

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ ПАРА НА КОНДЕНСАТОРАХ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Курбанов Х.К., Акмырадов Ч., Гурбанова М.Х. (ТГАСИ, г. Ашхабад, МЭИ,
г. Мары, ТГИТ и С, г. Ашхабад, Туркменистан)

Abstract: *Decrease in vapor pressure due to the intensification of the process of condensation on the steam turbine condenser.*

Medium pressure exhaust steam in the design adopted for the nominal condition of the capacitor is 3.5-6 kPa (0,035-0,060 kgf/cm²). Steam passing through the turbine, is normally wet, it consists of water vapor and droplets of water. These droplets are large enough, the surface of condensation is small, and the internal condensation process does not reach equilibrium. Therefore, the pressure within the turbine neck is higher than would be achieved under equilibrium and the turbine energy production is reduced.

Getting in the electric field, the charged droplets become unstable and decompose, forming many small droplets that serve as nuclei for condensation. In that way the destruction of the few large drops coming out of the turbine into many small droplets having a major positive impact on the rate of internal condensation. Owing to this the process of condensation of water vapor intensifies. Some of the scientific works performed in this area.

Президент Туркменистана Гурбангулы Бердимухамедов:

“Производство электроэнергии, открытие и ввод в действие в этой области новых возможностей – задача государственной важности на долгосрочную перспективу”.

Принятая «Концепция развития электроэнергетической отрасли Туркменистана на 2013-2020 годы» ориентирована на опережающее развитие производственно-технического потенциала электроэнергетической отрасли - базового сегмента промышленности и всей экономики страны.

Все электростанции, входящие в государственную энергораспределительную систему, работают на природном газе, который характеризуется наименьшим отрицательным воздействием на окружающую среду по сравнению с другими видами не возобновляемых энергоносителей.

За годы независимого развития, в стране было приращено порядка 1700 МВт энергогенерирующих мощностей. Генеральной линией в развитии этого направления является использование новейших технологий, высокоэффективного и надежного оборудования, автоматизированных систем управления.

В электроэнергетической отрасли Туркменистана реализуются масштабные проекты, направленные на дальнейшую модернизацию и строительство новых газотурбинных электростанций, прокладываются новые линии электропередачи, возводятся десятки распределительных электростанций, обновляется система энергообеспечения и освещения столицы, других городов и населенных пунктов страны. В результате этих мероприятий достигнута полная энергетическая независимость страны.

Технология производства электрической энергии на паротурбинных электростанциях сложна и трудоемка. Сложность энергетического производства обусловлена насыщенностью технологического цикла большим количеством разнообразного оборудования, дорогостоящего в изготовлении и монтаже, тяжелого в эксплуатации и трудоемкого в ремонте. Из всех звеньев технологической цепочки особо сложным является тепловая схема электростанции. Неотъемлемой частью ТЭЦ, ГРЭС и АЭС являются конденсационные установки паротурбинного агрегата.

Основным назначением конденсационной установки паротурбинного агрегата является конденсация отработавшего пара турбины и обеспечение за последней ступенью при номинальных условиях давления пара не выше расчетного, определенного, исходя из технико-экономических соображений.

Среднее давление отработавшего пара принятых при проектировании конденсатора в номинальных условиях составляет 3,5-6 кПа (0,035-0,060 кгс/см²).

Доля конденсаторов в общем весе ПТУ достигает 40...50%, а их габариты во многом определяют размеры и компоновку всей установки. С конденсацией пара связаны процессы регенеративного подогрева питательной воды в смесительных и поверхностных теплообменниках. Рост единичных мощностей энергетических блоков сопровождается дальнейшим возрастанием габаритов конденсаторов. Так, для турбин мощностью 1200 МВт необходимая поверхность охлаждения в конденсаторах и подогревателях питательной воды достигает $9 \cdot 10^4$ м², а число трубок в конденсаторах - $5 \cdot 10^4$.

Важнейшей эксплуатационной задачей, является предотвращение загрязнения конденсаторов паровых турбин, а в случае его возникновения – изыскания способов очистки конденсаторов с минимальными затратами труда и по возможности без ограничения нагрузки. Интенсивность загрязнения конденсаторов зависит в основном от качества охлаждающей воды, типа водоснабжения, времени года и условий эксплуатации системы циркуляционного водоснабжения.

Помимо поддержания давления отработавшего пара на требуемом для экономичной работы турбоагрегата, конденсационная установка должна также обеспечивать:

- сохранение конденсата отработавшего пара, используемого в системе питания парового котла, и его качество соответствующего требованиям ПТЭ (ограничение в допустимых пределах содержания в нем кислорода, растворенных солей и продуктов коррозии);

- предотвращение переохлаждения конденсата на выходе из конденсатора по отношению к температуре насыщения отработавшего пара, приводящего к потере теплоты;

Загрязнение конденсаторов с водяной стороны является наиболее частой причиной ухудшения вакуума. При этом ухудшение вакуума происходит как вследствие увеличения термического сопротивления за счет загрязнения трубок, так и за счет некоторого сокращения расхода воды через конденсатор, вследствие повышения гидравлического сопротивления конденсатора.

Ухудшение вакуума в нормально работающем турбоагрегате происходит как правило достаточно медленно, что позволяет тщательно проанализировать показания приборов и даже произвести необходимые анализы и дополнительные испытания. Исключения составляют случаи быстрого, катастрофического падения вакуума, следствием чего может быть аварийный останов турбоагрегата.

Вырабатываемая мощность и к.п.д. паровой турбины определяются главным образом перепадом давлений и температур пара при его прохождении через турбину. Снижение противодавления турбины позволяет извлечь из пара больше энергии и превратить ее в полезную механическую или электрическую работу.

Пар, проходящий через турбину, обычно влажный, он состоит из водяных паров и диспергированных в них капель воды. Пары воды переохлаждаются и продолжают конденсироваться на каплях воды. За счет внутренней конденсации уменьшается количество воды в газовой фазе соответственно давлению влажного пара. Процесс внутренней конденсации в отходящем паре турбины требуют соответствующих зародышей, например капелек воды. Практически вся жидкая фаза отходящего пара

турбин состоит из немногих крупных капель воды, диаметр которых превышает 0,001 см. Большие размеры капель объясняются механизмом их образования. Капля отрывается от жидкой пленки, имеющей место на лопатках турбины, когда силы, отрывающие каплю (центробежная сила и импульс потока пара), превышают силу поверхностного натяжения, удерживающую каплю на поверхности лопатки. Относительно малое количество капель воды, выходящих из турбины и ограниченная площадь их поверхности делают их малоэффективными в качестве зародышей внутренней конденсации.

Увеличение количества капель воды во влажном паре внутри выхлопного патрубка турбины за счет образования дополнительных капель, улучшило бы внутреннюю конденсацию водяных паров. Ускорение внутренней конденсации внутри выхлопного патрубка турбины снижает также нагрузку на конденсатор.

Благодаря высокой скорости, пар на выходе из турбины обладает значительной кинетической энергией; большая часть кинетической энергии связана со средней скоростью прохождения пара параллельно оси выхлопного патрубка турбины, но часть ее имеет место за счет турбулентных завихрений в потоке пара. Обычно выхлопной патрубок турбины выполняется в виде диффузора. Сечение выхлопного патрубка турбины плавно возрастает от турбины к конденсатору, а средняя скорость течения пропорционально уменьшается. Кинетическая энергия, связанная с турбулентными потоками, не исчезает.

Газовая фаза влажного пара, выходящая из турбины, переохлаждается и продолжает конденсироваться на каплях воды, имеющихся во влажном паре. Поскольку эти капли довольно крупные, их поверхность конденсации мала и процесс внутренней конденсации не достигает равновесия. Поэтому давление внутри выхлопного патрубка турбины выше, чем было бы при достигнутом равновесии и выработка энергии турбиной снижается.

В процессах разделения зарядов внутри турбины возникают положительные электрические заряды на каплях воды во влажном паре, вытекающем из турбины. Попадая в электрическое поле, напряженность которого превышает определенный порог, заряженные капли становятся нестабильными и распадаются, образуя множество мелких капелек, служащих зародышами конденсации. Таким образом, разрушение немногих крупных капель, выходящих из турбины, на множество мелких капелек оказывает серьезное положительное воздействие на скорость внутренней конденсации.

Вследствие этого, интенсифицируются процессы конденсации водяных паров. В этой области выполнены некоторые научные работы. Из них некоторые выполнены только в лабораторных условиях, а некоторые уже дают положительные эффекты.

Список литературы: 1. Турбины тепловых и атомных электрических станций: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп./ А.Г.Костюк, В.В.Фролов, А.Е.Булкин, А.Д.Трухний; Под. ред. А.Г.Костюка, В.В.Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с. 2. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы: Справочник/ Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В.Клименко и проф. В.М.Зорина. – 3-е изд., перераб. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 528 с. 3. Теплообменники энергетических установок: Учебник для вузов/ К.Э.Аронсон, С.Н.Блинков, В.И.Березин и др. Под ред. профессора, д.т.н. Ю.М.Бродова. – Екатеринбург: Издательство «Сократ», 2002. – 968 с. 4. Способ и устройство для интенсификации конденсации и улучшения течения пара внутри выхлопного патрубка турбины и конденсатора паровой турбины (Патент RU 2185517): А.О.Тарелин, В.П.Скляров и др. 5. «Концепция развития электроэнергетической отрасли Туркменистана на 2013-2020 годы».