

*В.В. ШЕВЧЕНКО*, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ НЕОБХОДИМОСТИ ИХ ЗАМЕНЫ ИЛИ РЕАБИЛИТАЦИИ**

Оценка необходимости останова турбогенераторов для ремонта или его замены на блоке станции проводится по результатам анализа многих факторов. Сбор и последующий анализ перечисленных выше факторов позволят оценить серьезность проблемы и пути восстановления генератора или установит необходимость его замены.

**Ключевые слова:** ремонт, реабилитация, продление срока эксплуатации.

Оцінка необхідності зупинки турбогенераторів для ремонту або його заміни на блоці станції проводиться за наслідками аналізу багатьох чинників. Збір і подальший аналіз перерахованих вище чинників дозволять оцінити серйозність проблеми і шляхи відновлення генератора або встановити необхідність його заміни.

**Ключові слова:** ремонт, реабілітація, продовження терміну експлуатації.

The assessment of the necessity to stop the turbogenerators for repair or its replacement on the block of the station is carried out by results of the analysis of many factors. The collection and subsequent analysis of above-mentioned factors will allow to assess the seriousness of the problem and ways of renewal of the generator or to determine the necessity of its replacement.

**Key words:** repair, rehabilitation, life extension.

**Введение.** Требования энергоресурсосбережения, тенденции изменения мировой структуры энергетического баланса в сторону повышения его эффективности, увеличения использования местных и возобновляемых источников энергии, повышения экологичности энергетической отрасли – наиболее серьезные проблемы для национального производителя электроэнергии. Основные требования исследования и управления энергетикой, выбора сценария ее дальнейшего развития, независимо от времени и геополитического положения государства, следующие [1]:

1) определение и внедрение оптимальных темпов и пропорций развития всех компонентов энергосистемы;

2) своевременное внедрение элементов новой техники, которые могут обеспечить решение задач научно-технического прогресса, создание условий для современной разработки и освоения этой техники;

3) обеспечение наиболее эффективного использования основных материальных, энергетических и трудовых ресурсов;

4) обеспечение надежной работы, качественной и современной диагностики состояния энергетического оборудования энергосистем с учетом его физического состояния.

Последнее предполагает развитие систем и методов определения или необходимости замены, или установление возможности продления срока службы генераторов, что возможно установить по оценке технических показателей состояния их основных узлов. Для оценки состояния генераторов устанавливают их наиболее уязвимые элементы, оценивают и ранжируют отдельные параметры конструкции, тип монтажа обмотки статора, сердечников статора и ротора, их основные показатели и историю работы, результаты визуальных осмотров, послеремонтных испытаний и испытаний в режиме on-line. Также необходимы данные о состоянии механических элементов, режимных параметров генератора, которые могут повлиять на надежность работы и установления требований к объему необходимого ремонта (восстановления), т.е. для объективной оценки состояния генератора, определения необходимости проведения, объему ремонтных работ и разработки рекомендаций по продлению срока службы генератора.

Учитывая преобладающий вклад в суммарную выработку электроэнергии Украины ТЭС и АЭС, наибольший интерес представляет проведение анализа состояния турбогенераторов, (ТГ), и обеспечивающего оборудования электростанций. При этом специалисты оценивают состояние классических ТЭС, как близкое к технической катастрофе: уже в 2006-2007 гг. появились сообщения, что на 104 энергетических блоках ТЭС, работающих на угле, 96 % оборудования полностью отработало проектный ресурс, а 73 % – превысили граничный ресурс, к тому же КПД станций снизился до 30-35 %, [2-4]. Кроме того, на многих ТЭС отсутствуют газоочистные сооружения, что приводит к значительному выбросу в атмосферу оксидов азота, двуокиси серы и т.д.

**Цель статьи:** предложить методы оценки состояния ТГ, устанавливающих необходимость их замены или возможность продления срока службы. Методы базируются на рассмотрении технических показателей и критериев, которые позволяют определить состояние узлов ТГ.

**Основной материал.** Экономическое положение в стране делает невозможным проводить полную плановую замену электрооборудования на ТЭС, износ которого уже к 2006 г., как уже указывалось выше, оценивается в 90-100 %, [3, 4]. Поэтому необходимо искать новые методы, которые позволят продлить срок эксплуатации ТГ путем прове-

дения их реабилитации. Для этого необходимо применять новые системы диагностики. Но если есть возможность замены устаревших ТГ, следует использовать новые решения, например, устанавливать более мощные машины или даже другие типы генераторов.

Состояние и срок полезной службы генератора трудно определить. Неточность диагностики (прогнозирование) может привести к большим ошибкам в определении необходимых материальных вложений и значительным материальным потерям из-за увеличения случаев принудительного отключения (аварийных отказов).

Более точная и объективная оценка состояния узлов ТГ позволит оптимизировать инвестиции на проведение основных ремонтных работ – замену, модернизацию и проведение капитальных ремонтов.

Предлагаемый метод основан на оценке целого ряда показателей, значительно повышает точность исследований, облегчает сравнение генераторов, установленных на электростанции или в энергосистеме, позволяет выбрать приоритетное направление необходимых ремонтных работ. Необходимо рассматривать характеристики рабочих режимов генератора, проводить оценку состояния сердечника статора и ротора, механических элементов генератора, определять его влияние на работу электросети, знать количество пусков и т.п.

Снижение электрической и механической надежности отдельных узлов генератора, которые подлежат частой проверке, может быть оценена во время профилактических ремонтов, которые проводятся согласно графику планово-предупредительных ремонтов (каждые 3-5 лет). Однако внешний осмотр, который проводится при этих ревизиях, не дает окончательных данных о возможных отказах элементов генератора и поэтому они могут быть установлены только тогда, когда произойдет реальный отказ отдельных узлов генератора и поставить под угрозу безопасность персонала. Проведение ремонтов оборудования должно выполняться по плану, за исключением случаев аварийных ситуаций, таких как, например, короткое замыкание в обмотке статора, или разрушение вала. Проведение плановых профилактических испытаний и выявление признаков деградации отдельных узлов очень важно, чтобы определить оптимальный срок начала ремонта генератора.

Главные причины отказов имеют электрическую или механическую природу. Основные из них следующие:

- уменьшение сопротивления изоляции обмотки якоря, электрического сопротивления обмотки и коэффициента адсорбции;
- увеличение токов утечки;

- увеличение рабочих температур и неравномерности воздушного зазора;
- увеличение разности фазовых токов обмотки статора, частичных разрядов, уменьшение полного сопротивления обмотки возбуждения;
- возрастание вибраций вала.

Капитальный ремонт необходимо проводить, когда показатели промежуточных плановых испытаний показывают, что параметры генератора достигли критических значений или когда частые поломки показывают снижение его надежности.

Время эксплуатации (возраст) генератора не является единственным критерием для установления сроков проведения ремонтов. Но является главным критерием в оценке состояния конструктивных элементов, например, состояния трущихся элементов, элементов, работающих при постоянном воздействии вибрации и повышенного нагрева. При оценке влияния времени эксплуатации ТГ также следует учитывать тип конструкции, например, конструкцию обмоток статора и ротора, тип изоляции, способ крепления статора на фундаменте и т.п. Опыт эксплуатации показывает, что капитальные ремонты необходимы для генераторов, которые проработали свыше 40 лет. Поэтому диагностике и ремонту подлежат все элементы генератора, а не только те, которые определили необходимость останова на ремонт.

Перечислим главные критерии, которые определяют необходимость полного ремонта генератора:

1. значительные нарушения в состоянии обмотки статора;
2. увеличение числа и продолжительности вынужденных остановок генератора из-за повторяющихся аварий обмотки статора, витковых замыканий в обмотке ротора, появления трещин и разрывов в элементах механических компонентов, утечки масла и т.п. Ремонты этих элементов дорогие, т.к. они обычно требуют демонтажа генератора;
3. деформация сердечника статора и воздушного зазора. Наиболее часто это вызывается смещением или подвижкой элементов крепления узлов генератора. Для минимизации или даже исключения этих проблем используют регулируемые закладные пластины и радиальную клиновку. Вызванное деформацией касание вращающегося ротора о статор может привести к самым нежелательным последствиям.

На эксплуатационный срок работы ТГ влияет частое изменение режимов работы и появление режимных ограничений. Проявление

этих ограничений приводит к снижению вырабатываемой мощности и вызывает перегрев ТГ, избыточную вибрацию, межкатушечные замыкания и другие проблемы. Недовыдача электроэнергии приводит к значительным материальным потерям.

Координация проведения работ по механическим испытаниям, оценке состояния электрических цепей, общему состоянию генератора позволит сократить стоимость ремонтных работ, продолжительность их проведения, время останова генератора.

Проводя полные ремонтные работы, следует, используя последние достижения, провести следующие действия:

1) повысить мощность генератора (и турбины) за счет использования современных материалов, характеризующиеся высокой надежностью, низким уровнем старения во время эксплуатации и возможностью рециклинга. Все это позволит увеличить эксплуатационную надежность генератора и ограничить до минимума объем последующих необходимых осмотров;

2) модернизировать вспомогательное оборудование и аппаратуру;

3) заменить изоляцию полюсов, чтобы обеспечить возможность включения новых статических возбудителей.

4) модернизировать или организовать систему принудительной подачи масла в подшипники (гидроподъем);

5) повысить пожаробезопасность ТГ, установить современную систему пожаротушения;

6) увеличить величину воздушного зазора между статором и ротором в местах его уменьшения, исключить причину появления этого уменьшения и т.д.

Кроме того, при проведении ремонтных работ следует учитывать различные ограничения местного и временного характера: высокий спрос на электроэнергию в зимнее время; возникающую необходимость эксплуатации с перегрузкой параллельно работающих генераторов для обеспечения достаточной суммарной выработки электроэнергии электростанцией. Поэтому выбор конкретного генератора для его длительного останова с целью восстановления или ремонта должен базироваться на конкретных факторах, главные из которых:

1) единичное или постоянное снижение мощности в процессе эксплуатации, что приводит к экономическим потерям;

2) статистические данные о возрастании частоты остановок и длительностей ремонтов в течение последних 5 лет;

3) потеря целостности электрических цепей обмоток статора и ротора;

- 4) нарастающий уровень вибраций, приводящий к повышению вероятности механических поломок вследствие усталости материала;
- 5) учет стратегической важности конкретной электростанции для обеспечения надежной работы местной энергосистемы и поддержания надежности работы системы при перераспределении энергии в сети.

При оценке состояния ТГ и определения необходимости его останова для капитального ремонта или замены важно правильно оценить ее необходимость, т.к. замена многих элементов, как, например, сердечника и обмоток статора, дорогая процедура. Главные компоненты генератора – статор, ротор и структурные механические компоненты активной и неактивной зоны. Состояние ротора легче диагностировать и выполнение его ремонта более доступно, поэтому результирующее время его эксплуатации может быть большим, чем статора. Структурные элементы проще и не так часто нуждаются в ремонтах.

**Выводы.** Оценка необходимости останова генератора для ремонта или его замены проводится по результатам анализа многих факторов, которые можно объединить в пять основных групп:

- 1) тип конструкции и история изготовления;
- 2) история эксплуатации и обслуживания (ремонт, аварии, плановые и аварийные остановы);
- 3) результаты внешних осмотров,
- 4) результаты послеремонтных и производственных испытаний;
- 5) данные о режимах эксплуатации.

Сбор и последующий анализ перечисленных выше факторов позволяют оценить серьезность проблемы и пути восстановления генератора. Каждому показателю следует дать оценку, просуммировать результаты для каждого узла и получить общее представление о состоянии генератора. Рейтинг каждого компонента конструкции ТГ даст представление о необходимости и объеме проведения работ.

Иногда, даже если в результате обследования получено, что генератор находится в хорошем или отличном состоянии, может быть установлено, что некоторый из основных или вспомогательных узлов нуждаются в немедленном ремонте или восстановлении.

**Список литературы:** 1. Шевченко В.В., Лизан И.Я., Зиновьев С.Н. Ядерная энергетика Украины и экологическая безопасность: проблемы и перспективы // Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв, 2011, Красноармійськ. – С. 288-296. 2. Шевченко В.В. Перспективна оцінка совершенствования энергетической системы Украины // Электрика (Россия, Москва), № 9. – 2012. – С. 10-15. 3. Шевченко В.В. Проблемы и основные направле-

ния развития электроэнергетики в Украине // Энергетика та електрифікація, № 7(287), 2007. – С. 11-16. 4. Шевченко В.В. Пути преодоления возможного энергокризиса в энергосистеме Украины // Збірник наукових праць Донецького Інституту залізничного транспорту, № 29, 2012. – С. 77-81. 5. Кузьмин В.В., Шевченко В.В., Минко А.Н. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов. – Харьков: Изд-во "СПДФЛ Частышев А.В." – Моногр. – 2012. – 248 с.

*Поступила в редколлегию 14.11.2012*



**Шевченко Валентина Владимировна**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры электрических машин НТУ "ХПИ". В 1977 г. защитила диплом инженера-физика по специальности "Криогенная техника" в ХПИ им. В.И. Ленина. В 1981 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук в Ленинградском политехническом институте по специальности 05.09.01 – электрические машины и аппараты, в 1986 г. получила аттестат доцента по кафедре "Электрические машины и аппараты". В 2011 г. защитила диплом на квалификацию международного педагога (IGIP). Область научных интересов – энергосбережение в электроэнергетике, надежности и реабилитация турбогенераторов тепловых и атомных станций, ветроэнергетика, использование высокотемпературных сверхпроводников в электроэнергетических установках.