

УДК 621.3

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ С УВЕЛИЧЕНИЕМ МОЩНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Каранкевич В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Тарасевич Л.А.

### Общее состояние турбогенераторов на тепловых электростанциях

Значительное число турбогенераторов, в настоящее время эксплуатирующихся на тепловых станциях, отработали назначенный заводами-изготовителями срок службы, который составляет 25 лет, что ставит под сомнение безопасность их эксплуатации в будущем. Существует несколько путей выхода из сложившейся ситуации, для выбора одного из которых необходимо проведение комплексной диагностики с использованием современного оборудования и методов совместно с накопленными статистическими данными:

- при отсутствии серьезных дефектов, продление ресурса, что не всегда гарантирует надежную работу, из-за значительной усталости основных конструкционных и изоляционных элементов турбогенератора;
- при наличии дефектов капитальный ремонт в условиях электростанции или с транспортировкой на завод;
- при наличии серьезных дефектов замена на новый турбогенератор.

Каждое из предложенных решений имеет свои плюсы и минусы, и конечно же наименее затратным является капитальный ремонт в условиях электростанции, так как такой ремонт значительно сокращает транспортные расходы, но до недавнего времени не весь комплекс работ возможно было осуществить не в заводских условиях, а именно, перешихтовка активной стали статора, укладка верхних стержней обмотки статора в турбогенераторах большой мощности, восстановление (проточка) рабочих поверхностей шеек вала ротора.

### Слабые места статора и ротора турбогенератора

Основными дефектами, являющимися причиной выхода из строя статора турбогенератора являются:

- применение уплотнительных элементов, изготовленных из резины низкого качества;
- увлажнение изоляции выводов;
- истирание изоляции и полых проводников;
- увлажнение изоляции;
- излом, трещина, забоина корпусной изоляции;
- нарушение герметичности системы водяного охлаждения обмотки статора.

Наиболее типичные последствия нарушений:

- пробой изоляции на землю;
  - межфазное КЗ;
  - течь дистиллята;
  - утечка водорода;
  - расплавление контактных соединений;
- Основными причинами нарушений в работе роторов являются следующие дефекты:
- увлажнение витковой изоляции;
  - загрязнение корпусной изоляции;
  - усталостные трещины на витках катушек;
  - нарушение паек;
  - низкое качество контакта между шиной и токоведущим болтом;
  - низкое качество контакта между токоведущим болтом и токоведущим стержнем;
  - коррозионное растрескивание бандажных колец.

Типичные последствия нарушений:

- расплавление токоподводов;
- снижение сопротивления изоляции и замыкание на корпус;
- повышение вибрации;
- витковое замыкание с локальным расплавлением.

#### **Модернизация статора турбогенератора**

Выполнение модернизации статора турбогенератора в условиях электростанции требует большого количества оснастки и серьезной технологической подготовки. Непосредственно перед модернизацией производится полная диагностика статора, для определения элементов, требующих замены. В ряде случаев при модернизации от старого статора остается только корпус. В условиях электростанции возможна шихтовка нового сердечника и выполнение всех остальных операций, и в итоге фактически получается новый статор. При модернизации для обмотки используются материалы с увеличенным ресурсом работы, стойкие к вибрации и влаге, что в дальнейшем обеспечит надежную работу турбогенератору. Для паяк наконечников используется современный бесконтактный метод высокочастотной майки, что обеспечивает более высокое качество паяного соединения, предохраняет изоляция вблизи паяного сопротивления от перегрева во время пайки. Модернизирована система водяного охлаждения- вместо полых медных проводников используются полые проводники из нержавеющей стали, переработаны соединения трубок охлаждения, что защищает от протечек. Для крупных машин (например, ТВВ-800-2ЕУЗ) разработана оснастка для завода и укладки верхних стержней. Также во время модернизации возможен монтаж системы мониторинга для отслеживания состояния генератора в процессе его работы, что сводит к минимуму возможность возникновения дефектов в процессе эксплуатации.

#### **Модернизация ротора турбогенератора**

Обмотка ротора является одной из наиболее нагруженных частей турбогенератора. При модернизации ротора применяются материалы класса нагревостойкости Н или 200 С, такие как Nomex, Картон и т.д., что значительно повышает стойкость к термоударам, механическую прочность, ресурс работы витковой и пазовой изоляции и позволяет увеличить ток возбуждения, мощность генератора до 15%. Узел бандажных колец заменяется на изготовленный из коррозионностойкой стали марки Р900. При модернизации полностью перерабатываются контактные соединения между токоведущим болтом и токоведущим стержнем, и между шиной и токоведущим болтом, что позволяет разгрузить данное место и увеличить качество (площадь) контактов. Взамен огневых паяк используется высокочастотная бесконтактная пайка, при использовании такого метода исключается повреждение изоляции от перегревов, так как пайки необходимо гораздо меньшее время (около 15 секунд), чем при использовании огневой пайки. Также качество соединения значительно выше, а коэффициент заполнения припоем достигает 100% (минимальным является 96%). Для контроля качества паяного соединения могут быть использованы различные методы, но предпочтительным является ультразвуковой контроль. Значительную роль влияют используемые при модернизации клеи. Для каждого материала разработаны специальные составы, обладающие наилучшей адгезией, увеличенным ресурсом работы, при необходимости эластичностью. Выполнение модернизации ротора возможно, как в заводских условиях, так и в условия электростанции. Средний срок проведения модернизации 56 дней.

#### **Результаты модернизации**

В результате модернизации, турбогенератор будет обладать повышенной надежностью, что обеспечивают улучшение свойств электроизоляционных материалов (повышение класса нагревостойкости системы изоляции обмотки ротора и статора, повышение механических и электрических свойств используемых при модернизации лаков, компаундов и замазок ), улучшение качества паяных соединений, использование современных конструкционных

материалов с увеличенным ресурсом работы, использование современных средств диагностики во время проведения всех этапов работ. Также в результате проведения данных работ возможно повышение мощности, сокращение сроков плановых ремонтов, увеличение межремонтного периода.

#### **Вывод**

Выполнение модернизации турбогенераторов непосредственно на электростанциях позволяет сэкономить средства на перевозке негабаритных грузов, сократить время проведения ремонта, исключить возможность возникновения дефектов, связанных с транспортировкой. Использование современных материалов и технологий при выполнении модернизации на электростанции позволяет получить высоконадежное оборудование при минимальных затратах.