

С. Ф. АРТЮХ, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»
О. Б. УРМАНОВ, директор Каскад Киевских ГЭС-ГАЭС

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ КАСКАДА КИЕВСКИХ ГЭС-ГАЭС

В статье рассмотрены результаты статистического анализа отказа электрического и энергетического оборудования гидроэлектростанций Каскада Киевских ГЭС-ГАЭС. На основе этого анализа сделаны выводы о необходимой модернизации этого оборудования и направлениях его конструктивных доработок и совершенствований. Графические результаты анализа могут служить в дальнейшем их аналитического выражения.

У статті розглянуті результати статистичного аналізу відмови електричного і енергетичного обладнання гідроелектростанцій Каскаду Київських ГЕС-ГАЕС. На основі цього аналізу зроблені висновки про необхідну модернізацію цього обладнання і напрямки його конструктивних доработок і вдосконалень. Графічні результати аналізу можуть служити в подальшому їх аналітичного вираження.

In the article the results of statistical analysis of refusal of equipment of the hydroelectric power stations of Cascade of Kiev GES-GAES electric and power are considered. On the basis of this analysis the conclusions about necessary modernization of this equipment and directions of his structural revisions and perfections are done. The graphic results of analysis can serve in future their analytical expression.

Износ оборудования электростанций приводит к ухудшению его характеристик и, в конечном счете, к его отказу. С целью оценки надежности различного вида электрооборудования, установленного на электростанциях Каскада Киевских ГЭС и ГАЭС, был проведен статистический анализ выхода из строя различного оборудования за период с 1977 по 2010 год. Проведенные исследования были положены в основу модернизации гидроэлектростанций Киевского Каскада.

Прежде всего, была произведена оценка общего количества отказов оборудования гидроэлектростанций (рис. 1).

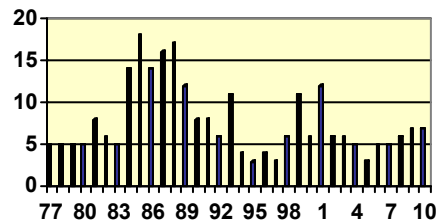


Рис. 1 – Диаграмма распределения отказов по годам (1977-2010 гг)

Анализ показал, что наибольшее количество отказов приходится на генераторы, турбины, устройства релейной защиты и автоматики и систем управления. Увеличение количества отказов в период 1984-1993 гг. объясняется износом оборудования.

В таблице 1 приведены основные причины отказа генераторов. Как видно из таблицы максимальное количество поврежденных генератора происходило по причине старения изоляции обмоток статора, прослабления клинов в пазах статора и повреждения изоляции катушек полюсов ротора. Нарушение работы указанных выше деталей и узлов генератора требовали их остановки и длительного ремонта.

Таблица 1 – Причины отказов генераторов

№ п/п	Основные причины отказов генераторов	Количество
	Обрыв крепления активного железа статора	8
	Обрыв стержня демпферной обмотки ротора с выходом стержня в воздушный зазор	11
	Увлажнение обмотки статора, ротора с последующим нарушением изоляции	11
	Старение изоляции обмотки статора, прослабление клиновки пазов статора	25
	Перекрытие на токосъемных кольцах ротора	6
	Повреждения электродвигателя агрегата охлаждения генератора	28
	Повреждение изоляции катушек полюсов ротора	21
	Локальный перегрев на контактных соединениях	5
	Повреждение в трактах системы управления воздушных выключателей (до 1998 года)	9
	Отказы генераторных масляных выключателей ГАЭС (до 1997 года)	4

Коммутационные высоковольтные аппараты работали в основном нормально, а их выход из строя происходил по причине неполадок в системе их управления. Это главным образом касалось воздушных выключателей. Дальнейшая их замена на элегазовые выключатели устранила отмеченные дефекты.

Надо отметить, что значительная работа по модернизации физически и морально устаревшего оборудования станций проведена на 1-м этапе реконструкции, гидроэлектростанций продолжается и при реализации 2-го этапа модернизации.

После замены блочных и генераторных выключателей на ГЭС и ГАЭС устранены причины отказов, связанных с эксплуатацией коммутационных аппаратов.

После замены рабочих колес на 19 агрегатах количество отказов по причине повреждения уплотнений резко упало.

Результаты анализа причин отказов элементов турбинного оборудования приведены в таблице 2. Как видно из таблицы наибольшее количество повреждений приходится на уплотнения лопастей рабочего колеса и ее подшипниковых узлов. К сожалению, на протяжении анализируемого периода не удалось избежать и протечек воды из масло- и воздухоохладителей, что вызывало нарекания со стороны природоохранительных органов.

Таблица 2 – Причины отказов турбин

№ п/п	Основные причины отказов турбин	Количество
	Повреждение уплотнений лопастей рабочих колес	27
	Повреждение маслоприемников	3
	Повреждения уплотнения проходной колонны	6
	Течи воды из масло- и воздухоохладителей	10
	Повреждение уплотнений турбинных подшипников ГАЭС (до 1989 года)	3
	Повреждение подшипниковых узлов и самих агрегатов охлаждения генераторов	10

К сожалению, точное количество отказов устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) установить не удалось, но анализ показал, что основными причинами этих устройств и систем управления явились ненадежность электромеханических устройств РЗА, отсутствие надежных дублирующих устройств и старение оборудования.

Особый интерес представляет распределение отказов оборудования по отдельным агрегатам станций (рис. 2). Как видно из рисунка, распределение отказов по агрегатам не имеет определенной

закономерности и связана с условиями монтажа, режимов работы агрегатов и надежностью поставляемого оборудования.

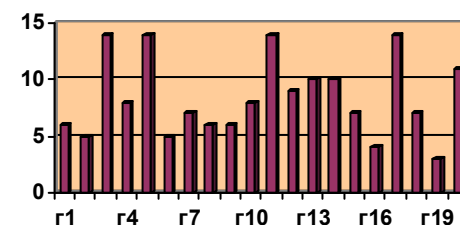


Рис. 2 – Диаграмма распределения отказов по агрегатам КГЭС

Но частота и количество отказов не в полной мере характеризуют показатели надежности оборудования. Для получения объективной оценки показателей надежности необходимо учитывать, кроме того:

- 1) периодичность повреждений, неисправностей и отказов;
- 2) время ликвидации аварии данного вида оборудования, трудозатраты и стоимость восстановительных работ;
- 3) периодичность проведения плановых ремонтов, связанных с выводом оборудования из работы, трудозатраты и стоимость ремонтно-эксплуатационных работ.

Анализ времени простоя оборудования показывает, что средняя продолжительность ремонта составляет 4-5 суток.

Самое продолжительное время аварийно-восстановительных работ составляют повреждения связанные:

- с восстановлением повреждений изоляции обмотки статора – от недели до месяцев (особенно при замене нижних стержней);
- с заменой агрегата охлаждения или двигателя – до недели;
- с заменой вкладышей подшипников. Устранение дефектов подшипников – до нескольких недель;
- с устранением повреждений в силовых трансформаторах – до нескольких недель;
- с повреждением маслоприемников – до нескольких недель.

Так например, замена шпилек крепления «гребня» подпятника на первом генераторе потребовала 4-х месяцев, а устранение повреждения подпятника на двадцатом генераторе Киевской ГЭС продолжалось 14 месяцев.

Все это приводило к невыполнению станциями плана по рабочей мощности и недовыработке электроэнергии.

После замены системы управления на агрегатах и блоках Киевской ГЭС сократилось количество отказов в схемах управления (основные

отказы по системе управления и возбуждения имеют место на не прошедшем реконструкцию блоке №5) – 5 отказов с 2008 года.

После замены обмоток и активного железа статора и ротора практически исчезли отказы на генераторах Киевской ГЭС.

Замена электромеханических устройств РЗА на микропроцессорные привело к значительному повышению надежности оборудования. Это подтверждает правильность выбранной стратегии на модернизацию оборудования станции.

В настоящее время идет 2-й этап модернизации оборудования гидроэлектростанций Каскада. Кроме плановых работ, которые были предусмотрены в период первого этапа реконструкции ГЭС и ГАЭС, сюда включены работы, которые по ряду причин не были выполнены на первом этапе, а также проявились в процессе последующей эксплуатации станций.

Сюда в первую очередь относится замена воздухоохладителей генераторов, модернизация агрегатов охлаждения и замена их двигателей, замена сердечников полюсов их агрегатов с более надежной конструкцией демпферной обмотки.

Внедряется система вибрационного контроля на подшипниковых узлах агрегатов охлаждения и их двигателях. Проводится замена крепежа основных узлов агрегатов и широко внедряется их дефектоскопия.

Намечено оборудовать щеточные аппараты генераторов станций устройствами контроля искрения.

Ведется подготовка по внедрению частотного разворота обратимых агрегатов КГАЭС и системы контроля частичного разряда обмоток, а также состояния воздушного зазора генераторов.

Как показали исследования количество отказов и повреждений на обратимых агрегатах Киевской ГАЭС в несколько раз выше, чем на необратимых агрегатах, что объясняется более интенсивными режимами работы и тяжелыми условиями «прямого» пуска в двигательном режиме.

Данный анализ подтверждает правильность выбранной стратегии на первоочередную модернизацию обратимых агрегатов – замену обмоток статора с новым современным классом изоляции, замену полюсов ротора с обмотками, замену масло- и воздухоохладителей.

В ближайшее время планируется замена турбин с направляющими аппаратами и генераторов на необратимых агрегатах ГАЭС.

Приведенный выше анализ отказов оборудования на Каскаде Киевских ГЭС – ГАЭС послужит серьезным подспорьем заводам-изготовителям этого оборудования для устранения конструктивных недоделок и дальнейшего повышения его надежности.

Поступила в редколлегию 30.09.2011