

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ
И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ**

Инвестиционная политика
в электроэнергетике

ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА

Тренажерная система
обучения управлению турбогенератором

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Некоторые проблемы модернизации
систем контроля и управления
действующих ТЭС

Энергетическая газотурбинная установка
среднего класса мощности ГТЭ-65

Технико-экономическое обоснование
вариантов продления эксплуатации
блоков СКД 300 МВт

Технико-экономические показатели
различных вариантов реконструкции
котельного оборудования
Южно-Кузбасской ГРЭС

Исследование характеристик
наполнителей температурных компенсаторов
конвективных шахт котлоагрегатов

Об установке жидкометаллических
уплотнений в клапанах паровых турбин

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

О возмещении ущерба ГЭС, возникающего
из-за их роли в энергообъединении

ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Анализ эксплуатационной надежности
сборных шин подстанций

О причинах пляски проводов
линий электропередачи

Исследование наведенных
напряжений на отключенных линиях
электропередачи 500 кВ

Снижение значения и длительности
наведенных напряжений на ВЛ

АСУ ТП подстанции 500 кВ "Звезда"

ОБМЕН ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОПЫТОМ

О влиянии кислорода на коррозию
трубопроводов тепловой сети

Повышение точности результатов ВЭЗ
при проведении предпроектных изысканий

КОНСУЛЬТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТА

На вопросы о высоковольтных вводах
отвечает генеральный конструктор
ЗАО "Московский завод "Изолятор"
им. А. Баркова" Б. П. Кокуркин

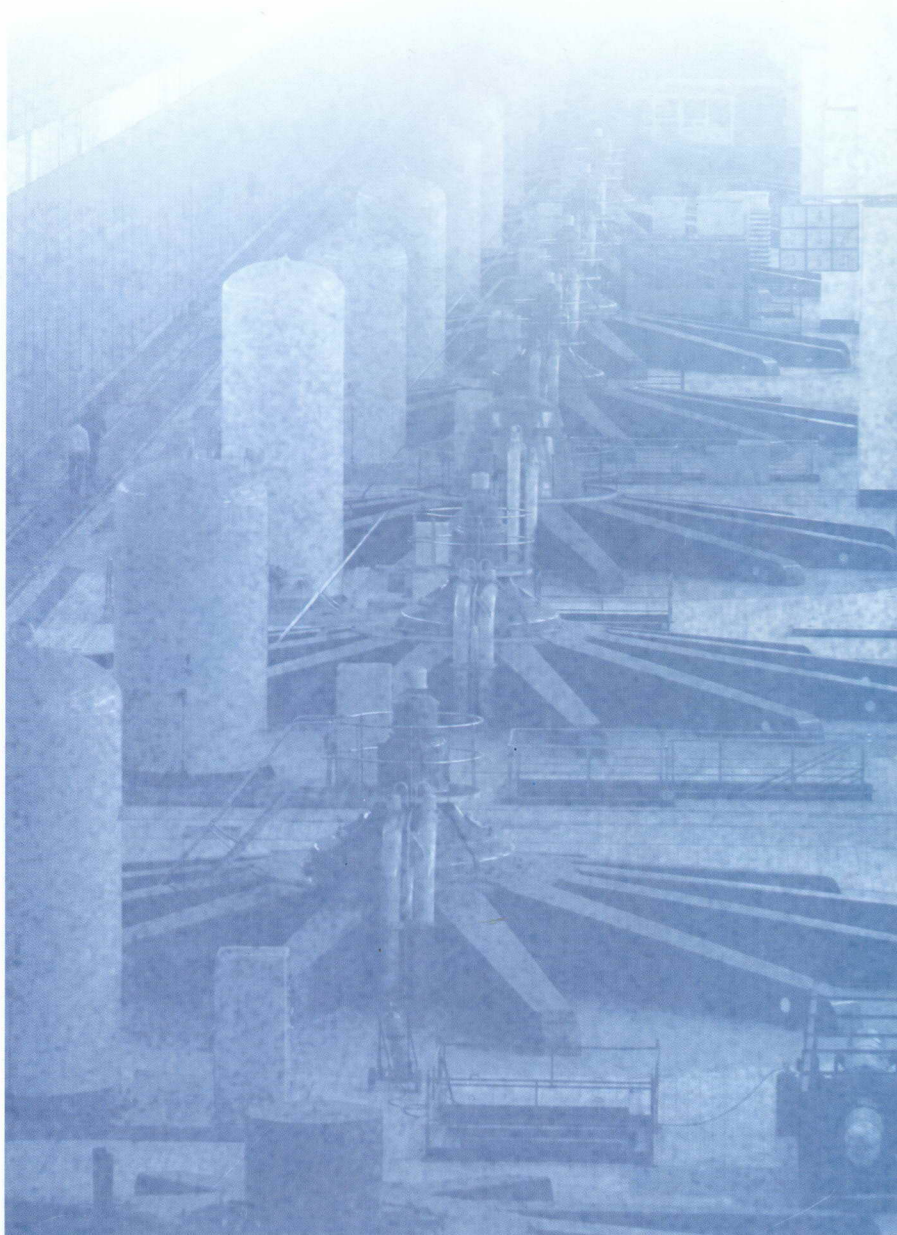
ЭНЕРГЕТИКИ ОБСУЖДАЮТ

О техническом уровне
обратимых гидроагрегатов
для Загорской ГАЭС-2

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

ISSN 0201-4564

2007 1



новки с дальнейшим подъемом всего объема сыпучего в поршневом режиме. При переносе результатов исследований на реальные конструкции компенсатора дефицит адгезионных процессов между металлическими поверхностями и частицами материала несколько снижается, так как эффективные выступы шероховатости на поверхностях модели и компенсатора отличаются друг от друга почти на порядок, но и в этом случае не исключено явление пристенной фильтрации воздуха. Для выравнивания аутогезионных и адгезионных взаимодействий в слое материала предлагается рабочую поверхность погружного ножа и желоба компенсатора снабдить искусственными выступами шероховатости.

Список литературы

1. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. Л.: Химия, 1987.
2. Зимон А. Д., Андрианов Е. И. Аутогезия сыпучих материалов. М.: Металлургия, 1978.
3. Собачкин В. Б. Структурные и аэродинамические характеристики статического и псевдооживленного слоя золы-уноса ТЭЦ. – Электрические станции, 1988, № 10.
4. Справочник по земляному полотну эксплуатируемых железных дорог / Под ред. Подпалова А. Ф. и др. Аверочкина М. В. и др. М.: Транспорт, 1978.
5. Пат. 2241903 (РФ). Насыпной компенсатор. Собачкин В. Б. и др.

Об установке жидкометаллических уплотнений в клапанах паровых турбин

Созаев А. С., Фомченко О. Ф., кандидаты техн. наук, Лыгин Ю. А., Ремизов Д. В., инженеры

ОАО "Всероссийский теплотехнический институт" (ВТИ) – ООО "Комтек – Энергосервис"

Зазоры в клапанах между штоками и буксами являются источниками достаточно больших потерь пара и теплоты в энергетических паровых турбинах, величина которых достоверно оценивается расчетами. Очевидно, что с ростом параметров пара эти потери увеличиваются – в турбинах на сверхкритические параметры (24 МПа и 540/540°C) они особенно велики.

В большинстве турбин до настоящего времени пар, проходящий через зазоры, и уносимое им тепло с целью повышения экономичности утилизируют. Для этого применяют лабиринтовые уплотнения, а сдросселированный в них пар отводят в систему регенерации турбины для дальнейшего использования в цикле. Таким образом, пар и теплота не теряются полностью.

Расчеты показали, что энергия пара, отведенного от клапанов в систему регенерации, используется на 12 – 15%, в то время как при направлении этого пара в проточную часть турбины его энергия в лопаточном аппарате может быть превращена в полезную работу с эффективностью 80 – 84%.

Энергоблок с турбиной 300 МВт ежедневно может вырабатывать дополнительную мощность от 700 до 1100 кВт, что эквивалентно экономии 1100 – 1400 т условного топлива в год.

Отвод протечек пара от клапанов в систему регенерации связан с сопутствующим комплексом трудностей и недостатков. Во-первых, турбоуста-

новка должна содержать систему трубопроводов отсосов пара от клапанов в промперегрев и деаэратор. Во-вторых, для запираания камер отсосов пара в деаэратор необходимо иметь вакуумный трубопровод, отводящий пар, идущий из деаэрационной камеры уплотнения. Направления течения пара и воздуха в лабиринтовом уплотнении приведены на рис. 1.

Наличие вакуумной камеры в уплотнениях способствует притоку воздуха в вакуумную систему, и на удаление этого воздуха надо затратить энергию. К тому же вместе с воздухом из машзала в зазор между штоком и буксой попадают пыль и грязь, что приводит к зарастанию зазора, увеличению трения в клапанах и погибу их штоков. При течении пара в зазоре из коробки клапана к камере отбора в деаэратор параметры пара меняются. Вблизи деаэрационной камеры, вероятно, происходит фазовый переход перегретого пара в насыщенный с выделением воды, и в зоне этой камеры корродирует металл штока и буксы; на их поверхностях образуются местные отложения солей, содержащихся в паре. Эти процессы снижают надежность системы парораспределения и системы управления энергоблоком в целом.

Простейшим способом получить от турбоагрегата дополнительную мощность и отказаться от лишних трубопроводов, которые необходимо обслуживать, является установка в клапанах уплотнений с подвижным контактом. Однако из-за зна-

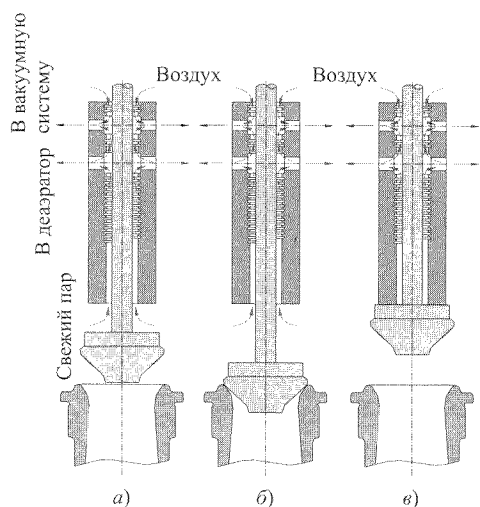


Рис. 1. Лабиринтовое уплотнение:

а, б, в – соответственно регулирующий, сбросной и стопорный клапаны

чительного трения, создаваемого при “запирании” пара высоким давлением уплотняющего материала, традиционные сальники не нашли применения в парораспределении турбин.

Нами были предложены высокогерметичные уплотнения (ВГУ) с композитными материалами, которые надежно уплотняют клапаны при минимальном трении в системе (рис. 2) [1].

Это обусловлено тем, что новые ВГУ не предназначены запирать пар высоким давлением своего материала на стенки сосуда (или уплотнительной камеры). Достаточно, чтобы сальник создавал капиллярный зазор между уплотняющим материалом и стенками уплотнительной камеры и штоками. Материалы сальника должны быть стойкими к действию рабочих температур, рабочего тела (пара) и атмосферных газов и не вызывать эрозию штока, буксы и крышки клапана, деталей крепежа.

В качестве уплотнителя новый сальник содержит легкоплавкий металл, который при прогреве турбины перед пуском плавится и заполняет капиллярные зазоры, не допуская пропусков пара в атмосферу.

Материалы сальника должны быть износостойкими и не выноситься из зоны уплотнения. Для этого твердые материалы должны иметь малую величину коэффициента трения по стали, а легкоплавкий металл – температуру кипения выше рабочей температуры. Он также не должен смачивать металл штока.

Примененные в ВГУ материалы удовлетворяют всем перечисленным требованиям.

Исследования, выполненные ВТИ, показали, что предложенный тип ВГУ способен герметизировать зазоры в клапанах при параметрах пара 29,75 МПа (300 кгс/см²) и 600°С.

Следующим нашим шагом была разработка регулирующего клапана (РК) с ВГУ (рис. 3) [2, 3]. К

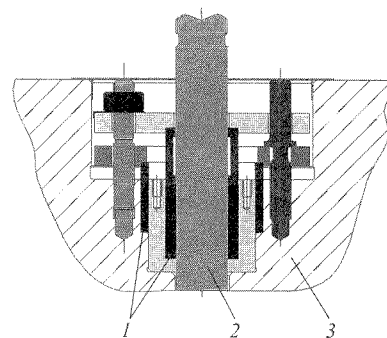


Рис. 2. Высокогерметичное уплотнение:

1 – жидкометаллические уплотнительные кольца; 2 – шток; 3 – крышка

преимуществам собственно клапана относятся: виброустойчивость (детали подвески штока не создают изгибных напряжений в его резьбе), быстрота процессов сборки и разборки (штицевое, а не резьбовое соединение деталей), уменьшение потерь энергии на 15 – 20% (аэродинамическая оптимизация профиля).

Разработанные клапаны были внедрены в производство: их изготавливает и поставляет ООО “Комтек – Энергосервис”.

В конце 2005 г. с новыми уплотнениями работали 230 регулирующих клапанов турбин типа К-300-240-1, ПТ-80-130/13 и ПТ-60-130/13 с давлением свежего пара 23,8 и 12,8 МПа. Отметим, что при этом дополнительная мощность, вырабатываемая ежечасно турбинами типа ПТ-80-130/13 и ПТ-60-130/13, составила 400 кВт (подтверждено тепловыми испытаниями турбины ПТ-80-130/13).

Гарантийный ресурс ВГУ при отсутствии нерасчетных вибраций клапана – 5 лет, хотя на практике некоторые ВГУ работали по 8 лет.

Применение ВГУ регулирующих клапанов обеспечивает выработку турбинами дополнительной мощности, повышает надежность их работы, так как полностью исключает занос солями зазора между стенками камеры и штоком, позволяет демонтировать трубопроводы отсосов пара от клапанов и отказаться от их обслуживания, способствует уменьшению присосов воздуха в вакуумную систему вследствие ее изоляции (удаления соответствующих трубопроводов).

На электростанциях, где регулирующие клапаны ЦВД уже оснащены новыми уплотнениями, персонал указывает на необходимость установки ВГУ и на регулирующие клапаны ЦСД, несмотря на то, что параметры пара перед РК СД существенно ниже, чем перед РК ВД, и прирост выработанной дополнительной мощности будет невелик. Это обусловлено тем, что ликвидацию потерь пара, тепла и, главное, демонтаж сети трубопроводов отсосов пара от клапанов электростанции считают целесообразным усовершенствованием турбоустановки.

Следующим этапом станет оснащение высокогерметичными уплотнениями сбросных и стопорных клапанов.

Установка ВГУ в сбросных клапанах несколько повысит экономичность турбин, устранив протечки пара (рис. 1, б), и позволит отказаться еще от одной группы трубопроводов отсосов.

Весьма перспективным окажется применение высокогерметичных уплотнений в стопорных клапанах. Будут устранены протечки пара из деаэрационной камеры в вакуумную (рис. 1, в), которые существуют при открытом стопорном клапане. Уменьшится и присос воздуха в вакуумную систему. Но главное в другом. ВГУ позволят не ставить шток стопорного клапана на упор в буксу для закрытия зазора между штоком и буксой. Упор клапана можно перенести в холодный привод (сервомотор). Это позволит существенно сократить число проверок стопорных клапанов расхаживанием. На турбоагрегатах большой мощности можно будет оставить только расхаживание стопорных клапанов на полный ход, которое производится один раз в две недели, и не проводить ежедневно расхаживание на часть хода, как требуют в настоящее время ПТЭ, п.4.4.8.

Вместе с трубопроводами отсосов можно аннулировать пружинные амортизаторы между стопорными клапанами и сервомоторами, наладка которых весьма затруднительна.

Размеры ВГУ, по сравнению с лабиринтовыми уплотнениями, в несколько раз меньше, что позволит при проектировании новых клапанов уменьшить величину клапанной коробки и сократить металлоемкость.

Таким образом, масштабное внедрение ВГУ в клапанах паровых турбин принесет значительный экономический эффект, существенно упростит си-

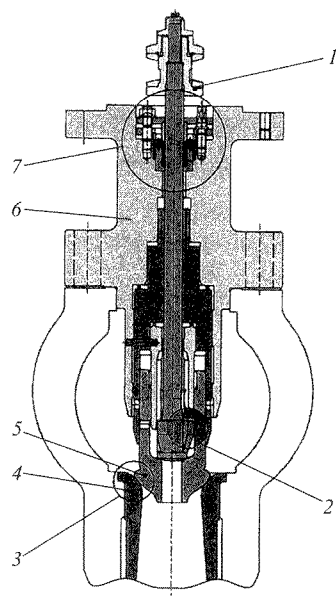


Рис. 3. Регулирующий клапан с ВГУ:

1 – детали подвески штока; 2 – шлицевое соединение деталей; 3 – аэродинамически отработанный профиль; 4 – седло; 5 – тарелка клапана; 6 – крышка без отсосов; 7 – ВГУ

стему внутритурбинных и стационарных трубопроводов, облегчит обслуживание турбин.

Список литературы

1. Пат. 2239112 (РФ). Сальниковые уплотнения штока аппарата с высокими параметрами среды / Морозов А. М., Созаев А. С., Фомченко О. Ф. Оpubл. в Б. И., 2004, № 30.
2. Пат. 2243433 (РФ). Регулирующий клапан паровой турбины / Фомченко О. Ф., Ремизов Д. В., Целов А. Б. Оpubл. в Б. И., 2004, № 36.
3. Пат. 2244184 (РФ). Регулирующий клапан паровой турбины / Фомченко О. Ф., Морозов А. М., Ремизов Д. В., Целов А. Б. Оpubл. в Б. И., 2005, № 1.