УДК 62.368

ВАЛОПОВОРОТНОЕ УСТРОЙСТВО ТУРБИНЫ
TURBINE TURNING DEVICE

Е.М. Стельмак, В.Р. Бежелев

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
panteley@bntu.by
E. Stelmak, V. Bezhelev
Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: *в данной статье рассмотрены принцип работы валоповоротного устройства, принцип его работы, а также конструкця и эксплуатационные требования по виду турбин.*

Abstract: *this article discusses the operating principle of the turning device, the principle of its operation, as well as the design and operational requirements for the type of turbine.*

Ключевые слова: *валоповоротное устройство, вал, ротор, пуск, останова.*

Keywords: *turning device, shaft, rotor, start, stop.*

Введение

Устройство валоповорота турбины обеспечивает правильное выравнивание и балансировку ротора турбины перед пуском и остановом. Это помогает предотвратить износ частей турбины и обеспечивает безопасную и эффективную работу.

Основная часть

Работа турбины любого типа, обеспечивающая нормальное ее функционирование, а именно: вращение ротора, срабатывание клапанов, регуляторов отборов, впуск пара, отслеживание параметров в блоке регулирования и управления, срабатывание сервомоторов и многое другое – называется *нормальной.* Если турбина работает с нарушениями, которые были вызваны ошибкой персонала или обслуживающих устройств, например, несрабатывание клапанов, нарушение диафрагменных или концевых уплотнений с последующим выходом пара большой температуры в машинный зал, ремонтом или заменой оборудования. В таком случае требуется прекратить работу турбины. Такие режимы называют *остановом* турбины. В процессе останова турбины необходимо соблюдать следующие этапы [1]:

1) опробовать электронасосы смазки и проверить уплотнения генератора турбины;

2) проверить исправности стопорного клапана и убедится в том, что он не заедает;

3) при работе турбины по тепловому графику необходимо перевести ее на электрический;

4) начать снижение нагрузки 1,5–3 МВт в минуту. При этом не прекращать подачу пара;

5) произвести отключение, в первую очередь, ПВД потом ПНД. При остановках турбины на короткий срок отключение ПВД и ПНД не требуется;

6) после снижения до 3-2 МВт открыть полностью байпасный клапан ГПЗ;

7) отключить генератор от сети только после полного снятия нагрузки.

После завершения пуско-наладочных или ремонтных работ турбина может производить *пуск*. Пуск рассмотрим на примере турбины Т-250/300-240. Пуск турбины может производиться из холодного состояния, из неостывшего и из горячего состояния. Тепловое состояние турбины перед пуском определяется:

- длительностью простоя;
- качеством изоляции;
- конструкцией.

Так для турбины Т-250/300-240 время пусковых операций может составлять:

После 8 часов простоя время пуска составляет 2 часа 30 минут.

После 24 часов простоя – 2 часа 50 минут.

После 48 часов простоя – 3 часа 20 минут.

Из холодного состояния – 6 часов 30 минут.

Пуск турбины из холодного состояния совершается при частоте вращения ротора до 800 оборотов в минуту. Параметры впускаемого пара имеют следующие значения:

$$p_{\text{свежего пара}} = 2 - 4 \text{ МПа};$$

$$t_{\text{свежего пара}} \geq 250°\text{C}.$$

При пусковых операциях для проверки уплотнений давление пара повышается в течении получаса до установленного номинального; для проверки клапанов давление повышают до 8 МПа при частоте вращения ротора 800 оборотов в минуту. При этом частота вращения принимает постоянное значение через 15-20 минут после запуска. После пуска или останова ротор сильно подвержен деформации вследствие неравномерного прогрева. Это может способствовать его искривлению. После работы турбины имеется остаточный прогрев вала, который и является причиной разности температур, называемой температурной неравномерностью. Верхняя часть вала более нагрета чем нижняя, поэтому металлический сплав в нижней части начинает сокращаться быстрее, чем в верхней. Этот процесс непостоянен, так как с течением времени температура начинает распределяться равномерно и вал приобретает одинаковую температуру в каждом своем сечении. При равномерном распределении температуры вал начинает выравниваться. Турбина может быть пущена только после полного выпрямления вала. Если в это время в турбину будет впущен пар, то процесса обратного выпрямления не произойдет – вал искривится окончательно, вследствие нагрева, и турбина больше не будет пригодна к эксплуатации. Искривление вала и ротора приводит к задеванию лопатками уплотнений и сопловых коробок. Основным

устройством, служащим для безопасного пуска турбины и разгона ротора является *валоповоротное устройство.*

Валоповоротное устройство – это тихоходное устройство, предназначенное для медленного вращения ротора турбины при пуске или останове. Также основным назначением валоповоротного устройства является предотвращение теплового искривления при нагреве ротора. Валоповоротное устройство регулирует частоту вращения ротора только в случаях пуска или останова. Для всех турбин валоповоротное устройство создают с частотой вращения 3-4 оборота в минуту. Валоповоротное устройство располагается в заднем картере турбины [2].

Конструктивное исполнение валоповоротного устройства приведено на рисунке (1):

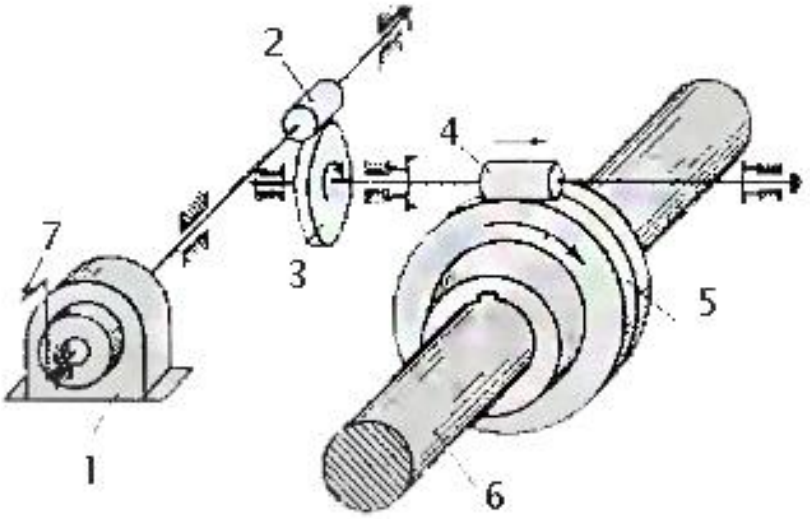

Рисунок 1 – Конструкция валоповоротного устройства [2]

Валоповоротное устройство снабжено электродвигателем (1), передающем вращательный момент ротору с расположенной на нем червячной передачей (2). Червяк входит в зацепление с червячным колесом (3), находящимся соосно с ведущей цилиндрической шестерней (4) на промежуточном валике. Ведущая цилиндрическая шестерня задает вращение ведомой цилиндрической шестерни (5), расположенной на валу турбины (6). Рычаг (7) служит для ручного привода. Некоторые валоповоротное устройства ведомой цилиндрической шестерней крепятся не к валу самой турбины, а к промежуточному валу, который с валом турбины соединен муфтой.

Конструктивными требованиями, предъявляемыми к валоповоротному устройству турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ являются следующие требования, приведенные ниже. Продольный разрез ВПУ представлен на рисунке 2. Поперечный разрез ВПУ представлен на рисунке 3.

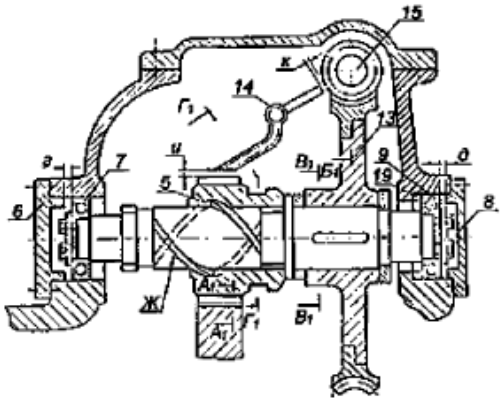

Рисунок 2 – Продольный разрез валоповоротного устройства турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ [3]

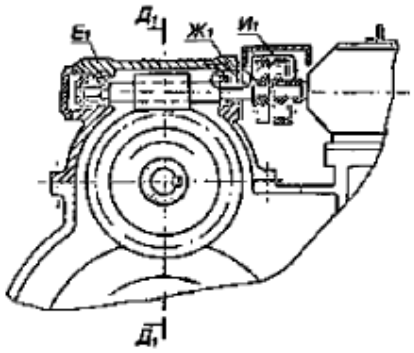

Рисунок 3 – Поперечный разрез валоповоротного устройства турбины ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ [3]

К валоповоротному устройству данной турбины предъявляются следующие технические требования:

Элементы Е1 и Ж1, представленные на рисунке выше, являются частью муфты червячной передачи. Червячная передача должна удовлетворять следующим требованиям: Е1 – муфта с прокладкой должна быть утолщена и закреплена накладкой. Ж1 – для повышения трения муфты изготавливается стальной фрикцион на бронзовую передачу. И1 – седло. На нем для нормального натяга допускается наплавка слоя хрома максимальной толщиной 0,08 мм.

Конструктивными требованиями, предъявляемыми к валоповоротному устройству турбины К-300-240 ХГТЗ являются следующие, приведенные ниже. Продольный разрез ВПУ представлен на рисунке 4. Поперечный разрез ВПУ представлен на рисунке 5.

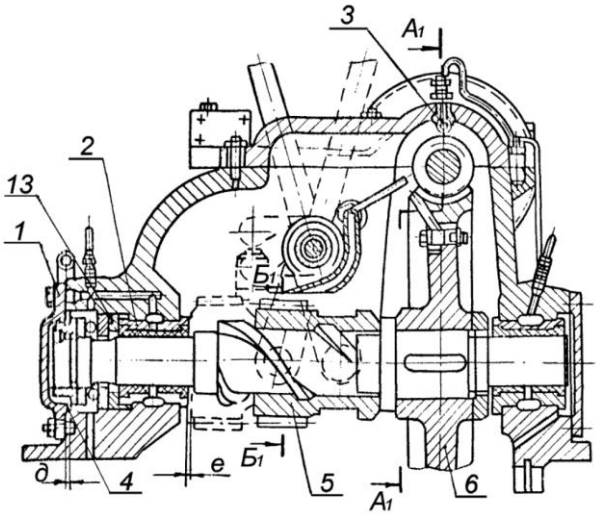

Рисунок 4 – Продольный разрез валоповоротного устройства турбины К-300-240 ХГТЗ [4]

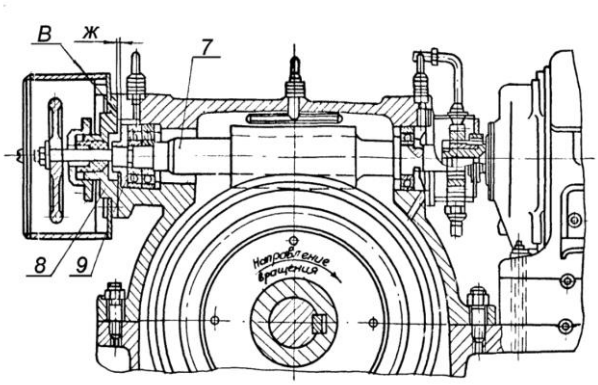

Рисунок 5 – Поперечный разрез валоповоротного устройства турбины К-300-240 ХГТЗ [4]

Расстояние, обозначенное буквой «е» на поперечном разрезе – это зазор вкладыша неподвижной шестерни. Его значение должно быть строго в пределах 0,25-0,45 мм. Буквой «ж» на продольном разрезе обозначен зазор крышки червяка, значения которого должны быть фиксированы в диапазоне 0,4-0,7 мм.

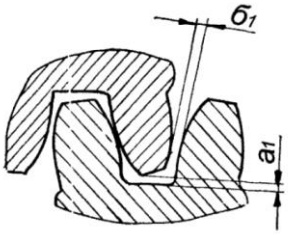

Рисунок 7 – Продольный разрез цилиндрической зубчатой пары валоповоротного устройства турбины К-300-240 ХГТЗ [4]

Зазоры, имеющие буквенное обозначение «а1» и «б1» – это зазоры шестерен на валу червячного колеса на роторе низкого давления. Для лучшего зацепления значения «а1» должны составлять 2-3 мм, и «б1» – 0,5-0,9 мм соответственно.

Модернизированная версия валоповоротного устройства носит название гидравлического ВПУ. Оно совершает гидравлический подъем валопровода и применятся на турбине К-300-240 ХГТЗ на блоке №8 Змиевской ТЭЦ в Украине. Особенностью данного вида валоповоротного устройство является не механический привод, а гидравлический. Силовой жидкостью является масло, а вместо электродвигателя применяется гидромотор. Частота вращения составляет 50-60 оборотов в минуту. Установка данного типа валопровода в результате положительно повлияло рост на КПД блока [4].

Заключение

В общем и целом, валоповоротное устройство играет не маловажную роль в работе турбины. Без данного устройства под действием теплоты будет происходить тепловой прогиб и последующее за ним изменение осей ротора с осями подшипников и может привести к нежелательным последствиям, вплоть до разрушения турбины.

Литература

1. Останов паровой турбины [Электронный ресурс] / Останов паровой турбины. – Режим доступа: https://ccpowerplant.ru/ostanov-parovoj-turbiny /. – Дата доступа: 12.04.2024.

2. Валоповоротные приспособления [Электронный ресурс] / Валоповоротные приспособления. – Режим доступа: http://par-turbina.ucoz.net/index/sodenitelnye_mufty_valopovorot_teplovaja_izoljacija_turbiny/0-21 /. – Дата доступа: 12.04.2024.

3. Нормы и требования ПТ-80/100-130/13 [Электронный ресурс] / Нормы и требования ПТ-80/100-130/13. – Режим доступа: https://meganorm.ru/Data2/1/4293808/4293808224.htm#i1815595 /. – Дата доступа: 12.04.2024.

4. Модернизация турбин ХГТЗ [Электронный ресурс] / Модернизация турбин ХГТЗ. – Режим доступа: http://www.combienergy.ru/stat/954-Modernizaciya-turbin-LMZ-i-Turboatoma-s-primeneniem /. – Дата доступа: 12.04.2024.