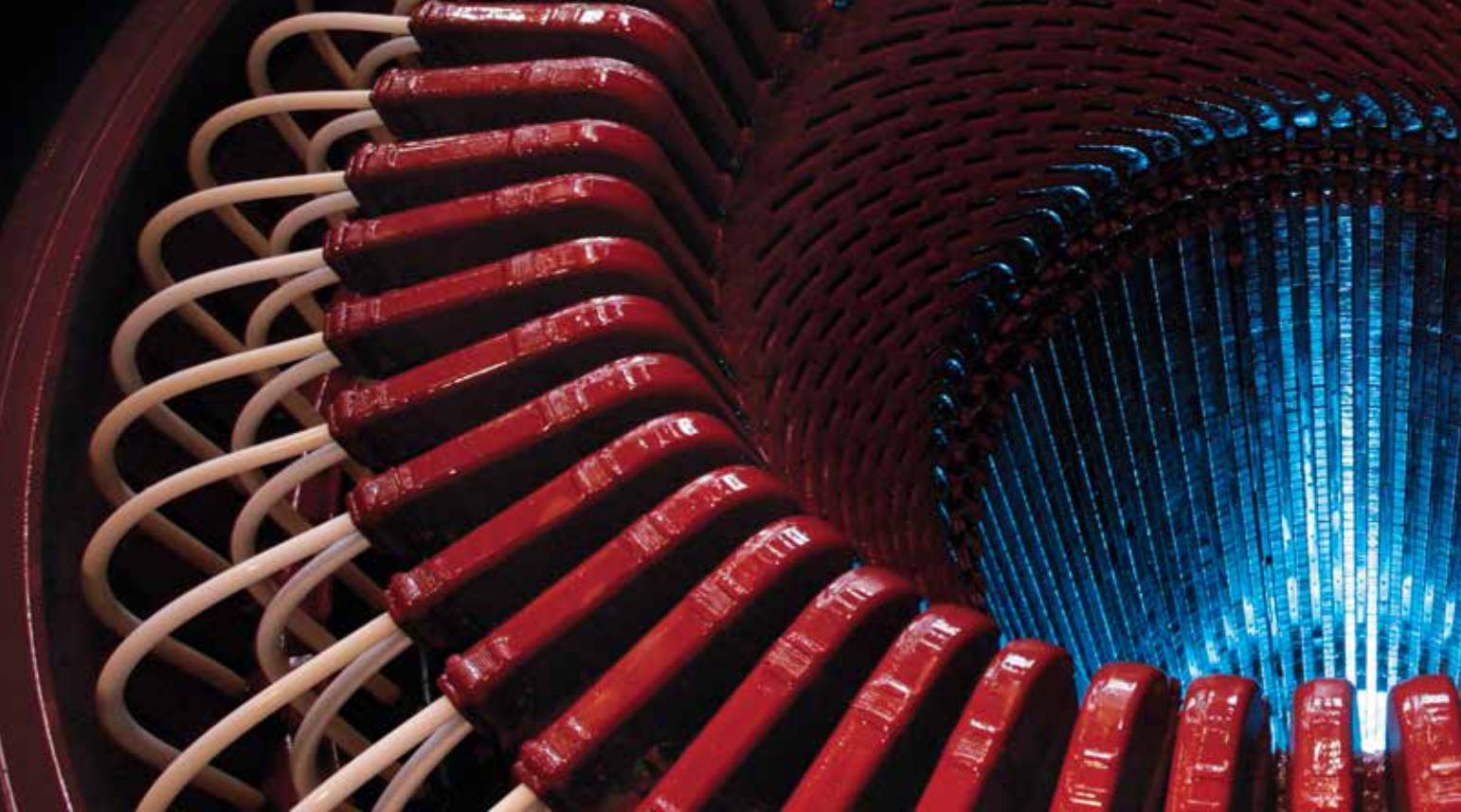


# СЕРВИС И МОДЕРНИЗАЦИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ





«Силовые машины» — ведущий российский производитель и поставщик оборудования для атомных, тепловых и гидравлических электростанций — предлагает услуги по модернизации и реконструкции турбогенераторов мощностью от 60 до 1000 МВт, направленные на повышение надежности, экономичности, маневренности и упрощение условий их эксплуатации.

## СЕРВИС И МОДЕРНИЗАЦИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

В ходе реализации проектов по модернизации «Силовые машины» решают три основные стратегические задачи — восстановление работоспособного состояния, продление срока службы и повышение технико-экономических показателей работы и надежности при эксплуатации электрооборудования. В результате модернизации увеличивается межремонтный период, а также происходит оптимизация структуры ремонтного цикла.

Компания «Силовые машины», обладая значительным опытом решения сложных конструкторских задач, разработки и создания различного электрооборудования, в ходе выполнения проектов модернизации может реализовать индивидуальные опции для каждого конкретного случая. Работы по модернизации и ремонту турбогенераторов могут быть выполнены как в заводских условиях, так и в условиях электростанции.

Система менеджмента качества «Силовых машин» сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ISO серии 9000 (ISO 9001:2015, ГОСТ Р ИСО 9001-2015) и ГОСТ Р В 0015-002-2012.

Каждый этап работы проходит при неукоснительном соблюдении технологии производства и принятой в компании политики в области качества. По окончании работ устанавливаются гарантийные обязательства изготавителя.





## УСЛУГИ ПО РЕМОНТУ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

- Комплексное обследование технического состояния оборудования.
- Разработка проектов модернизации.
- Разработка ремонтной и эксплуатационной документации.
- Поставка запасных частей и комплектующих деталей для модернизаций и ремонтов.
- Модернизация и ремонт турбогенераторов в заводских условиях или в условиях электростанции.
- Проведение независимой экспертизы.

## КОМПЛЕКСНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В ходе комплексного обследования технического состояния оборудования производятся следующие исследования и работы:

- информационный (ретроспективный) анализ технического состояния;
- анализ полноты и результатов регламентированного контроля, выполняемого в плановые ремонты;
- тепловые испытания работающего генератора;
- технический осмотр во время планового ремонта;
- диагностические испытания и измерения (инструментальный контроль) во время планового ремонта, в том числе:
  - электромагнитный контроль замыканий листов активной стали сердечника статора турбогенератора (ELECTromagnetic Core Imperfection Detection);
  - тепловизионный контроль во время испытаний активной стали статора на нагрев и потери;
  - инструментальный контроль сердечника статора, обмотки статора, ротора.
- анализ результатов с выдачей заключения о состоянии генератора, необходимости и объеме модернизации, рекомендаций по ремонту.



# ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ИЛИ РЕМОНТАМ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

## ЗАМЕНА ОБМОТКИ СТАТОРА

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Повышение надежности работы турбогенератора, устранение последствий аварий и продление срока службы.

### ОПИСАНИЕ

После проведения обследования сердечника статора и выдачи заключения о его техническом состоянии модернизация может ограничиться только заменой обмотки статора на обмотку с термореактивной изоляцией с температурными характеристиками класса F и повышенной теплопроводности.

Работы могут выполняться:

- в ремонтной зоне машинного зала станции: статор установлен на поворотном устройстве (кантователе);
- на штатном рабочем месте турбогенератора: без использования поворотного устройства.

### Продолжительность проведения работ:

от 30 до 60 дней, в зависимости от типа турбогенератора.

## ЗАМЕНА КРАЙНИХ ПАКЕТОВ СЕРДЕЧНИКА СТАТОРА НА ЗАПЕЧЕННЫЕ ПАКЕТЫ

(в ходе модернизации производится замена обмотки статора)

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Расширение диапазона работы турбогенератора в режиме недовозбуждения, увеличение мощности.

### ОПИСАНИЕ

В процессе работы турбогенератора в режиме недовозбуждения («с потреблением реактивной мощности») на крайние зоны активной стали статора воздействует подмагничивающая аксиальная составляющая переменной магнитодвижущей силы (МДС) реакции якоря, которая вызывает увеличение нагрева крайних пакетов сердечника и нажимной плиты статора.

Для укрепления торцевых зон сердечника статора и увеличения интенсивности их охлаждения пакеты крайних зон сердечника статора заменяются на запеченные пакеты новой конфигурации, которая в совокупности с медным шунтирующим экраном уменьшает воздействие аксиальной составляющей МДС на крайние пакеты сердечника статора.

Прессовка сердечника в сборе выполняется горизонтальным гидравлическим прессом или гидрогайковертами. При этом могут быть установлены аккумуляторы давления вместо гаек стяжных ребер для постоянной подпрессовки сердечника. После испытания сердечника производится укладка стержней обмотки статора.

Работы могут выполняться:

- в ремонтной зоне машинного зала станции: статор установлен на поворотном устройстве (кантователе);
- на штатном рабочем месте турбогенератора: без использования поворотного устройства.

### Продолжительность проведения работ

От 80 до 120 дней, в зависимости от типа турбогенератора.



## УСТАНОВКА ПРУЖИННЫХ СТЯЖЕК НА ВЕРХНИЕ РЕБРА СТАТОРА

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Снижение вибрации ребер активной стали статора турбогенератора.

### ОПИСАНИЕ

В процессе эксплуатации турбогенераторов в результате вибрационных нагрузок на активную сталь статора имеет место увеличение вибрации ребер за счет ослабления их сопряжения с сердечником статора.

Вибрация увеличивается по причине истирания «ласточкина хвоста» верхних ребер, наиболее подверженных ослаблению. Увеличенная вибрация проявляется повышенным шумом корпуса статора и может быть оценена инструментальным контролем.

Для снижения вибрации на верхние ребра статора устанавливаются специальные пружинные стяжки. Простота установки сочетается с высокой эффективностью работы. Работы выполняются непосредственно в условиях станции.

### Продолжительность проведения работ

До 10 дней, в зависимости от типа турбогенератора.

## ЗАМЕНА АКТИВНОЙ СТАЛИ СЕРДЕЧНИКА СТАТОРА

(в ходе модернизации производится замена обмотки статора)

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Новый статор турбогенератора современной конструкции с расширенной диаграммой мощности при сохранении старого корпуса статора.

### ОПИСАНИЕ

В процессе модернизации статор устанавливается в вертикальное положение.

Производится:

- демонтаж сердечника статора и стяжных ребер;

- разгонка и приварка новых ребер;
- набор пакетов сердечника статора с промежуточными и основными прессовками вертикальным гидравлическим прессом.

Работы выполняются в ремонтной зоне машинного зала станции или на заводе «Электросила».

### Продолжительность проведения работ

От 120 до 160 дней, в зависимости от типа турбогенератора.

После сборки активной стали сердечника статор кантуется в горизонтальное положение, и производится укладка стержней обмотки статора.



## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

(для отдельных типов турбогенераторов)

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Увеличение мощности до 10–15%.

### ОПИСАНИЕ

Отличительной особенностью турбогенераторов серии ТВВ является то, что обмотка статора охлаждается дистиллятом, активная сталь и обмотка ротора – водородом.

На турбогенераторах типа ТВВ имеется возможность увеличить мощность, не повышая температуру активных частей,

путем интенсификации вентиляции. Для этого в зазор между ротором и статором устанавливаются специальные клинья, выступающие в зазор, которые препятствуют завихрению водорода в зазоре и увеличивают скорость охлаждающего газа в вентиляционных каналах обмотки ротора. Увеличивается также скорость газа

в вентиляционных каналах активной стали статора.

Предлагаемая модернизация обеспечивает снижение рабочих температур активных частей, вследствие чего увеличивается их ресурс.

Работы выполняются непосредственно в условиях станции.

### Продолжительность проведения работ

До 20 дней, в зависимости от типа турбогенератора.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ УСИЛИЯ ПРЕССОВАНИЯ АКТИВНОЙ СТАЛИ

(для турбогенераторов типов ТВВ-165, ТВВ-200, ТВВ-320)

### ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ

Восстановление плотности прессовки активной стали статора турбогенератора.

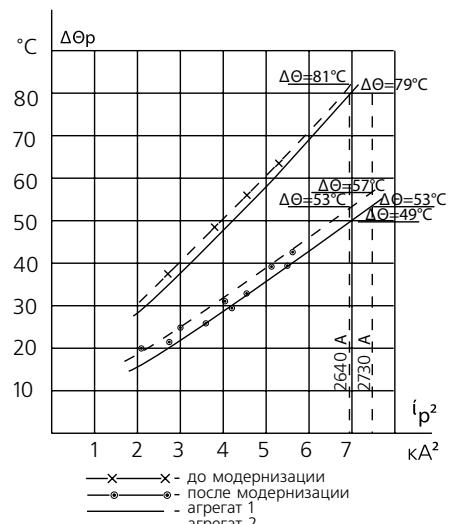
### ОПИСАНИЕ

В процессе эксплуатации турбогенераторов усилие запрессовки сердечника активной стали, особенно в торцевой зоне, может ослабляться.

Эффективным способом восстановления усилия прессовки активной стали является установка вместо гаек стяжных ребер сердечника специальных пружинных устройств с заданным и регулируемым

давлением. Пружинные блоки (аккумуляторы давления) устанавливаются без удаления статорной обмотки и с выполнением дополнительных работ, обеспечивающих доступ к месту установки устройства и подвижность нажимных плит сердечника. Работы выполняются непосредственно в условиях станции.

Турбогенераторы ТВВ-200-2А ТЭС «Битола». Экспериментальная зависимость превышения температуры обмотки ротора от квадрата тока возбуждения



### Продолжительность проведения работ

От 20 до 40 дней, в зависимости от типа турбогенератора.



## **ЗАМЕНА ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛА РОТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ НА РАДИАЛЬНЫЕ (КОЛЬЦЕВОГО ТИПА)**

### **ЦЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ**

Обеспечение надежности работы турбогенератора.

### **ОПИСАНИЕ**

Масляные уплотнения вала радиального (кольцевого) типа с гидродинамической центровкой вкладыша, частичной разгрузкой от осевых усилий и интенсифицированным охлаждением вкладыша более просты в эксплуатации – в системе обеспечения используется один регулятор

давления масла вместо двух регуляторов в торцевых, имеют высокую подвижность и поэтому не чувствительны к различным изменениям в режимах работы генератора и тепловым расширениям валопровода. Работы выполняются непосредственно в условиях станции.

**Продолжительность проведения работ**  
До 20 дней, в зависимости от типа турбогенератора.

## **ЗАМЕНА СИСТЕМЫ ТЕПЛОКОНТРОЛЯ**

**с двухпроводной на трех-четырехпроводную с использованием платиновых датчиков температуры**

### **ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ**

- Повышение надежности систем термоконтроля.
- Повышение устойчивости работы оборудования.
- Повышение точности измерения.

### **ОПИСАНИЕ**

Системы термоконтроля выполнены на базе современных МП контроллеров Siemens, Omron и др. и позволяют вести непрерывный мониторинг параметров генераторов в автоматическом режиме, отображать параметры в удобном для анализа виде, передавать информацию на «верхний» уровень АСУ ТП.

Достаточно полная система контроля позволяет изменить подход к вопросу о периодичности профилактических и капитальных ремонтов и назначать их по результатам анализа показаний датчиков и диагностики состояния турбогенератора.

Использование трех- или четырехпроводных термопреобразователей позволяет существенно повысить точность измерений за счет учета реального текущего значения сопротивления соединительных проводов для трехпроводной схемы или его исключения из измерения для четырехпроводной схемы.

По сравнению с медными платиновыми термопреобразователями отличаются большей стабильностью во времени, а также более широким диапазоном измеряемых температур (до 400 °C вместо 150 °C).

При модернизации турбогенератора осуществляется:

- замена средств обработки и отображения информации;
- термопреобразователи устанавливаются на слив дистиллята из всех цепей охлаждения обмотки статора;
- при перемотке статора заменяются также термопреобразователи, установленные на дне паза и между стержнями или на изоляции статора в 12–24 точках.

### **Продолжительность проведения работ**

В соответствии со сроками замены обмотки статора.



## ЗАМЕНА СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ

на современную бесщеточную или статическую. Модернизация существующей системы возбуждения

### ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ

- Повышение надежности систем возбуждения.
- Повышение устойчивости, точности регулирования напряжения.
- Обеспечение работы системы возбуждения в составе автоматизированных систем управления электростанций.

### ОПИСАНИЕ

Для повышения надежности современные тиристорные системы возбуждения с микропроцессорными регуляторами возбуждения выполнены по двухканальной схеме. Каждый канал оснащен собственной автономной системой электропитания, измерения режимных параметров, системой фазоимпульсного управления тиристорным преобразователем. Реализация

пропорционально-интегрально-дифференциального закона регулирования напряжения на программном уровне позволяет устранить влияние старения активных и пассивных элементов электрической схемы на точность регулирования напряжения. Для сопряжения с автоматизированными системами управления электростанций современные системы возбуждения

оснащены интерфейсами связи RS-485, Ethernet, что позволяет реализовать на электростанции систему единого времени. Наличие диагностических функций позволяет сократить время диагностики возможных неисправностей и временные затраты на восстановление работоспособности системы возбуждения.

**Продолжительность проведения работ** по замене одной тиристорной системы возбуждения – 30 календарных дней.

## ЗАМЕНА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ БЛОКА НА СОВРЕМЕННУЮ НА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

### ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ

- Повышение надежности.
- Повышение помехоустойчивости.
- Возможность самодиагностики отказов блоков защит.
- Наличие аварийных осциллографов.
- Снижение затрат на обслуживание блоков релейной защиты.

### ОПИСАНИЕ

Для повышения надежности современные микропроцессорные защиты выполнены в виде двух независимых блоков с собственной системой электропитания, цепями измерения, выходными реле. Реализация в блоках защит аварийных осциллогра-

фов позволяет получить информацию для расследования причин аварийных отключений. Самодиагностика блоков защит обеспечивает своевременное выявление отказов и недопущение развития аварийной ситуации при отказе блока защит.

Реализация электрических защит на программном уровне позволяет реализовать сложные алгоритмы защиты электрооборудования и повысить помехоустойчивость, тем самым снизить вероятность ложных отключений.

**Продолжительность проведения работ**  
30 календарных дней.



## ЗАМЕНА ОБМОТОК РОТОРОВ

### ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ

- Повышение мощности.
- Восстановление ресурса.
- Устранение последствий аварий.

### ОПИСАНИЕ

Старение корпусной и витковой изоляции обмоток роторов, необходимость увеличения интенсивности охлаждения для реализации задачи увеличения мощности, повышение эксплуатационной надежности генераторов приво-

дят к необходимости замены, ремонта и модернизации роторов.

При замене роторов или их перемотке принимаются меры по снижению рабочих температур, по повышению устойчивости изоляции к рабочим температурам за счет

изменения конфигурации схемы охлаждения обмотки ротора в пазовой части и использования новых изоляционных материалов. Перемотка роторов выполняется как в условиях завода «Электросила», так и на станции.





## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ СЕРИИ ТЗФ

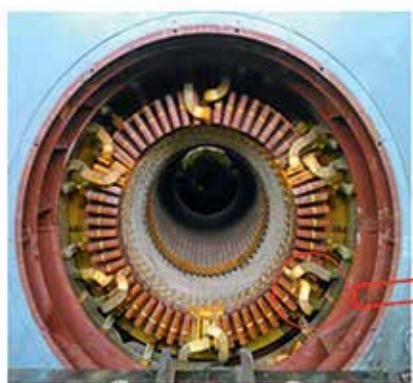
### ЦЕЛИ МОДЕРНИЗАЦИИ:

- Повышение электрической прочности высокопотенциальных зон обмотки статора.
- Уменьшение нагрева активных частей турбогенераторов, применение современных материалов повышенной теплопроводности.
- Снижение виброискровой эрозии полупроводящих покрытий и изоляции обмотки статора.
- Повышение эффективности системы охлаждения.

### ОПИСАНИЕ

Компания «Силовые машины» с целью повышения эксплуатационной надежности и дальнейшей безаварийной эксплуатации турбогенераторов с воздушным охлаждением типа ТЗФП(Г, АУ) мощностью 160 МВт и выше, находящихся в эксплуатации более 5 лет, разработало мероприятия по модернизации и рекомендует эксплуатирующим организациям в период проведения ремонтов с выводом ротора их внедрить:

- Для предотвращения межфазных замыканий из-за возможного увлажнения, загрязнения и запыления лобовых частей обмотки статора в процессе эксплуатации и усиления изоляции междуфазных зон предлагается установить дополнительные диэлектрические барьеры на головки стержней обмотки статора в междуфазных зонах со стороны турбины («Т») и контактных колец («КК»).
- Для предотвращения ослабления крепления стержней в пазах сердечника статора и исключения виброискровой эрозии полупроводящих покрытий предлагается выполнить переход на заклиновку встречными клиньями стержней в пазах для обеспечения постоянного поджатия, с контролем и восстановлением плотности в каждый ремонт с выводом ротора.
- Для локализации процесса ионизации (побеления) изоляции на стержнях на выходе из паза сердечника каждый ремонт с выводом ротора рекомендуется производить демонтаж вентиляционных закрытий и осмотр лобовых частей обмотки статора, при обнаружении следов ионизации покрытие необходимо восстановить при помощи специальной полупроводящей эмали.
- Для повышения интенсивности охлаждения обмотки и сердечника статора предлагается применить центробежные вентиляторы большей производительности.
- Для повышения эффективности охлаждения нажимных плит и лобовых частей обмотки статора рекомендуется установить на каркас статора направляющие с обеих сторон генератора.
- Для надежного обеспечения чистоты охлаждающего воздуха внутри генератора рекомендуется установить дополнительные фильтры тонкой очистки.
- Для исключения нарушения системы вентиляции генераторов рекомендуется заменить уплотняющие прокладки из пористой резины между корпусом и статором на шнур лавсановый со стеклооболочкой.
- Для своевременного обнаружения повреждений изоляции статорной обмотки оснастить генератор системой мониторинга частичных разрядов в изоляции обмотки статора с проведением периодического анализа данных систем мониторинга силами специалистов «Силовых машин».



Установка диэлектрических барьеров (экранов) в междуфазных зонах обмотки статора

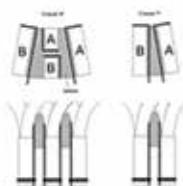


Схема установки герметизирующей прокладки

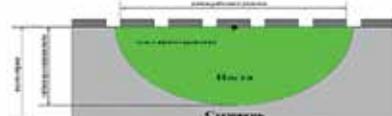
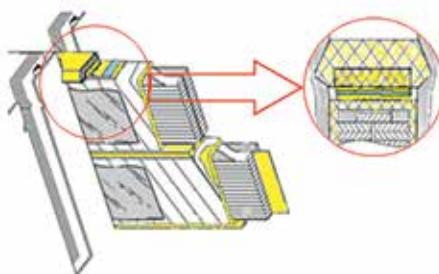


Схема распределения полупроводящей пасты

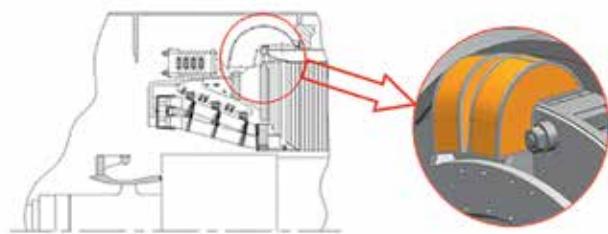


Установка уплотняющих клиньев

Уплотнение боковых зазоров в пазах полупроводящей пастой



Заклиновка пазов статора встречными клиньями



Установка направляющих воздуховодов для повышения эффективности охлаждения нажимных колец и лобовых частей обмотки статора

В качестве радикальных мероприятий по обеспечению надежности турбогенераторов ТЗФ, изготовленных по технологии полной вакуумно-нагнетательной пропитки, рекомендуется выполнить перемотку статоров по традиционной для завода «Электросила» технологии предварительно пропитанных лент, с применением

изоляции повышенной теплопроводности и термостойкости, с упругим боковым уплотнением стержней в пазах статора. Надежность статоров, изготовленных по данной технологии, подтверждается многолетним успешным опытом эксплуатации турбогенераторов с водородным, водяным, а также воздушным охлаждением.

#### **Продолжительность проведения работ**

От 14 до 95 дней, в зависимости от согласованного объема работ.

# ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ

Оснастка «Силовых машин» адаптирована к условиям работы на ГРЭС, ТЭЦ или в цехе и позволяет проводить модернизацию турбогенераторов размерного ряда от 60 до 1000 МВт.

Работы по модернизации и ремонту турбогенераторов могут быть выполнены в условиях электростанции при соблюдении следующих условий.

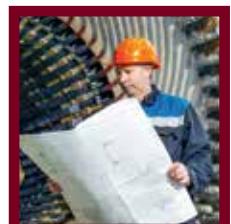
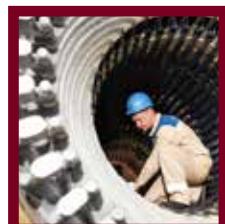
## **Модернизация статора:**

- ремонтная зона площадью 350 м<sup>2</sup> с фундаментами для установки оснастки;
- наличие грузоподъемных кранов в ремонтной зоне;
- обеспечение водой, сжатым воздухом, источниками электроэнергии, в том числе большой мощности, для проведения испытания сердечника статора на потери и нагрев.

## **Полный ремонт и модернизация турбогенератора**

Дополнительно необходимы:

- балансировочный и токарные станки для обработки ротора;
- возможность прогрева обмотки ротора от источника постоянного тока;
- возможность подключения индуктора для нагрева бандажных колец и т. д.



## **«СИЛОВЫЕ МАШИНЫ»**

195009, Санкт-Петербург,  
ул. Ватутина, 3А  
тел. +7 (812) 346-7037  
факс +7 (812) 346-7035

Горячая линия по продажам и сервису  
8 (800) 250 76 59

[sales@power-m.ru](mailto:sales@power-m.ru)  
[www.power-m.ru](http://www.power-m.ru)