

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ 800 МВТ СУРГУТСКОЙ ГРЭС-2

Н.Н. Воинов

Приведены результаты промышленной эксплуатации турбопитательных установок с насосами ПН 1500-350 и их последующими модификациями ПН 1500-350-3 и ПН 1500-350-4. Показано, что конструкция насоса с блок-секциями без горизонтального разъема и соотношением числа лопастей рабочего колеса и направляющего аппарата 7/12 является удачной. Применение же пускового подшипника с водяной смазкой в существующем исполнении нецелесообразно. Для создания более совершенной конструкции подшипника необходимы специальные исследования.

Сургутская ГРЭС-2 является одной из наиболее крупных тепловых электрических станций Российской Федерации. Первый энергоблок мощностью 800 МВт введен в строй в 1985 году. Всего в настоящее время на Сургутской ГРЭС-2 установлено шесть энергоблоков мощностью по 800 МВт. Питательная установка каждого энергоблока изначально оснащалась двумя насосами СП иБ ПН 1500-350 Пролетарского завода с приводом турбин Калужского турбинного завода (КТЗ)ОК-18 ПУ(К-17).

Суточный график работы ТЭС характеризуется номинальной нагрузкой в дневное время и глубокой ночной разгрузкой в период с 0.30 до 7.30. Выработка электроэнергии в 2003 году составила 30,8 млрд. кВтч. Коэффициент использования установочной мощности равен 73,24 %. Продолжительность работы энергоблока в год капитального ремонта составляет 5000ч/год, остальных - от 7000 до 8000 ч/год. Таким образом, режим работы электростанции является весьма напряженный, отказ одного питательного насоса - это прямая потеря 400 МВт нагрузки с чрезвычайно неприятными последствиями.

Работа турбопитательных установок с насосами ПН1500-350 начальной модификации характеризовалась высокими значениями вибрации по 7 и 8 подшипникам. В период с 1986 по 2000 годы на 12 работающих насосов пришлось 61 замена проточной части. За год приходилось менять от 4 до 6 проточных частей и прямые затраты на ремонт ПН 1500-350 составляли до 7-8 % ремонтного фонда.

В 1999 году ОАО «Пролетарский завод» поставил на ГРЭС модернизированную проточную часть насоса ПН 1500-350-3, в которой основными техническими усовершенствованиями были следующие: применены 12-ти канальные направляющие аппараты, обеспечивающие соотношение числа лопастей рабочего колеса и направляющего аппарата - 7/12; использованы блок-секции без горизонтального разъема, что существенно улучшает ремонтпригодность роторов в условиях электростанции.

В 2000 году новая проточная часть была установлена на энергоблоке №3 и испытана в условиях электростанции. Экспресс-испытания подтвердили ожидаемые характеристики, а именно: при номинальных параметрах КПД насоса был на уровне 84 %, а вибрационное состояние - в пределах 4,5 мм/с. По результатам испытаний было получено положительное заключение экспертных организаций РАО ЕС России, заключен договор на поставку модернизированных проточных частей с ресурсом между капитальными ремонтами 6 лет, но не менее 45000 часов.

За период с 2000 по 2003 годы ОАО «Пролетарский завод» поставил одиннадцать проточных частей, но не модификации ПН 1500-350-3, а более новой - ПН 1500-350-4, которая отличается от предыдущей укороченной длиной вала, наличием пускового подшипника, работающего на водяной смазке, и пускового устройства.

В декабре 2002 года были проведены межведомственные испытания проточной части ПН 1500-350-4 с пусковым подшипником. Они подтвердили более высокие гидродинамические характеристики насоса (в частности КПД - 84,5 %), но уже тогда по результатам испытаний было

рекомендовано совершенствование конструкции пускового подшипника. Наличие пускового подшипника со специальным антифрикционным напылением, определило ряд трудностей в период освоения. Во-первых, жесткие эксплуатационные требования - толчок и быстрый выход на обороты не менее 1200 об/мин и подача конденсата на пусковое устройство с давлением не менее 10 кгс/см² и температурой более 80 °С на весь период работы - сразу вступили в противоречие с режимом прогрева приводной турбины и сделали проблематичным включение валоповорота. Во-вторых, при пусковых операциях по выводу второго энергоблока в 2001 году из ремонта произошло отслоение поверхностного слоя пусковых подшипников питательных насосов А и Б уже после 21 часа и 47 часов работы соответственно. Проведение ремонтных работ было осложнено отсутствием четкой ремонтной документации.

В настоящее время эксплуатируется 11 проточных частей ПН 1500-350-4 с наработкой от 3000 до 20 000 часов (6Б). Все насосы снабжены пусковыми подшипниками с бронзовой втулкой и организацией подачи конденсата в зазор между подшипником и втулкой (по типу гидроподъема). Вибрационное состояние находится в пределах технических требований и норм, гидродинамические характеристики - удовлетворительные. На разборку пускового устройства с заменой при необходимости пускового подшипника уходит не более 12 часов.

За 4 года по насосам ПН 1500-350-4 зафиксировано: 2 задержки по выходу из ремонта по пусковым подшипникам; 5 ложных отключений по осевому сдвигу; 2 эксплуатационных отказа во время аварийных отключений блоков и 5 серьезных аварий питательных насосов: два случая разрушения вала по галтели за разгрузочным диском, 2 разрушения ротора в районе пускового подшипника, разрушение проточной части без поломки вала, но с разрушением втулки и вкладыша подшипника.

Отключение питательного турбонасоса А второго энергоблока (2ПТН-А) технической защитой по осевому сдвигу произошло в декабре 2003 года с повреждением вала насоса по галтели под закладное кольцо крепления разгрузочного диска. Разрушение вала носило усталостный характер и было связано с действием умеренного уровня циклических напряжений и наличием конструктивного и технологического концентратора напряжений.



Рис. 1. Внешний вид втулки и вкладыша пускового подшипника

При обрыве шпилек крепления направляющих аппаратов IV и V секций проточной части насоса 1ПТН-Б 20.11.03 полностью разрушен пусковой подшипник, втулка подшипника приварена к вкладышу (см. рис. 1).

У питательного насоса 1ПТН-А 25.04.04 был поврежден вал насоса в районе пускового подшипника (см. рис. 2 и 3). Разрушение вала, как и прежде, носило усталостный характер и связано с действием умеренного уровня напряжений при отсутствии конструктивного концентратора напряжений. Полностью разрушен пусковой подшипник.

Питательный насос 2ПТН-А 10.05.04 повторно был выведен из строя - поврежден вал насоса в районе пускового подшипника (рис. 4,5 и 6). Разрушение вала носило усталостный характер и было связано с действием умеренного уровня напряжений при отсутствии конструктивного концентратора напряжений. Бронзовая втулка была приварена к вкладышу пускового подшипника.

На питательном насосе 3ПТН-Б с проточной частью ПН 1500-350-3 за период с 2000 по 2004 годы серьезных поломок не было. Его наработка уже составила более 28 000 часов.



Рис. 2. Разрушенный вкладыш пускового подшипника



Рис. 3. Разрушенный участок вала



Рис. 4. Поверхность долома вала питательного насоса



Рис. 6. Поверхность долома вала питательного насоса



Рис. 5. Вал с приваренной втулкой подшипника

Заключение

Опыт эксплуатации питательных насосов ОАО «Пролетарский завод» на Сургутской ГРЭС-2 свидетельствует о следующем.

1. Конструкцию насоса с блок-секциями без горизонтального разреза и соотношением числа лопастей рабочего колеса и направляющего аппарата равным 7/12 следует признать удачной. Она обеспечивает сравнительно высокие эффективность и надежность гидромашины.

2. Применение пускового подшипника с водяной смазкой в существующем исполнении нецелесообразно. Для создания конструкции подшипника, отвечающей условиям эксплуатации питательного насоса на ТЭС, необходимы специальные научные исследования и опытно-конструкторские работы.