

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Семук П.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

Система уплотнений паровой турбины предназначена для исключения поступления атмосферного воздуха в вакуумную систему через концевые уплотнения цилиндров, а также для предупреждения выхода пара в атмосферу из цилиндров с избыточным его давлением в них.

С появлением многоцилиндровых турбин на повышенные и сверхкритические начальные параметры пара ручное управление вентилями и наблюдение за многочисленными «вестовыми» трубами стало затруднительным. Кроме того, сами «вестовые» трубы были признаны неэстетичными, а выход пара из них был причиной повышенной влажности в машинном зале, поэтому было решено автоматизировать работу уплотнений: уплотняющий пар стали подавать через общий регулятор давления с контролем давления и температуры пара, а отвод паровоздушной смеси из внешних камер уплотнений выполнили в «сальниковый» охладитель, переименованный впоследствии в конденсатор пара уплотнений (КПУ).

Такие решения были реализованы на одной из 1-х многоцилиндровых турбин на сверхкритические параметры пара – турбине К-300-240-1 ЛМЗ.

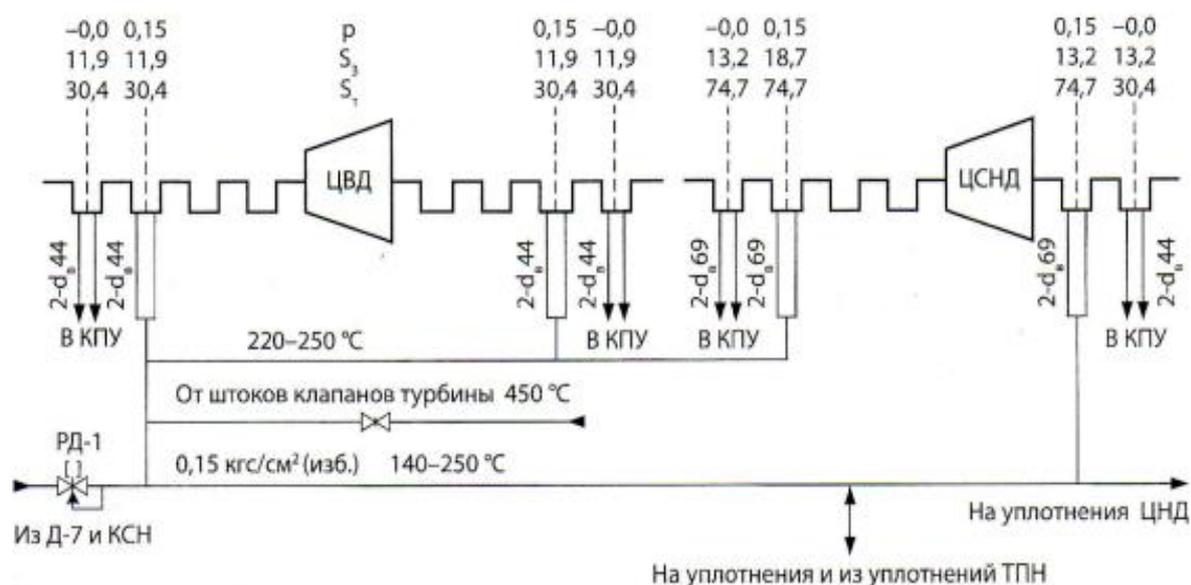


Рисунок 1 – Принципиальная проектная схема подвода пара к уплотнениям турбины К 300-240-1 ЛМЗ: p – расчётное давление в камерах уплотнений, кгс/см^2 (изб.); S_z и S_r – проходная площадь сечения соответственно зазора уплотнений и трубопроводов камер, см^2

Наиболее серьёзный недостаток проектной системы уплотнений заключался в том, что при работе турбины элементы камер ПКУ ЦСД омываются паром с температурой 500–530 °С, поступающим в уплотнения из зоны паровпуска ЦСД, в который подводится пар после промежуточного перегрева с температурой 540 °С. В особо неблагоприятных условиях находится обойма между камерами отвода протечек пара в вакуумный отбор и подачи уплотняющего пара с температурой 200–280 °С. Градиент температур в ней превышает 200 °С (рисунок 2).

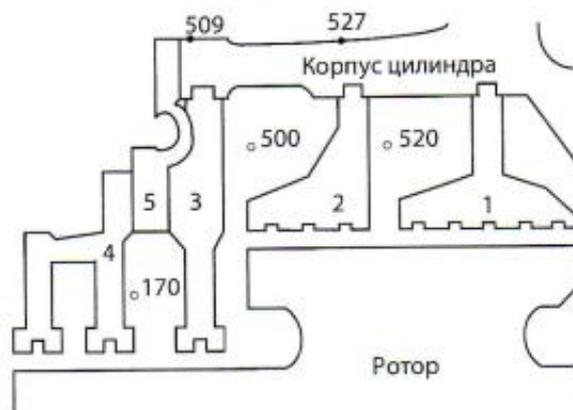


Рисунок 2 – Температурный режим ПКУ ЦСД при проектной схеме уплотнения ° – температура металла, °С; ° – температура пара, °С; 1,2,3 – обоймы уплотнений, 4 – каминная камера, 5 – соединительное компенсирующее кольцо.

Вследствие повышенного градиента температур имеют место деформации элементов ПКУ ЦСД, обусловленные высокими термическими напряжениями в них, особенно в пусковых режимах, после аварийных остановов и при сбросах нагрузки до режима холостого хода.

Успешное решение проблемы ПКУ ЦСД было найдено на ЛГРЭС с участием завода-изготовителя турбины – ЛМЗ.

С целью снижения температуры среды в камеру протечек пара уплотнений в вакуумный отбор ПКУ ЦСД подведен пар с температурой не выше 260 °С из такой же камеры ЗКУ ЦВД. Для обеспечения циркуляции охлаждающего пара из ЗКУ ЦВД в нижней части камеры ПКУ ЦСД установлена перегородка, отделяющая подвод охлаждающего пара от отвода пара из этой же камеры в вакуумный отбор.

Благодаря изменению конструкции и схемы уплотнения «горячая» зона отодвигается вглубь ПКУ ЦСД, где расположены массивные и мало подверженные деформации детали, а температура металла в зоне узла соединения корпуса каминной камеры и ЦСД снижается на 100–110 °С. Это позволяет исключить соединительное компенсирующее кольцо при установке каминной камеры, что повышает ремонтпригодность уплотнения.

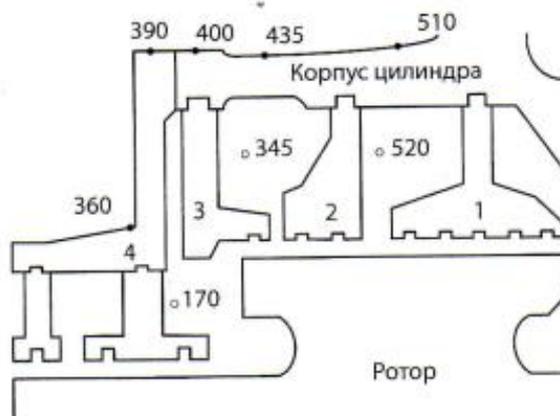


Рисунок 3 – Температурный режим ПКУ ЦСД при модернизированной схеме уплотнения турбин К 300-240-1 ЛГРЭС: ° – температура металла, °С; ° – температура пара, °С; 1,2,3 – обоймы уплотнений, 4 – каминная камера.

Опыт эксплуатации, модернизированной схемы уплотнений показал её высокую эффективность в части предупреждения деформации элементов ПКУ ЦСД, исключения присосов воздуха и выхода пара через уплотнения ЦВД и ПКУ ЦСД. Удовлетворённость достигнутыми результатами привела к прекращению дальнейших работ по повышению эко-

номичности уплотнения турбин К-300-240-1 ЛМЗ на ЛГРЭС. Совершенствование систем уплотнения проводилось ЛМЗ в 1975–1990 годы и на других модификациях, выпускаемых многоцилиндровых паровых турбин. Такие работы были направлены в основном на реализацию принципа «самоуплотнения», при котором в режиме нагрузок турбины выше 0,4 номинальной, уплотнения обеспечиваются собственным паром, а подача пара от постороннего источника на эти уплотнения производится только в пусковых и остановочных режимах. По данным, применение самоуплотнения позволяет уменьшить расход пара в отбор на деаэратор на 1,1–1,2 т/ч, что увеличивает дополнительную выработку энергоблоком порядка 2 500 000 кВт·ч электроэнергии в год без изменения расхода теплоты.

Работы по самоуплотнению начались на электростанциях в период освоения турбин К-300-240-1 ЛМЗ после установки регулирующего клапана РД-2 на трубопроводе отвода протечек пара из уплотнений в вакуумный отбор.

В режиме пуска турбины пар на уплотнения подаётся из КСН при открытой разделительной задвижке и закрытом регулирующем клапане РД-2. Давление пара в «горячем» и «холодном» коллекторах поддерживается РД-1. При увеличении нагрузки турбины до 0,3–0,4 номинальной открывается подача пара на уплотнения из Д-7 и закрывается от КСН. С достижением нагрузки 0,6 номинальной разделительная задвижка закрывается по блокировке, и давление пара на уровне 0,15 кгс/см² (изб.) в «горячем» коллекторе поддерживается РД-2 с отводом пара из уплотнений ПКУ ЦВД и ПКУ ЦСД в VII отбор.

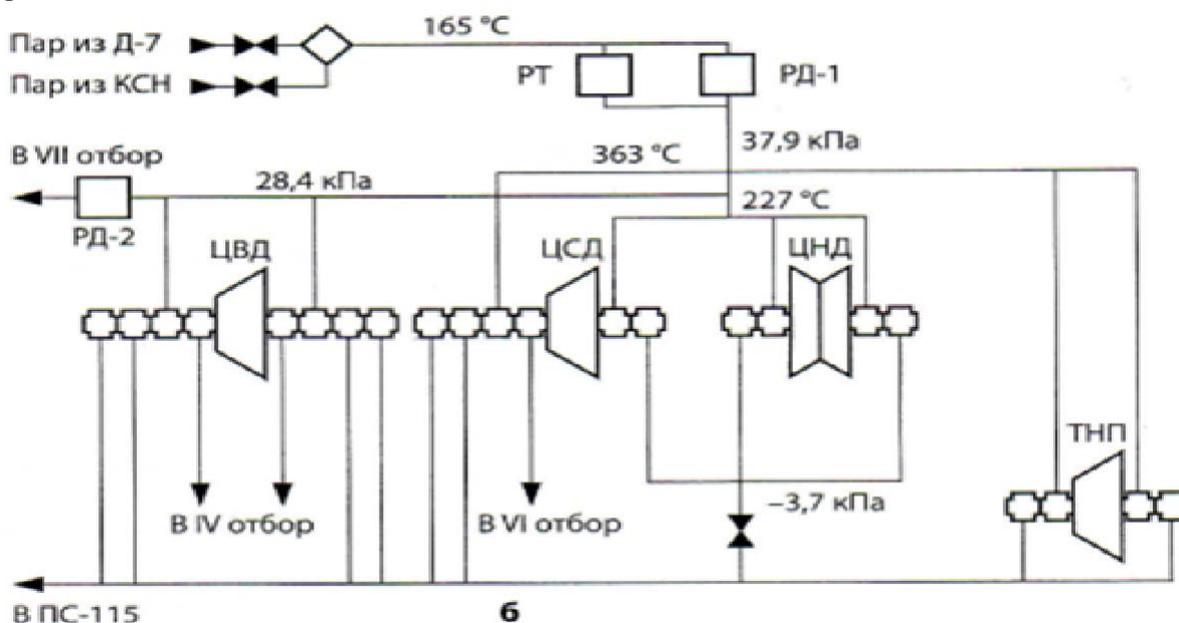


Рисунок 4 – Схема концевых уплотнений турбин К 300-240-1 ЛМЗ ст. №7 ЛГРЭС: р – давление избыточное, кПа; Т – температура, °С

В схеме уплотнений турбин К-300-240-1 ЛМЗ ЛГРЭС были установлены 2 РК подачи пара на уплотнения: 1-й – на уплотнения ЦВД и ПКУ ЦСД; 2-й – на уплотнения ЧНД. При реализации схемы самоуплотнения турбины РК на уплотнения ЦВД используется в качестве РК регулятора температуры. На турбинах К-300-240-1 ЛМЗ других электростанций схема полного самоуплотнения турбины может быть реализована с использованием 1 РК на трубопроводе подачи пара на уплотнения турбины (рисунок 5), в схему управления которого через переключатель вводятся сигналы от РД-1 и РТ (рисунок 6).

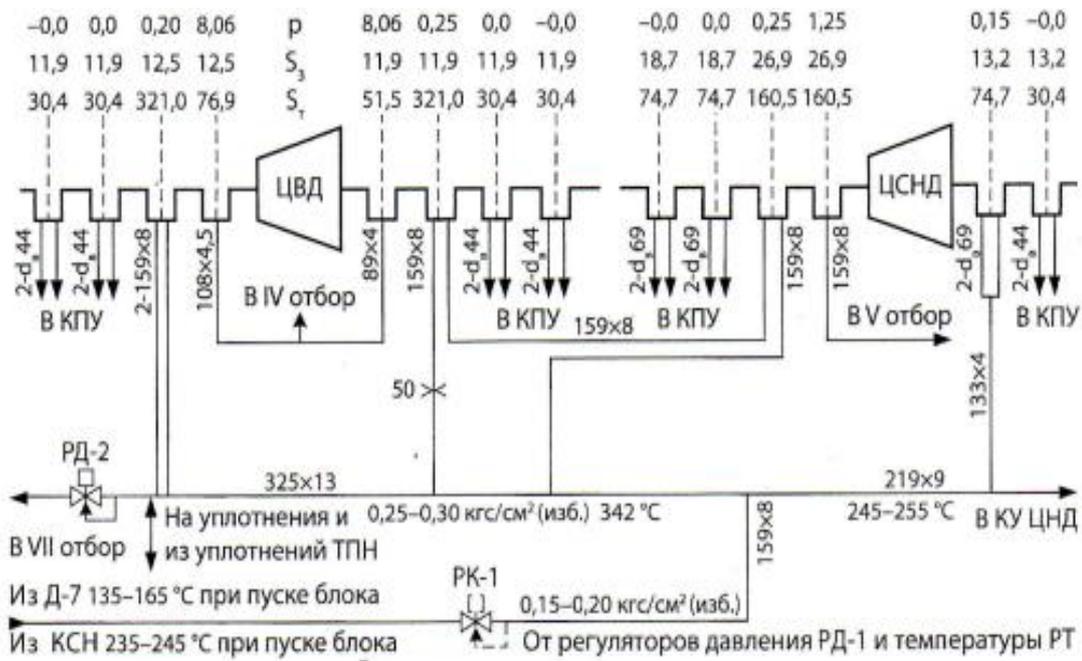


Рисунок 5 – Рекомендуемая схема концевых уплотнений турбин К 300-240: p – давление избыточное, кПа; S_3 и S_7 – проходное сечение зазоров и трубопроводов, см²



Рисунок 6 – Принципиальная схема автоматического регулирования давления и температуры пара на уплотнения ЧНД турбин К-300-240

Литература

1. Озерец А.В., Герасимов В.В., Базыленко А.А. Становление и развитие электрической станции. – Рифтур, 2009.