

# Опыт и практикуемые подходы НПО «ЭЛСИБ» ПАО по оценке состояния генераторов и крупных электрических машин. Возможности по сервисному обслуживанию и капремонту электрических машин



Александр АРТЁМОВ,  
заместитель директора по продажам НПО «ЭЛСИБ» ПАО, Новосибирск

НПО «ЭЛСИБ» ПАО (ранее «Новосибирский турбогенераторный завод», ПО «СИБЭЛЕКТРОТЯЖМАШ») – одно из ведущих российских предприятий-производителей электрических машин: турбогенераторов, гидрогенераторов, асинхронных и синхронных электродвигателей.

Завод «ЭЛСИБ» строился именно как турбогенераторный завод и предприятие имеет станочный парк и технологические возможности, необходимые для производства именно генераторов и высоковольтных электродвигателей. Состав и компетенции инженерного центра позволяют совершенствовать текущую серийную номенклатуру выпускаемой продукции, разрабатывать новые машины с применением оригинальных решений в конструкции. Имеющиеся мощности предприятия позволяют на площадке завода выполнять полный цикл технологических операций по подготовке производства, изготовлению, проведению испытаний электрических машин, в том числе на базе нового современного оборудования.

В советский период основную часть номенклатуры нашего завода в области турбогенераторостроения составляли турбогенераторы с водородной системой охлаждения номинальной мощностью 60, 63, 100, 110, 120 МВт. Именно эти машины принесли широкую известность ЭЛСИБу на городских теплоцентралях (установленный парк свыше 700 шт., это ~ 55 ГВт мощностей). За последние 25 лет предприятием успешно расширена и освоена

следующая номенклатура турбогенераторов: с водородным охлаждением машины – 180, 220 МВт; с воздушным охлаждением машины в широком диапазоне от 6 до 160 МВт. Текущий референц поставок турбогенераторов с воздушным охлаждением составляет 77 генераторов.

На сегодня около половины от общего числа турбогенераторов производства НПО «ЭЛСИБ» ПАО, эксплуатируемых на электростанциях постсоветского пространства, обработали установленный стандартами нормативный срок. Жизненный цикл турбогенератора по ГОСТ в настоящее время составляет 40 лет. До 1985 года нормативный срок службы турбогенераторов составлял всего 25 лет.

У турбогенераторов, отработавших 40–60 лет, неизбежно возникают вопросы по состоянию изоляции – последствия физического старения и условий эксплуатации машины, по состоянию активной стали статора, ее нагреву. Также одним из наиболее подверженных износу узлов турбогенератора является ротор. Высокий уровень электромагнитных, тепловых и механических нагрузок, различные аномальные режимы работы за время длительной эксплуатации приводят к старению изоляции обмоток, а это требует как минимум ремонт с полной заменой изоляции обмоток с заменой обмоточной меди.

В течение последних 10 лет мы наблюдаем, что участились случаи выполнения ЭЛСИБом экстренного внепланового капитального ремонта с

заменой обмоток статоров и роторов турбогенераторов, поставок новых турбогенераторов на замену аварийно вышедших из строя машин. Тренд – на увеличение таких прецедентов.

Для энергетиков весьма актуальной и злободневной является задача по оценке фактического технического состояния, определению возможности и сроков дальнейшей эксплуатации турбогенераторов, выполнению капитальных ремонтов в необходимом объеме.

Практика показывает, что фактический срок эксплуатации турбогенераторов зачастую может существенно превышать срок, заявленный производителем. Точного и однозначного метода оценки остаточного ресурса турбогенераторов в настоящее время не существует. Задача диагностирования и определения остаточного ресурса не является простой и не может быть решена путем проведения типовых профилактических испытаний. Существенно приблизиться к решению указанной задачи позволяет метод комплексного обследования турбогенератора, то есть проверка турбогенератора по всем параметрам, отражающим его техническое состояние, с использованием максимально возможного набора методов и средств, позволяющих оценить степень износа и остаточный ресурс с наибольшей вероятностью. Ресурс турбогенератора в целом на момент обследования определяется узлом, который имеет наименьший остаточный ресурс. Выявление такого узла может быть осуществлено только посредством

комплексного обследования. Турбогенератор является восстанавливаемым изделием. Большинство узлов турбогенератора могут быть восстановлены или заменены.

К «типичным», повторяющимся достаточно часто, дефектам «возрастных» турбогенераторов можно отнести:

- повреждения масляных уплотнений вала;
- ослабление креплений лобовых частей обмотки статора;
- ослабление прессовки и распушение крайних пакетов сердечника статора;
- повреждения внутренних элементов системы охлаждения обмотки статора;
- повреждения газоохладителей;
- попадание ферромагнитного предмета на обмотку статора;
- износ контактных колец;
- ослабление креплений обмотки статора в пазах;
- дефекты балансировки ротора;
- повреждения токоподвода ротора;
- технологические дефекты изоляции обмотки статора.

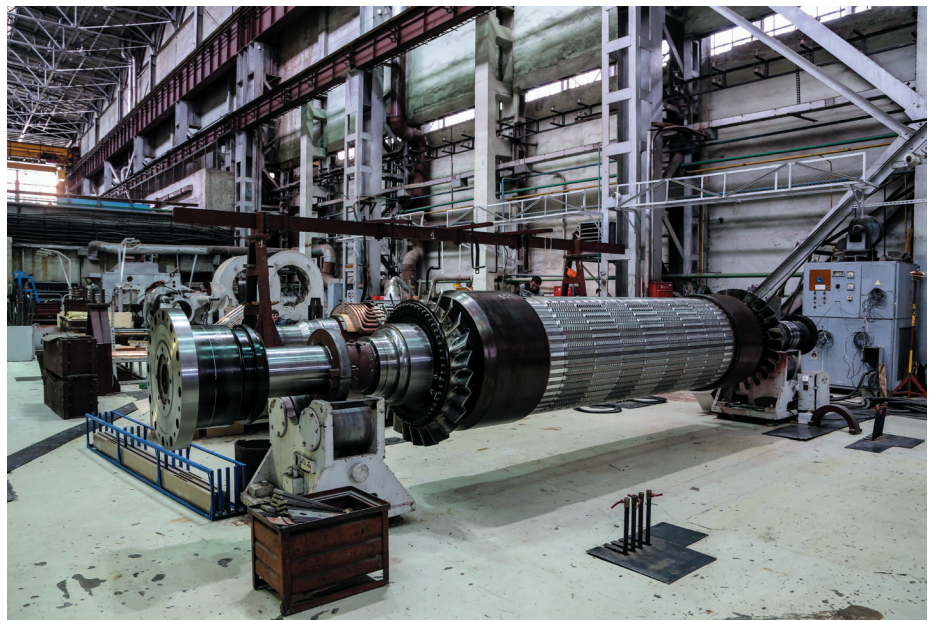
Наиболее опасные дефекты с возможностью аварийных отказов с последствиями значительного ущерба:

- трещины в валу ротора;
- трещины в деталях бандажных узлов ротора;
- значительная утечка (выброс) водорода (для турбогенераторов, охлаждаемых водородом) в машинный зал.

Остановимся более подробно на подходах НПО «ЭЛСИБ» ПАО к комплексной оценке состояния турбогенераторов.

Специалисты предприятия способны дать компетентное заключение и рекомендации на основе результатов инструментальных обследований, данных полученных при испытаниях генератора. На рынке присутствуют компании, специализирующиеся на инструментальном обследовании электрических машин, имеющие необходимые современные приборы для контрольных измерений. Ниже перечислены наиболее значимые из видов обследований и результаты, которые влияют на оценку фактического состояния генератора:

✓ Результаты вибрационного состояния генератора, состояния механической системы статора, сердечника статора.



*Капремонт ротора турбогенератора ТВФ-120, с заменой обмотки в заводских условиях*

✓ Результаты тепловых испытаний генератора.

✓ Результаты эндоскопических осмотров статора, трубок газоохладителей.

✓ Наличие, вид и состояние информационно-содержательных продуктов износа, изломов, отложений и т.п.

✓ Данные измерений уровня пазовых разрядов в изоляции обмотки статора.

✓ Результаты осмотра изоляции обмотки статора с помощью тепловизора.

✓ Наличие выявленных зон сердечника, имеющих признаки ослабления посредством ультразвукового контроля.

✓ Наличие выявленных посредством тепловизионного контроля зон нагрева сердечника статора при испытаниях.

Кроме результатов инструментального обследования оценка фактического состояния генератора осуществляется посредством анализа всей информации, имеющейся и отражающей обстоятельства жизни генератора, это:

- анализ станционной ремонтной документации о проведении капитальных ремонтов, работ по восстановлению и замене основных узлов генератора;
- документация о продлении индивидуального ресурса оборудования;
- изучение графиков вывода оборудования в ремонт (текущий, средний, капитальный) с указанием результатов

и календарной длительности;

- изучение информации по всем внеплановым остановам оборудования за последние 5 лет;

- анализ информации о количестве пусков генератора из различных тепловых состояний;

- изучение перечня дефектов и повреждений турбогенератора, выявленных за весь срок эксплуатации;

- результаты визуального осмотра и оценки состояния узлов генератора.

В итоге по результатам анализа полученной информации выдается заключение о состоянии турбогенератора с определением технически и экономически целесообразного ресурса его узлов, выдачей рекомендаций по содержанию и объему необходимого ремонта.

Основная рекомендация для электростанций, эксплуатирующих «возрастные» турбогенераторы за пределами нормативного срока службы: в каждом случае при проведении капремонта формировать программу комплексного обследования генератора и для выполнения комплексного обследования привлечь представителей завода-изготовителя. Фактический опыт результатов комплексных обследований и капитальных ремонтов, выполненных с участием НПО «ЭЛСИБ» ПАО, показывает, что критичная фактическая наработка турбогенератора и необходимость замены изоляции обычно составляет: по статору более 20 лет; по ротору – 20–25 лет.

По оценке состояния гидрогенераторов, опыт и компетенции специалистов предприятия позволяют по запросам заказчиков выдавать заключения по широкому спектру вопросов, касающихся фактического состояния, как в части параметров, так и по конструкции гидрогенераторов, находящихся в эксплуатации. Объем и содержание работы в данной области всецело зависят от постановки задачи со стороны заказчика.

В части диагностики состояния и выполнения работ по капремонту высоковольтных электродвигателей – оптимальный вариант когда изделие поступает на завод в собранном виде. Проводится разборка и дефектация всех узлов, деталей электродвигателя или генератора, по результатам которой и составляется перечень работ, необходимых для устранения обнаруженных дефектов. Основной изоляцией, применяемой на предприятии при ремонте статорных обмоток, является изоляция типа «Монолит-4». При её использовании, за счет более высокой теплопроводности улучшается тепловое состояние обмотки, появляется возможность эксплуатировать машины в условиях повышенной влажности, а высокая механическая прочность обеспечивает надежную работу изоляции в режиме прямого пуска двигателя.

Сохранение точности геометрических размеров деталей, узлов ремон-

тируемых электродвигателей – одна из главных решаемых задач. Восстановление геометрии подшипниковых шеек роторов является одним из основных условий надежной работы подшипниковых узлов, особенно подшипников качения. Используя метод электроискрового напыления, мы восстанавливаем до необходимого размера шейки валов под подшипниками, приводные концы валов в случае их прослабления или искривления. В случае выявления трещин в валах, сильного искривления мы можем изготовить надставку или произвести полную замену вала при сохранении сердечника ротора. За последние 20 лет ЭЛСИБ накопил достаточно большой опыт и референц ремонтных и модернизаций высоковольтных двигателей как собственного, так и зарубежного производства (Англия, Италия, Германия, Япония, США, Франция). Это высоковольтные асинхронные и синхронные электродвигатели, в том числе во взрывозащищенном исполнении. Выполняем ремонт и модернизацию двигателей мощностью от 250 до 8000 кВт как современных, так и уже снятых с производства.

После окончания ремонта электродвигатель проходит приемосдаточные испытания в соответствии с нормами для новой продукции, что наиболее полно гарантирует надежность дальнейшей работы отремонтированной машины.

В завершение, немного более подробно о возможностях НПО «ЭЛСИБ» ПАО по выполнению крупных, относительно сложных капремонтов. Большинство актуальных для заказчиков запросов в части капитального ремонта генераторов связано с роторами и статорами турбогенераторов. Здесь мы можем выполнить широкий спектр работ:

- ✓ Выполнить замену обмотки статора с изготовлением комплекта новых стержней с термоактивной изоляцией класса «F», электроизоляционных деталей и материалов, заменить датчики теплоконтроля.

- ✓ Выполнить замену уплотнений вала торцового типа на современные кольцевые уплотнения.

- ✓ Выполнить оснащение щёточно-контактного аппарата системой теплоконтроля для диагностики его состояния.

- ✓ Провести модернизацию бандажных узлов роторов с переходом на однопосадочную конструкцию бандажных колец, изготовлением их из коррозионно-стойкой стали.

- ✓ Внести улучшения в систему отражения масла в уплотнения вала со стороны высокого давления (статора), также звукоизоляцию в зоне щёточно-контактного аппарата при помощи установки шумозащитного кожуха.

- ✓ Провести дефектоскопию всех участков вала ротора после полной вымотки обмотки, выполнить балансировку на номинальной частоте вращения и провести испытания на угонную скорость (1,1 от номинальной частоты вращения).

- ✓ Заменить изоляцию обмоток роторов, а в ряде случаев и обмоточную медь.

- ✓ Провести испытания на отсутствие витковых замыканий.

Комплекс выполненных вышеперечисленных работ позволяет обеспечить длительную и надежную эксплуатацию отремонтированного генератора.

Что же получает наш заказчик в итоге после капремонта или модернизации? Прежде всего, полностью восстановленную электрическую машину, соответствующую всем заданным требованиям, в том числе требованиям надежности, что подтверждается соответствующими испытаниями. Капитальный ремонт даёт оборудованию вторую жизнь для продолжения эффективной работы на объекте заказчика.



*Укладка обмотки, бандажировка лобовых частей турбогенератора ТВФ-120 в условиях теплостанции*