

УДК 621.182

Б.Д. БИЛЕКА, Л.К. ГАРКУША

Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ГАЗОПОРШНЕВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Рассмотрены вопросы независимого повышения и регулирования тепловой нагрузки когенерационных установок с газопоршневыми двигателями. Независимое повышение и регулирование тепловой нагрузки когенерационных установок могут быть осуществлены повышением теплового потенциала продуктов сгорания в утилизаторе путем применения подтопа. Возможны две модификации теплового регулирования – количественное регулирование и качественное. При количественном регулировании в результате подтопа в утилизаторе возрастает как расход продуктов сгорания, так и температура. При качественном регулировании расход продуктов сгорания практически остается постоянным. Проведены исследования и сформулированы рекомендации по применению двух модификаций подтопа.

когенерационная установка, газопоршневой двигатель, котел-утилизатор, подтоп, тепловая мощность, коэффициент использования теплоты топлива, количественное регулирование, качественное регулирование, газодинамическое сопротивление

Введение

Внедрение когенерационных технологий в коммунальном хозяйстве Украины связано со специфическими условиями, обусловленными недостатком финансирования, промышленных площадей для размещения оборудования, практической нерешенностью вопроса об участии когенерационных установок в производстве сетевой электрической и тепловой энергии, жестким лимитом на окупаемость установок и пока не полностью решенных вопросов, связанных с сезонностью работы коммунальных котельных [1].

В этих условиях, очевидно, должны находить и практически уже находят применение наиболее простые, компактные и оптимальные для существующих условий когенерационные установки, при которых максимально сокращены капитальные и эксплуатационные затраты.

В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют когенерационные установки в модульном исполнении – газопоршневой двигатель с котелом-утилизатором. По этому пути в настоящее время идет большинство разработчиков когенерационных установок для коммунальных предприятий.

1. Формулирование проблемы

Одним из недостатков модульных когенерационных установок является ограниченность возможности эффективного регулирования тепловой нагрузки в связи с жесткой зависимостью тепловой нагрузки от электрической у модульных когенерационных установок. Кроме вопросов регулирования, в ряде случаев существует проблема необходимости увеличения тепловой мощности когенерационной установки без увеличения электрической мощности, особенно характерная при использовании газопоршневого двигателя, при которой тепловая мощность когенерационной установки фактически паритетна электрической. Эта проблема особенно обостряется при ограничениях на производство электроэнергии в связи с дискриминацией при приеме избыточной электроэнергии когенерационных установок в сеть.

2. Методы решения проблемы

Для решения проблемы вывода когенерационной установки на необходимую тепловую мощность, а также для регулирования тепловой нагрузки может

быть использован подтоп, который может быть осуществлен путем установки вне модуля дополнительной камеры сгорания, высокотемпературные уходящие газы из которой подмешиваются к выхлопным газам ГПД перед котлом-утилизатором, (рис. 1). Это позволяет повысить тепловую мощность котла-утилизатора.

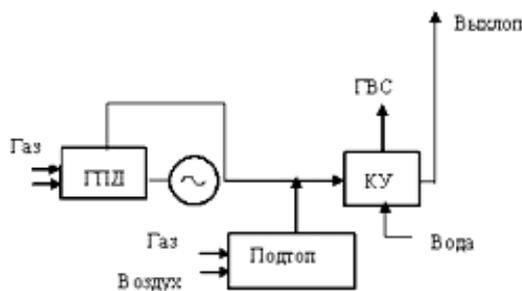


Рис. 1. Схема КГУ с подтопом

Подтоп связан с дополнительной затратой топлива и оказывает влияние на характеристики когенерационной установки. Степень этого влияния зависит от величины подтопа, которая может быть выражена коэффициентом подтопа K_n , представляющим отношение величины подтопа к тепловой мощности двигателя при номинальном режиме его работы:

$$K_n = N_n / N_{q\partial},$$

где N_n – мощность подтопа; $N_{q\partial}$ – тепловая мощность двигателя.

Ниже приведены результаты анализа влияния подтопа на характеристики когенерационной установки на базе газопоршневого двигателя J320 GS (мощность 1063 кВт) компании GE Energy Jenbacher Division в диапазоне изменения коэффициента подтопа (0,2...0,8).

Непосредственно подтоп влияет на работу котла-утилизатора, номинальный режим работы которого рассчитан на параметры продуктов сгорания двигателя. Повышение за счет подтопа расхода и температуры продуктов сгорания перед котлом-утилизатором приводит к повышению температуры уходящих газов, что обуславливает увеличение потери с уходящими газами. Однако при этом возрастает

средняя температура и скорость газов в утилизаторе, что приводит к интенсификации процесса теплообмена, росту КПД утилизатора и производства целевой тепловой энергии. В результате, несмотря на рост потребления топлива когенерационной установкой, в указанном диапазоне изменения коэффициента подтопа КИТТ практически остается равным таковому при номинальном режиме установки. При этом доля КИТТ на производство электроэнергии (K_e) с увеличением подтопа падает, а на производство тепловой энергии (K_q) возрастает (рис. 2).

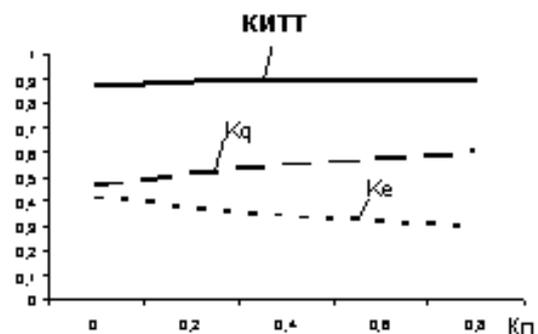


Рис. 2. Эффективность КГУ с подтопом

Подтоп может осуществляться в двух модификациях, в зависимости от того, какой вид регулирования применяется в когенерационной установке – количественное регулирование или качественное. При количественном регулировании температура продуктов сгорания T_n на выходе из подтопочного устройства остается постоянной, а расход продуктов сгорания G_n возрастает с ростом целевой тепловой нагрузки (рис. 3).

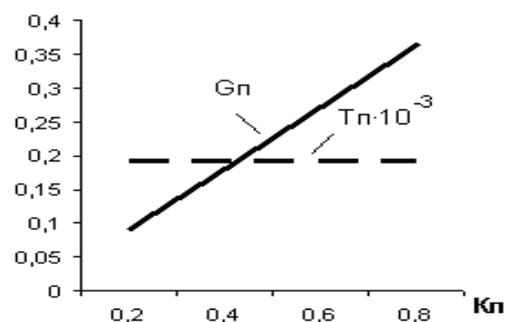


Рис. 3. Подтоп при количественном регулировании

При количественном регулировании в результате подтопа возрастают как температура, так и расход продуктов сгорания на входе в котел-утилизатор, что обеспечивает повышение целевой тепловой нагрузки практически при неизменном значении КИТТ. Однако рост расхода и температуры продуктов сгорания при подтопе ведут к росту газодинамического сопротивления утилизатора и соответственно к росту противодавления за двигателем, что ограничивает возможности применения подтопа и лимитирует диапазон количественного регулирования. В рассмотренном примере при $Kn = 0,8$ практически исчерпываются возможности дальнейшего увеличения целевой тепловой мощности КГУ путем количественного регулирования.

При качественном регулировании подтоп осуществляется при практически постоянном расходе продуктов сгорания G_n . При этом расход воздуха в подтопочном устройстве соответствует максимальной возможной тепловой нагрузке когенерационной установки и остается постоянным в процессе регулирования. Тепловое регулирование осуществляется путем изменения температуры в подтопочном устройстве регулированием подачи топлива в камеру сгорания. Расход продуктов сгорания в подтопочном устройстве при этом практически не изменяется, поскольку их основными составляющими являются компоненты воздуха. На рис. 4 представлены зависимости расхода продуктов сгорания и температуры в подтопочном устройстве.

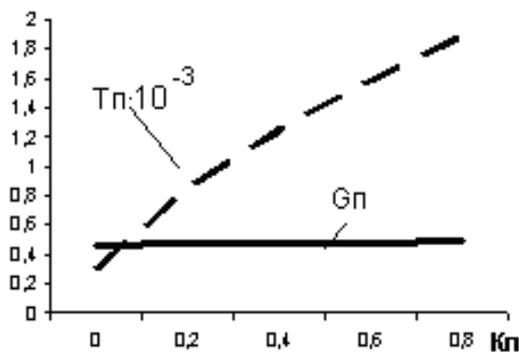


Рис. 4. Подтоп при качественном регулировании

В результате на входе в котел-утилизатор расход продуктов сгорания практически остается постоянным, и изменение тепловой мощности котла осуществляется только за счет изменения температуры.

При качественном регулировании изменение скорости газов в котле менее значительно, чем при количественном, что обуславливает и менее значительное изменение газодинамического сопротивления тракта. Это позволяет значительно расширить возможный диапазон регулирования тепловой мощности КГУ, что в ряде случаев может быть необходимым.

Недостатком качественного регулирования является необходимость проектирования котла на значительно больший расход продуктов сгорания, что увеличивает его металлоемкость и стоимость, а также уменьшение КИТТ (примерно на 2%).

Заключение

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что подтоп является достаточно надежным и простым средством, обеспечивающим независимое регулирование тепловой мощности КГУ. При этом при узком диапазоне регулирования предпочтительным является количественное регулирование. При широком диапазоне – качественное регулирование является безальтернативным.

Литература

1. Билека Б.Д., Гаркуша Л.К., Кабков В.Я. К выбору энергетического оборудования когенерационных установок малой и средней мощности // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: Материалы 15-й конф. стран СНГ с междунар. участием. – К., 2005. – С. 57-64.

Поступила в редакцию 21.05 2008

Рецензент: чл.-корр. НАН Украины Н.М. Фиалко, Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев.