

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Использование вторичных тепловых ресурсов для производства электроэнергии

Пономаренко И. С., Лунин А. И., кандидаты техн. наук,
Крупович А. Ю., Першин В. О., Пономаренко О. И., инженеры

НИУ “МЭИ”, Москва

Аксенов Д. А., инж.

НО “Институт проблем энергоэффективности”, Москва

Кондратенко Р. О., инж.

ООО «НПФ “Энергоконтроль”», Москва

Рассмотрены вопросы производства электроэнергии на автономных установках, использующих тепловые вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Изложены их принцип действия и особенности функционирования. Указана одна из важнейших проблем — обеспечение устойчивости их работы в переходных динамических режимах. Предложены методы ее решения путем использования блоков аккумуляторных батарей.

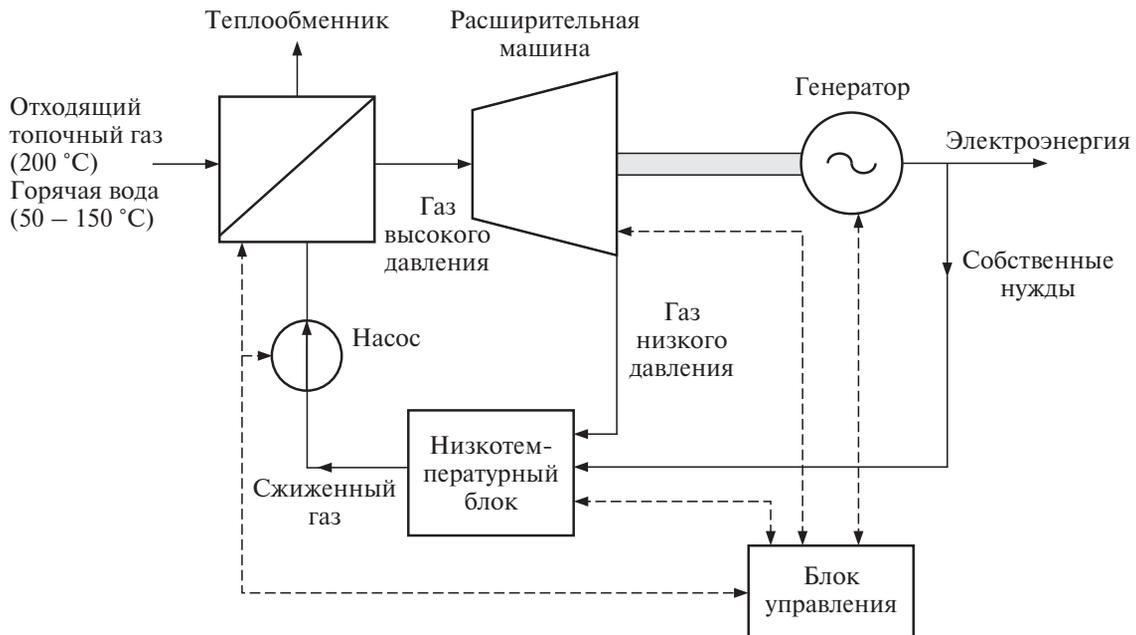
Ключевые слова: вторичные энергоресурсы, излишки теплоты, производство электроэнергии, резервирование энергоснабжения.

Для обеспечения эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) необходимо, в частности, решить проблему утилизации ВЭР. В настоящее время котельные расходуют на отопление только около 80 % теплоты ТЭР, остальная низкотемпературная теплота выбрасывается в атмосферу вместе с дымовыми газами. Еще больше ее теряется в различных термических печах, в химическом производстве и т. д. Газотурбинные и газопоршневые установки малой мощности полезно используют лишь 25 – 50 % вырабатываемой теплоты, остальное выбрасывается в атмосферу, дополнительно ее загрязняя.

Вместе с тем существует проблема, связанная с необходимостью резервирования энергоснабжения для обеспечения безопасности функционирования наиболее важных потребителей электрической и тепловой энергии (пожарных систем, особо ответственных технологических процессов, лифтов, больниц, детских учреждений) в экстремальных ситуациях (классический пример нарушения обеспечения энергообеспечения — отключение электроэнергии в Москве в мае 2005 г., когда в результате каскадного развития аварии в энергосистеме большая часть города и не-

сколько близлежащих областей и районов остались без электроэнергии на несколько часов). В связи с этим возникает необходимость создания систем резервирования электроснабжения наиболее важных объектов с помощью независимых альтернативных источников электроэнергии на основе использования ВЭР, которая позволит решить обе эти проблемы.

Попытки использования ВЭР, в том числе низкотемпературной теплоты, предпринимались и ранее. Известны геотермальные электростанции с комбинированным циклом, детандер-генераторные агрегаты для производства электроэнергии при утилизации избыточного давления природного газа, установки с низкокипящим теплоносителем, например, бутаном и пентаном и т. д. В настоящее время американская компания “Infinity Turbine” выпускает установки мощностью от 5 до 250 кВт, работающие на излишках горячей воды с температурой 120 °С. Однако они имеют существенные недостатки, и в первую очередь — по ценовой составляющей. Известны также установки (так называемые бутановые контуры) единичной мощностью 1 МВт и более, созданные Санкт-Петербургской компанией ООО “Комтек-ин-



жиниринг”. Но помимо того, что в качестве рабочего тела в них используется пожароопасный газ бутан, они характеризуются еще целым рядом других недостатков и поэтому также не получили широкого применения.

Специалисты НИУ “МЭИ”, ООО «НПФ “Энергоконтроль”» и НО “Институт проблем энергоэффективности” совместно разработали технологию [1 – 3], позволяющую утилизировать низкопотенциальную теплоту ВЭР котельных (выбрасываемую с дымовыми газами), различных термических печей и другого аналогичного промышленного оборудования. Были созданы специализированные установки низкопотенциальной генерации электроэнергии (УНГЭ) единичной мощностью 5, 30 и 100 кВт, для функционирования которых не требуется дополнительного природного газа, изменения режимов теплоснабжения потребителей, а также других режимов работы оборудования. Используемые ВЭР выбрасываются в окружающую среду летом при температуре + 50 °С (температуре кипения теплоносителя). Производимая на указанных установках электроэнергия может являться резервным источником питания для наиболее важных производственных объектов при различных системных авариях в электрических сетях электроснабжающей организации.

Принцип работы рассматриваемой установки основан на термодинамическом цикле Ренкина, в котором в качестве рабочего тела вместо классического пара применяется специально подобранная смесь газов. Укрупненная структурная схема УНГЭ на основе ис-

пользования ВЭР представлена на рисунке. В состав установки входят следующие основные компоненты:

теплообменник, предназначенный для передачи теплоты вторичных энергоресурсов (отходящих топочных газов, вторичной сетевой воды и т. д.) в теплоту и испарение рабочего тела;

рабочее тело — специально подобранная смесь негорючих, озонобезопасных газов;

расширительная машина для преобразования энергии рабочего тела в энергию вращательного движения вала;

генератор для выработки электроэнергии (его вал жестко связан с валом расширительной машины с помощью соединительной муфты);

низкотемпературный блок для охлаждения рабочего тела до состояния охлажденной жидкости;

жидкостный насос для создания заданного давления рабочего тела в теплообменнике и перед турбиной;

блок управления — электронно-цифровой блок для контроля, мониторинга и управления установкой во всех режимах работы.

При практическом использовании УНГЭ одной из наиболее важных является задача обеспечения их устойчивой работы в следующих динамических режимах:

- при параллельной работе с энергосистемой;
- при параллельном функционировании нескольких изолированно работающих установок;
- при пуске установки, при резком изменении (наборе и сбросе) нагрузки, соизмери-

мой с мощностью самой автономно работающей установки.

Дело в том, что изменение нагрузки при автономной работе УНГЭ соизмеримо с их мощностью, а реакция системы подачи теплоты от теплоносителя в рабочее тело инерционна. С учетом малого инерционного момента самой установки указанная задача становится нетривиальной. Без ее решения поддержание нормативного качества электроэнергии у потребителей проблематично, как и надежное непрерывное функционирование установки в целом.

Один из способов решения этой задачи — использование аккумуляторного блока (АБ) соответствующей мощности в сочетании с управляемым инвертором. Система управления спроектирована таким образом, что при скачкообразном увеличении нагрузки в первый момент времени дополнительная мощность поступает от АБ, постепенно уменьшаясь по мере “разворота” установки до нового стационарного режима с учетом ее инерционности. При сбросе нагрузки система должна работать в режиме “наоборот”, потребляя избыточную мощность на подзарядку АБ.

Как показывают предварительные расчеты, применение подобных установок для котель-

ных в крупных городах окупается в течение одного отопительного сезона. Для объектов промышленности срок окупаемости составляет около 3 лет. При сравнении расходов на создание УНГЭ со стоимостью присоединения к энергосистеме и создания технических условий его реализации (оборудования подстанций и прокладки кабельных сетей) оказывается, что они сопоставимы, и более значимым становится преимущество собственного производства электроэнергии при отсутствии потребления ТЭР.

Список литературы

1. **Новые** технологии утилизации низкотемпературных вторичных энергоресурсов / И. С. Пономаренко, Д. А. Аксенов, Н. Н. Крупович и др. — Промышленная энергетика, 2008, № 8.
2. Лунин А. И., Могорычный В. И., Коваленко В. Н. Применение многокомпонентных рабочих тел в низкотемпературной технике. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. Кормилицын В. И., Аксенов Д. А., Пономаренко И. С. Повышение энергоэффективности при использовании вторичных топливно-энергетических ресурсов. — Энергосбережение и водоподготовка, 2011, № 1.

eris@erisnrf.ru