УДК 621.165:62-174

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОАГРЕГАТА

Лёгкий А.Д., Злобин В.Н.

Институт архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета, Волгоград, e-mail: aist@vgasu.ru

Работа посвящена проблеме модернизации турбоагрегатов с запасными нерегулируемыми пароотборами из цилиндров высокого давления турбин и подвода пара из них, например, для обогрева градирни в зимний период или других целей. В данной работе предлагается наиболее оптимальный метод модернизации градирни путем установки паровых форсунок по периметру градирни и местоположению шиберов, а также подвода пара к этим форсункам, свободной нерегулируемой ступени паровой турбины для предотвращения обледенения градирни. Преимуществом данного метода является то, что данная установка обеспечит необходимое давление пара на входе в паровые форсунки и разгружает давление в цилиндре паровой турбины при максимальных нагрузках. Преимуществом данного метода является то, что данная установка обеспечит необходимое давление пара на входе в паровые форсунки и разгружает давление в цилиндре паровой турбины при максимальных нагрузках паровой турбины. Проведенная модернизация позволяет повышать энергоэффективность работы турбин, в частности градирни, путём разгрузки цилиндра высокого давления, а также предотвращением обледенения градирни, обеспечив её максимальную производительность и сохранив целостность её несущих конструкций.

Ключевые слова: турбоагрегаты, нерегулируемый пароотбор турбин, паровые форсунки, редукционная установка, градирня

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF THE TOURBOAT

Legkiy A.D., Zlobin V.N.

Institute Volgograd State Technical University Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: aist@vgasu.ru

The work is devoted to the problem of modernization of turbo-aggregates with spare unregulated steam lines from high-pressure cylinders of turbines and steam supply from them, for example, for cooling tower cooling in winter or other purposes. In this paper, we propose the most optimal method for upgrading the cooling tower by installing steam nozzles along the perimeter of the cooling tower and the location of the gate valves, as well as supplying steam to these nozzles, a free uncontrolled stage of the steam turbine, to prevent the cooling tower icing. The advantage of this method is that this unit will provide the necessary steam pressure at the inlet to the steam nozzles and unload the pressure in the cylinder of the steam turbine at maximum loads. The advantage of this method is that this unit will provide the necessary steam pressure at the inlet to the steam nozzles and unload the pressure in the cylinder of the steam turbine at maximum loads of the steam turbine. The modernization allows to increase the energy efficiency of the turbines, in particular the cooling tower, by unloading the high-pressure cylinder, as well as preventing the icing of the cooling tower, ensuring its maximum productivity and maintaining the integrity of its load-bearing structures.

Keywords: turbo-aggregates, unregulated steam sampling of turbines, steam nozzles, reduction installation, cooling tower

Данная работа посвящена модернизации турбоагрегатов, имеющих резервное давление пара в цилиндрах среднего давления и резервные выходы нерегулируемых отборов пара. На многих теплоэнергетических предприятиях имеются неиспользуемые резервные пароотборы. При модернизации теплоэнергетических предприятий появляется возможность дополнительного использования этого резервного пароотбора для собственных и других производственных нужд.

Цель исследования

В результате выполнения модернизационных мероприятий появляется возможность в полной мере использовать потенциал турбоагрегатов.

Материалы и методы исследования

На многих тепловых станциях используются турбоагрегаты с нерегулируемыми пароотборами из цилиндров высокого давления турбин. В настоящее время на Волжской ТЭЦ-2 турбоагрегат ПТ-140/165-130/15-3 имеет семь нерегулируемых отборов пара, хотя заводом-изготовителем для данной установки было рассчитано и сконструировано восемь нерегулируемых пароотборов. Что не дает в полной мере использовать весь потенциал данного оборудования.

Турбина паровая теплофикационная ПТ-140/165-130/15-3 с конденсационной установкой и регулируемыми отборами пара предназначена для непосредственного привода турбогенератора типа ТВВ-160-2УЗ мощностью 165 МВт с частотой вращения ротора 50 $с^{-1}$ (3000 об/мин) и отпуска пара и тепла для нужд производства и отопления [1].

По конструкции турбина представляет собой одновальный двухцилиндровый агрегат, имеющий двадцать четыре ступени лопастей, состоящий из цилиндра высокого давления и цилиндра низкого давления. Свежий пар от двух стопорных клапанов, расположенных симметрично по обеим сторонам турбины, по четырем перепускным трубам Ду 200 (по две трубы от каждого стопорного клапана), подводится к четырем регулирующим клапанам, установленным на цилиндре высокого давления [1].

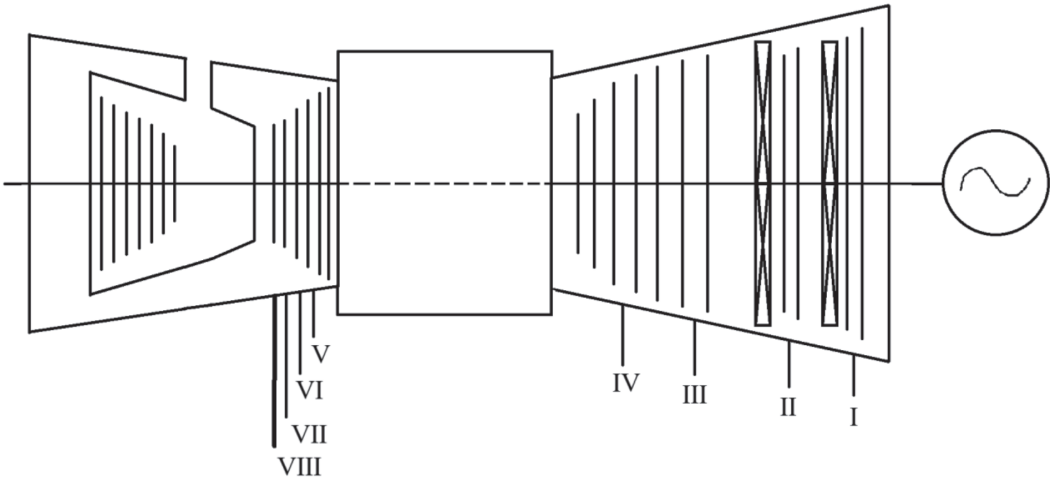

Рис. 1. Схема турбоагрегата

Цилиндр высокого давления выполнен двустенным, противоточным. В левом потоке, направленном в сторону переднего подшипника, расположены одновенечная регулирующая ступень и шесть ступеней давления левого вращения, в правом потоке – шесть ступеней давления правого вращения [1].

Для уменьшения скорости пара к первому клапану и улучшения прогрева при пуске и работе при частичной нагрузке между первой паровой коробкой и четырьмя клапанами осуществлён перепуск пара трубой Ду 150.

Такой же перепуск осуществлен между паровыми коробками два и три к клапанам трубой Ду 50. Это способствует одновременному прогреву всех паровых коробок и трубопроводов.

Кроме дренажных штуцеров, расположенных в нижних точках каждой из четырех перепускных труб, в верхних участках труб выполнены дополнительно штуцеры для сброса через них пара при прогреве трубопроводов во время пуска турбины. Это обеспечивает прогрев труб почти по всей их длине.

Из цилиндра высокого давления пар через два патрубка в нижней половине четырьмя трубами Ду 350 направляется в производственный отбор и четырьмя трубами Ду 350 к регулирующим клапанам цилиндра низкого давления, расположенным в паровых коробках, приваренных к паровпускной части цилиндра низкого давления. Проточная часть цилиндра низкого давления состоит из трех частей: части среднего давления с одновенечной регулирующей ступенью и шестью ступенями давления, промежуточного отсека, имеющего регулирующую ступень и ступень давления и части низкого давления, имеющей регулирующую ступень и ступень давления. При выходе из последней ступени отработанный пар поступает в конденсатор.

Плоскость фикспункта турбины проходит через оси поперечных шпонок, расположенные в передних опорах выхлопного патрубка турбины. Расширение турбины происходит в основном в сторону переднего подшипника и частично в сторону генератора.

Также она имеет два нерегулируемых теплофикационных отбора пара – верхний и нижний, предназначенные для ступенчатого подогрева сетевой воды в сетевых подогревателях турбоустановки и добавочной воды в станционных теплообменниках. Регулируемый производственный отбор пара имеет номинальное давление 1,47 МПа [2].

Помимо этого турбина имеет семь нерегулируемых (регенеративных) отборов пара, предназначенных для подогрева конденсата и подпиточной воды в подогревателях низкого давления (с I по IV) и деаэраторе, подогревателях высокого давления (с V по VII) и нерегулируемый отбор пара после седьмой ступени (VIII отбор) для внешнего теплопотребления в количестве 90 т/ч [1].

Градирня используется для охлаждения циркуляционной воды, нагретой в конденсаторах турбин, маслоохладителях, газоохладителях турбогенераторов и питательных насосов. Охлаждение воды в градирне происходит за счет испарения части воды теплом, отнимаемым от основной массы воды, вследствие чего температура неиспарившейся воды снижается. Термическим пределом охлаждения воды является температура конденсации водяных паров в воздухе, т.е. температура по мокрому термометру [3].

Башенная вантовая градирня состоит из вытяжной башни, несущего пилона, водоохладительного устройства и водосбросного бассейна [3].

Вытяжная башня выполнена в металле с вантовым каркасом в виде гиперболоида вращения, обшита алюминиевым профилированным листом.

Конструкция вантового каркаса подвешена за металлический пилон высотой 40,5 м.

Оросители водоохладительного устройства установлены на железобетонные стенки.

Натяжение вантового каркаса осуществляется весом железобетонного нижнего кольца массой 400 т [1].

Движение кольца происходит свободно по направляющим металлическим колоннам.

Водосбросной бассейн глубиной 1,6 м. Резервуар бассейна выполнен из монолитного железобетона.

Площадь орошения – 1200 м^2.

Средняя гидравлическая нагрузка – 10050 м^3/ч.

Средняя плотность орошения – 8,4 м^3/м^2.

Оросительное устройство блочного типа выполнено двухъярусным из плоских асбоцементных листов [1].

Водораспределительное устройство расположено по радиально-секторной схеме и состоит из 2-х водораспределительных колец и стальных труб Ду-800 мм, Ду-600 мм и 12 радиальных магистральных и рабочих водораспределительных труб, расположенных в тангенциальном направлении.

Основная и главная функция градирни состоит в обеспечении охлаждения эффекта циркуляционной воды в пределах ее технических возможностей и строго соответствия по проектной документации [1]:

● Полный осмотр частей водораспределительного и оросительного устройства градирни с возможностью отключения отдельных секторов орошения, необходимо производить не реже двух раз в год: перед летним и зимним режимом работы.

● Детальное обследование металлических каркасов вытяжных башен – не реже одного раза в 3 года. На основании детального обхода градирен составляется ведомость дефектов и неисправностей с указанием способов и сроков их устранения.

● В водосборном бассейне не должно быть физических дефектов. Проверку его гидравлической целостности необходимо производить в первые два года эксплуатации ежегодно, далее – не реже одного раза в три года. Проверка осуществляется путем наблюдения за уровнем воды в резервуаре в течение двух-трех суток при отключенной от других градирен и плотно закрытых шандорах на водоотводящих каналах.

● При заполнении отключенных участков цирквводоводов усилить контроль за уровнями в градирнях и не допускать снижения уровня ниже нормального.

● После заполнения цирквводоводов и чаши градирни, снятия разделительной шандоры, цирквводоводы и градирня включаются в работу.

● Подпитка градирен производится речной водой от 2-х водоводов речной воды.

● При отключении цирквводовода или градирни закрываются соответствующие задвижки по схеме техводоснабжения.

При обслуживании градирен необходимо [1]:

● Следить за уровнем воды в бассейне градирен. Уровень воды должен быть на 100–150 мм ниже верхнего обреза переливной трубы.

● Следить за изменением давления сырой воды на ТЭЦ. При повышении давления может быть перелив градирен, при понижении давления сырой воды возможен упуск уровня.

● Регулярно раз в месяц производить осмотр колодцев, опробование и смазку арматуры.

● Следить за чистотой и порядком на территории вокруг градирен.

● Следить за исправным состоянием оросителя, наличием и чистотой сопловых насадок. Струя воды из насадок должна попадать в центр разбрызгивателей.

● В осенне-зимний период регулировать поступление воздуха в градирни с помощью поворотных щитов с таким расчетом, чтобы температура цирквводы была в пределах 13–15 °С.

● Предотвращать образование льда на периферийной части оросителя, а в случае его образования принимать меры по удалению льда.

● Следить за чистотой и исправностью сороудерживающих решеток, производить периодическую их чистку раз в месяц, не допуская перепада более 10 см.

● Не допускать попадания в водосбросной бассейн градирен досок, щитов, бумаги, веток и травы.

● Следить за исправностью поворотных щитов, не допускать их повреждений.

При работе вахтового персонала, осуществляющего эксплуатацию градирен, обязаны выполнять следующие требования [1]:

● ведение технического надзора и сдача градирни в эксплуатацию;

● обслуживание градирни;

● контроль должной работы градирни и устранения дефектов недоохлаждения в случае их выявлений;

● контроль целостности конструкции градирни и своевременного устранения ее дефектов;

● обеспечивать экономичный режим работы градирни, исходя из условий наилучшего вакуума в конденсаторах паровых турбин ТА-1,2.

При использовании фильтрации, превышающей 3 л на 1 м² смачиваемой поверхности, водосборный бассейн необходимо слить, тщательно проверяя при этом состояние его покрытия, и ликвидировать обнаруженные дефекты – подтеки и выход влаги из него указывают на пористость и неплотность бетона. Колодцы для предотвращения переполнения водосборного бассейна оборудуются грязеудерживающими решетками. Непосредственно сам водосборный бассейн необходимо отчищать от ила и мусора по мере необходимости, но не реже одного раза в три года. Толщина слоя ила в бассейне не должна превышать 0,3 м. Грязеудерживающие решетки в водосливных колодцах водопереливных воронок водосборного бассейна должны поддерживаться в исправном состоянии, чистоте, не допуская перепада уровня воды в сетках более 10 см. Механизмы поворотных щитов тамбура и решеток водосбросных приямков водосборного бассейна градирен необходимо поддерживать в исправном состоянии. Неверное распределение воды по площади оросителями является одной из главных и наиболее распространенных причин плохой работы градирни. Это происходит в большей мере из-за несовершенной конструктивной особенности разбрызгивающих сопел, их загрязнения, неисправности либо отсутствия, несоответствия фактического подпора воды у сопел расчетному, а также из-за неверного положения сопел по площади градирен. При напорном водораспределении необходимо производить промывку водораспределительных труб и очистку разбрызгивающих сопел, загрязнения, осевшие после промывки на ороситель, необходимо удалять. Обход водораспределительной системы следует проводить в летнее время не реже двух раз в месяц. При этом необходимо выявлять и своевременно ликвидировать проблемы с разбрызгиванием охлаждаемой воды по всем участкам расположения оросителей. При толщине обрастания накипи на поверхности более 1 мм необходимо устранять ее доступными средствами [4, 5]. При температурах наружного воздуха выше нуля градусов по Цельсию необходимо обеспечить фиксацию поворотных шиберов противообледенительного тамбура в горизонтальном положении. Расход циркуляционной воды для нормальной работы градирни не должен превышать ее паспортных значений, иначе недостаток цвиркуляционной воды приведёт к снижению ее охлаждающего эффекта. При режиме работы градирни с асбестоцементными оросителями главное внимание уделяется строго перпендикулярному располо-

жению асбестоцементных листов относительно ее фундаманта, потому что при присутствии небольшого отклонения уменьшается их площадь смачивания, что приводит к ухудшению охлаждающего эффекта [4, 5]. В зимний период эксплуатации нежелательно отключать градирню с асбестоцементными оросителями, так как это может привести к повреждению (расколу) листов и их преждевременному разрушению. При использовании пластмассовых оросителей, изготовленных из полиэтилена, запрещается повышение температуры сбросной циркуляционной воды в водосборный бассейн с температурой выше 50 °С, так как это приведет к разрушению элементов оросителя. Вытяжные башни градирен сконструированы для создания наилучшей воздушной тяги и изготавливаются каркасно-обшивными. Каркас обшивной башни – металлический, обшивка каркаса градирни из алюминиевых гофрированных листов. При использовании градирен в работе требуется производить визуальный осмотр и следить, чтобы обшивка была плотной, поскольку в противном случае наружный воздух, проходя внутрь башни градирни, не попадая на оросители, уменьшит силу тяги и приведет к повышению температуры охлажденной воды в градирне. Пришедшие в негодность алюминиевые листы обшивки нужно своевременно заменять новыми. Необходимо вести контроль за осадком фундамента градирни: в первый год режима работы – три раза, во второй год – два раза, после этого до наступления стабилизации осадка фундамента один раз в год, а после стабилизации осадка (1 мм и менее) – один раз в 5 лет. Запрещается использовать прилегающую к градирне территорию под склад строительных материалов или оборудования, дороги и транспортные пути к градирне должны быть всегда свободными. Непосредственно по периметру градирни выстраивается асфальтобетонный или бетонный отмосток с обратным уклоном и кюветом в конце для того, чтобы удалить излишек воды из градирни.

В зимний период работы оборудования, при отрицательных температурах наружного воздуха происходит обмерзание шиберов, створок градирни и несущих конструкций ввиду высокой разности перепада температур воды в чаше градирни и температуры наружного воздуха. Вследствие чего створки градирни и поры покрываются толстым слоем льда. Что приводит к ухудшению коэффициента теплоотдачи цирк воды, снижению КПД градирни и излишнему механическому напряжению конструкции градирни в целом.

Результаты исследования и их обсуждение

Предлагается наиболее оптимальный метод модернизации градирни путем установки паровых форсунок по периметру градирни и местоположению шиберов, а также подвода пара к этим форсункам, свободной нерегулируемой ступени паровой турбины для предотвращения обледенения градирни.

Для подвода пара к паровым форсункам градирни, при площади орошения 1200 м^2, согласно рекомендациям завода изготовителя редукционной установки-достаточно давление пара на форсунку 0,16–0,2 МПа, при давлении в VIII нерегулируемом отборе пара 3,2 МПа. Что заставляет дополнительно установить от отбора турбины к паровым форсункам редукционную установку.

Регулятор давления, управляемый автоматически задачиком или вручную на щите управления, поддерживает необходимое давление на выходе из РУ. Сеточное устройство обеспечивается снижение давления пара после РД. При повышении давления в РУ сработает предохранительный сбросной клапан [2, 6].

Выводы

Преимуществом данного метода является то, что данная установка обеспечит необходимое давление пара на входе в паровые форсунки и разгружает давление в цилиндре паровой турбины при максимальных нагрузках.

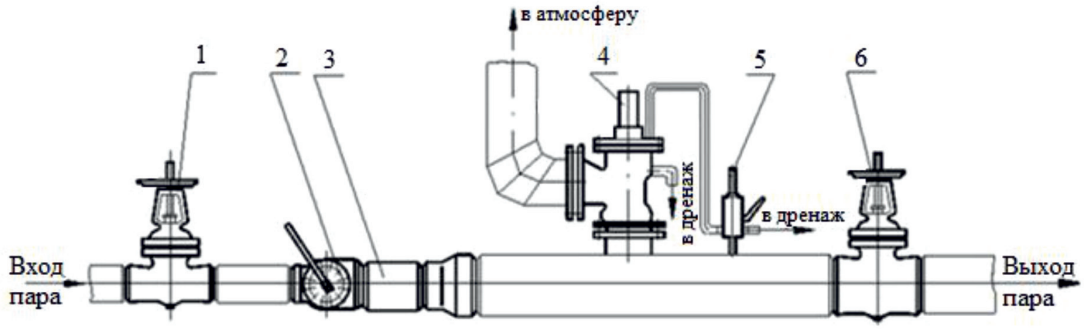

Рис. 2. Схема редукционной установки (РУ): 1 – Задвижка на входе пара с VIII отбора турбины; 2 – Регулятор давления (РД); 3 – Сеточное устройство; 4 – Предохранительный сбросной клапан; 5 – Дросель; 6 – Задвижка на выходе из РУ

Список литературы

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / М-во топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС России»: РД 34.20.501-95. – 15-е изд., перераб. и доп. – М.: СПО ОРГРЭС, 1996. – 160 с.

2. Паровые и конденсатные сети промышленных предприятий: метод. указания к курсовому и диплом. проектированию для студентов специальностей «Энергообеспечение предприятий», «Теплогазоснабжение и вентиляция» очной формы обучения / Федер. агентство по образованию, Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т, каф. теплогазоснабжения; [сост. Л.В. Кудрявцев [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2008. – 37 с.

3. Теплотехника: учеб. для инженер.-техн. специальностей вузов / под ред. А.П. Баскакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Бастет, 2010. – 324 с.

4. Трухний А.Д., Лосев С.М. Стационарные паровые турбины / Под ред. Б.М. Троянского. – М.: Энергоиздат, 1981. – 456 с.

5. Теплогенерирующие установки: учеб. для вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» / Г.Н. Делягин [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Бастет, 2010. – 622 с.

6. Фокин В.М. Основы тепломассообмена в тепловых установках предприятий ЖКХ и АПК: учеб. пособие [для направлений «Теплоэнергетика и теплотехника», «Стр-во»] / В.М. Фокин, В.В. Володин, В.А. Глухарев; Федер. агентство по образованию, Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2009. – 106 с.