

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_54

УДК 620.93

ГРНТИ 44.31.35

ВАК 05.14.04

Перевод промышленно-отопительной котельной в режим мини-ТЭЦ с использованием паровой винтовой машины

Орлов М. Е., * Винайкина И. В.

*Ульяновский государственный технический университет
432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец 32*email: mi5h@mail.ru, * iravinaykina@gmail.com

С целью энергосбережения рассмотрены возможности применения паровой винтовой машины (ПВМ) на промышленно-отопительных котельных для получения собственной электрической энергии. Применение данной энергоустановки значительно повышает эффективность котельных и является энергосберегающим решением. Паровая винтовая машина позволяет эффективно утилизировать избыточную тепловую энергию бесполезно редуцируемого пара и получать электрическую энергию, без дополнительного сжигания топлива. Прогрессивность идеи винтовых машин заключается в неизменно направленном (вращательном) движении рабочих органов машины. Отсутствие в ПВМ деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, позволяет реализовать высокие скорости вращения роторов, что обеспечивает получение относительно высокой производительности при небольших размерах. В результате было рассмотрено устройство и принцип действия ПВМ, выделены основные преимущества данной установки перед паровыми лопаточными турбинами малой мощности, описаны проблемы при эксплуатации установки и приведены возможные варианты их решения. Также был произведен подбор паровой винтовой машины для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска.

Ключевые слова: паровая винтовая машина, мини-ТЭЦ, когенерация, электрическая энергия.

Введение

Одним из наиболее простых и эффективных вариантов организации когенерации на котельных является технология ПВМ (паровая винтовая машина). На большинстве котельных в редуционных устройствах бесполезно теряется потенциальная энергия пара. Энергетический агрегат на базе ПВМ устанавливается на паропроводе и полезно использует перепад давления пара для выработки электроэнергии. Такой вариант реконструкции котельных позволяет обеспечивать собственные нужды отопительных и производственных котельных в электрической энергии, сократить расходы на приобретение сетевой электроэнергии, снизить себестоимость произведённой тепловой энергии и получить дополнительную прибыль, что значительно повышает эффективность котельных и является энергосберегающим решением [5].

Характеристики паровой винтовой машины

Основное отличие энергоустановок с ПВМ от паротурбинных энергоустановок заключается в следующем. Паротурбинные установки спроектированы практически на одно единственное сочетание расхода и давлений пара на входе в машину и на выходе из нее. Данное сочетание условий по пару определяет мощность машины. В то же время условия по пару в различных котельных могут существенно различаться и с течением времени меняться, поэтому маловероятно, чтобы они совпали с расчетными условиями работы машины [1].

Конструкция ПВМ позволяет в широком диапазоне приспосабливаться к условиям работы конкретной котельной и, как следствие, может покрывать диапазон мощности от 250 до 1000 кВт. В таблице приведены основные параметры и технические характеристики турбогенератора ПВМ.

Основные параметры и технические характеристики турбогенератора ПВМ [4]

Наименование	ПВМ-250	ПВМ-500	ПВМ-1000
Тип расширителя	винтовой	винтовой	винтовой
Рабочая среда	водяной пар	водяной пар	водяной пар
Параметры пара:			
Давление на входе, МПа	0,8...1,4	0,8...1,4	0,8...1,4
Температура пара на входе, °С	до 300	до 300	до 300
Давление на выходе, МПа	0,2...0,6	0,2...0,6	0,2...0,6
Расход пара, т/ч	4...10	7...18	10...25
Максимальная электрическая мощность, кВт	250	500	1000

Каждое такое сочетание режимных параметров пара определяет мощность ПВМ. Оптимальная настройка конструкции ПВМ на определённое сочетание параметров пара осуществляется за счёт подбора в широком диапазоне соответствующих конструктивных параметров ПВМ при единой базовой конструкции машины, которая определяется литейными моделями корпуса.

Энергоустановка с ПВМ может использоваться для автономного режима работы, для режима работы параллельно сети, а также для привода исполнительных механизмов (например, водяных насосов). При работе в параллельном режиме энергоустановка работает на электрическую сеть предприятия, покрывая часть его собственных нужд в электроэнергии и уменьшая тем самым её потребление из сети [1].

Устройство и принцип действия ПВМ

ПВМ является машиной объёмного действия. В корпусе вращаются рабочие органы – винты роторов (рис. 1). Роторы выполнены из стали, на них нарезаны винты асимметричного профиля. Синхронизирующие шестерни, установленные на роторах, исключают возможность касания профилей винтов друг с другом. Выходной вал ведущего ротора соединён с электрогенератором [2].

Принцип действия ПВМ показан на рисунке 2. Пар высокого давления из котла поступает в ПВМ через впускное окно в корпусе с одного торца роторов. После заполнения паром канавки между зубьями происходит отсечка пара, и при дальнейшем вращении роторов в канавке (парной полости) происходит объёмное расширение порции пара. В конце расширения канавка сообщается с выпускными окнами в корпусе на другом торце роторов. Отработанный пар поступает в тепловую сеть для нужд технологии или для отопления [1].

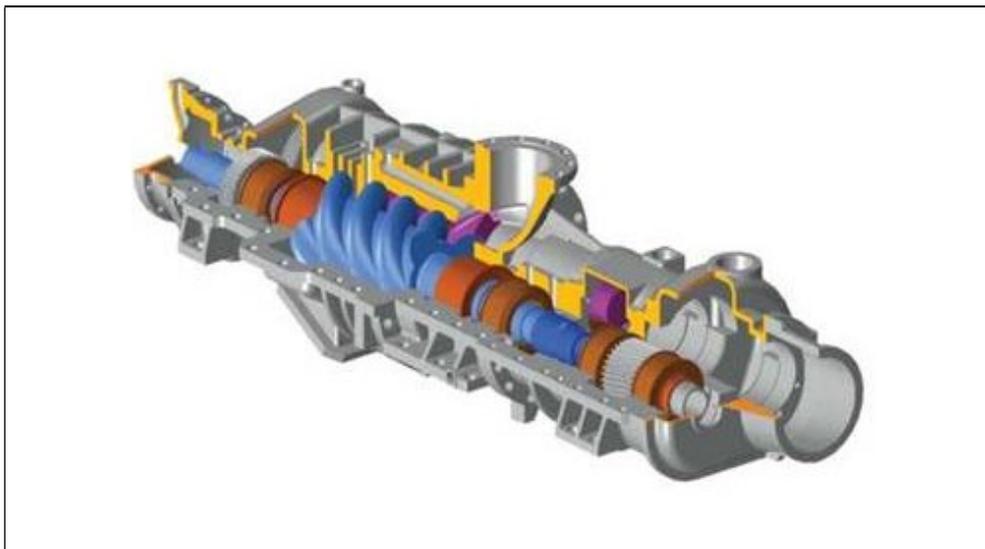


Рис. 1. Конструкция ПВМ [1]

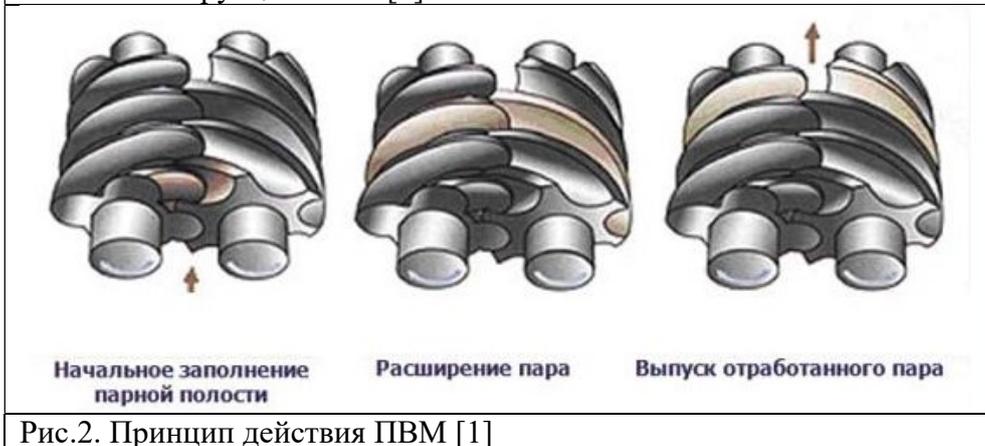


Рис.2. Принцип действия ПВМ [1]

Технические преимущества ПВМ перед лопаточной паровой турбиной

1. Высокий КПД расширения (0,7...0,75) в широком диапазоне режимов (конденсат, образующийся при расширении пара, затекает в зазоры между рабочими органами, уменьшая утечки пара и повышая КПД).
2. Простота конструкции, высокая ремонтпригодность, относительно небольшие затраты на производство двигателя.
3. Высокий межремонтный ресурс 2...3 года (15 тыс. часов) обусловлен отсутствием взаимного касания роторов и, соответственно, отсутствием механического износа.
4. Паровая винтовая машина в отличие от паровой турбины может работать на паре любой влажности. При малой скорости потока между винтами отсутствует эрозионный износ поверхностей рабочих органов.
5. Неприхотливость к качеству пара, наличию в нём частиц окалины, грязи.
6. Габариты паровой винтовой машины в 1,5...2 раза меньше, чем у турбины. Это важно при размещении в действующем здании котельной [1].

Проблема при эксплуатации установки и её решение

Проблемой при эксплуатации ПВМ являются утечки пара в атмосферу при износе уплотнений валов.

Лабиринтные и радиально-щелевые угольные уплотнения установлены на концах валов роторов и в разгрузочном устройстве и исключают протечки пара в масляную систему расширителя, а также уменьшают протечки пара в атмосферу. По мере износа уплотнений потери пара в атмосферу увеличиваются. Для утилизации пара от протечек уплотнений важно, чтобы процессы проходили при атмосферном давлении или при небольшом разрежении.

Одним из способов утилизации может быть впрыск холодной химически очищенной воды в цилиндрическую камеру, установленную на трубопроводе отвода пара от ПВМ. Регулирование расхода холодной воды осуществляется с помощью простейшей системы регулирования температуры прямого действия, настроенной таким образом, чтобы в атмосферу выходило минимально возможное количество пара. Образовавшийся конденсат может использоваться для подачи в деаэрактор [3].

Подбор паровой винтовой машины для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон»

Для организации когенерации на котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска подберём паровую винтовую машину. Отпуск пара потребителям осуществляется через редукционную установку, которая рассчитана на редуцирование всего пара, поступающего в ЦТП. Давление пара на входе в ЦТП = 14,74 кгс/см², снижение давления пара производится редукционными клапанами с $p_1 = 14,74$ кгс/см² до $p_2 = 12,00$ кгс/см², $G = 14,0$ т/ч, затем давление снижают с $p_1 = 12,00$ кгс/см² до $p_2 = 6,00$ кгс/см², $G = 4,250$ т/ч и с $p_1 = 6,00$ кгс/см² до $p_2 = 2,00$ кгс/см², $G = 2,250$ т/ч. Мы наблюдаем, как в редукционных устройствах бесполезно теряется потенциальная энергия пара. Для решения этой проблемы паровая винтовая машина ПВМ-250 устанавливается на паропроводе параллельном редукционному клапану, который предназначен для уменьшения давления с $p_1 = 12,00$ кгс/см² до $p_2 = 6,00$ кгс/см². Тем самым полезно используется перепад давления пара для выработки электроэнергии. Паровая винтовая машина была подобрана в соответствии с основными параметрами и техническими характеристиками турбогенератора ПВМ-250.

Заключение

Таким образом, ПВМ может эффективно применяться для производства электроэнергии в котельных, реконструированных в мини-ТЭЦ, при срабатывании перепада давления пара. В качестве примера была подобрана ПВМ для котельной завода газосиликатных изделий «Теплон» г. Ульяновска. Паровая винтовая машина в диапазоне мощности от 250 до 1000 кВт обладает значительными техническими преимуществами перед паровой турбиной по эффективности, габаритам и стоимости.

Список литературы

1. Березин С. Р. Паровая винтовая машина как средство энергосбережения / Березин С. Р., Боровков В. М., Ведайко В. И., Богачева А. И. // Новости теплоснабжения. – 2009. – № 7 (107). – С. 23–26.
2. Боровков В. М., Бородин О. А. Паровая винтовая машина для использования в малой энергетике // Новости теплоснабжения. – 2006. – № 2. – С. 28–33.
3. Григорьев В. Н., Богачёва А. И. Перевод котельной в режим мини-ТЭЦ на базе паровинтовой турбины // Новости теплоснабжения. № 9 (193). 2016 г.

4. ООО "Экополис Сертификация и Сервис". – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecopolis04.ru/site/83> (дата обращения 12.04.22).
5. Чурашев В. Н. Мини ТЭЦ – перспективное направление развития энергетики Новосибирской области / Чурашев В. Н., Маркова В. М. // Актуальные проблемы развития Новосибирской области и пути их решения: сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч.1: Проблемы и перспективы экономического развития Новосибирской области / ред. А. С. Новоселов, А. П. Кулаев. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. – 2014. – С. 138–161.

Transfer of the industrial heating boiler house to the mini-CHP mode using a steam screw machine

Orlov M. E., * Vinaykina I. V.

*Ulyanovsk State Technical University
432027, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets st., 32*

In order to save energy, the possibilities of using a steam screw machine (PVM) in industrial heating boilers to obtain their own electrical energy are considered. The use of this power plant significantly increases the efficiency of boiler houses and is an energy-saving solution. The steam screw machine makes it possible to efficiently utilize the excess thermal energy of uselessly reduced steam and obtain electrical energy, without additional fuel combustion. The progressiveness of the idea of screw machines lies in the invariably directed (rotational) movement of the working organs of the machine. The absence of reciprocating parts in the PVM makes it possible to realize high speeds of rotation of the rotors, which ensures relatively high performance with small dimensions. As a result, the device and the principle of operation of the PVM were considered, the main advantages of this installation over low-power steam blade turbines were highlighted, problems during the operation of the installation were described and possible solutions were given. The selection of a steam screw machine for the boiler room of the Teplon gas silicate products plant in Ulyanovsk was also carried out.

Keywords: steam screw machine, mini-CHP, cogeneration, electric energy.