



АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ СХЕМ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Е. І. Дмитроченкова, С. І. Монах, С. М. Орлов

*Донбаська національна академія будівництва й архітектури,
буд. 2, вул. Державіна, Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.
e-mail: ellya_81@mail.ru*

Отримана 10 вересня 2009; прийнята 25 вересня 2009

Анотація. У статті наведені дані про стан децентралізованого виробництва теплової й електричної енергії на території України, а також критерій вибору приводу для електрогенератора, у якості якого може бути використаний як двигун внутрішнього згоряння, так і газотурбінна установка. Розглянуто схеми когенераційних установок: на базі двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) і двох утилізаторів, на базі ДВЗ і водогрійного котла, на базі ДВЗ і конденсаційного блоку, на базі ДВЗ і парової турбіни малої потужності й комбінована схема з паровим і водогрійним котлом. Доведено, що при виборі типу устаткування необхідно визначати ефективність різних схемних рішень установки в цілому на основі аналізу їхніх теплових балансів. При цьому визначаються показник енергетичної ефективності - коефіцієнт використання теплоти палива, а також основні вузли, у яких відбуваються найбільші втрати енергії. У результаті проведеного аналізу встановлено, що найбільш ефективною з розглянутих схем є схема когенераційної установки на базі ДВЗ і водогрійного котла.

Ключові слова: система тепlopостачання, когенераційна установка, двигун внутрішнього згоряння, тепловий баланс, коефіцієнт використання палива.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Э. И. Дмитроченкова, С. И. Монах, С. М. Орлов

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
д. 2, ул. Державина, Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.
e-mail: ellya_81@mail.ru*

Получена 10 сентября 2009; принята 25 сентября 2009

Аннотация. В статье приведены данные о состоянии децентрализованного производства тепловой и электрической энергии на территории Украины, а также критерий выбора привода для электрогенератора, в качестве которого может быть использован как двигатель внутреннего сгорания, так и газотурбинная установка. Рассмотрены схемы когенерационных установок: на базе двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и двух утилизаторов, на базе ДВС и водогрейного котла, на базе ДВС и конденсационного блока, на базе ДВС и паровой турбины малой мощности и комбинированная схема с паровым и водогрейным котлом. Доказано, что при выборе типа оборудования необходимо определять эффективность различных схемных решений установки в целом на основе анализа их тепловых балансів. При этом определяется показатель энергетической эффективности - коэффициент использования теплоты топлива, а также основные узлы, в которых происходят наибольшие потери энергии. В результате проведенного анализа установлено, что наиболее эффективной из рассмотренных схем является схема когенерационной установки на базе ДВС и водогрейного котла.

Ключевые слова: система теплоснабжения, когенерационная установка, двигатель внутреннего сгорания, тепловой баланс, коэффициент использования топлива.

ANALYTICAL RESEARCHES OF BLOCK DIAGRAMS COGENERATION INSTALLATIONS FOR SYSTEMS OF HEAT SUPPLY

E. I. Dmitrochenkova, S. I. Monah, S. M. Orlov

*The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzhavin Street 2, Makeyevka, Donetsk region, Ukraine, 86123.*

e-mail: ellya_81@mail.ru

Received 10 September 2009; accepted 25 September 2009

Abstract. Data of the decentralized manufacture state of thermal and power energy on Ukraine territories, have been given as well as criterion of a drive choice for the electric generator which can be used both an internal combustion engine, and gas-turbine plant are cited in the clause. Schemes cogeneration installations are considered on the basis of an internal combustion engine and two utilizes, on the basis of an internal combustion engine and a water-heating boiler, on the basis of an internal combustion engine and condensation block, on the basis of an internal combustion engine both the steam turbine of low power and the combined scheme with a steam and water-heating boiler. It is proved that while choosing the type of the equipment it is necessary to define the efficiency of various scheme of installation solutions as a whole on the basis of the analysis of their thermal balances. An addition to that power efficiency - operating ratio index is defined of fuel heat, as mellas the basic units in which there are the greatest losses of energy. As a result of the carried out analysis it is established that the most effective of the considered schemes is the cogeneration installations one on the basis of an internal combustion engine and the water-heating boiler.

Keywords: system of heat supply, cogeneration installation, an internal combustion engine, thermal balance, operating ratio of fuel.

Введение

На сегодняшний день в Украине централизованное производство энергии на базе ТЭЦ Минтопэнерго и промышленных предприятий составляет 15% от суммарного производства энергии. Что же касается децентрализованного комбинированного производства энергии (когенерации), то этот показатель едва достигает 0,5% от производства энергии Минтопэнерго (в Европе же он составляет 18%), несмотря на то, что применение когенерационных технологий достаточно обширно, начиная с применения их в топливных элементах до использования ресурса атомных энергоблоков путем их надстройки газотурбинными установками. На сегодняшний день наибольшее распространение когенерационные системы получили в так называемой «малой» или децентрализованной энергетике [1].

Основная часть

В качестве привода для электрогенератора в системах когенерации, как правило, служат двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинные установки (ГТУ) [2].

Выбор того или иного типа двигателя, в первую очередь, обусловлен суточной и месячной потребностью каждого вида энергии для конкретного объекта. Сравнение турбинных и поршневых двигателей показывает, что установка ГТУ наиболее выгодна на крупных промышленных предприятиях, которые имеют значительные (более 8-10 МВт) электрические нагрузки, собственную производственную базу, высококвалифицированный персонал для эксплуатации установки, ввод газа высокого давления. Установки на базе ГПД, как правило, используют для получения электрической мощности до 5-10 МВт, и поэтому они

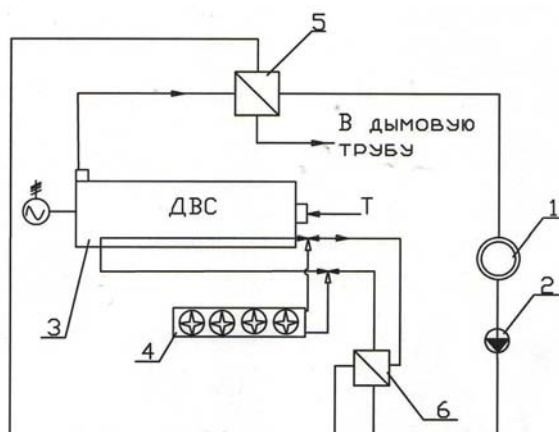


Рис. 1. Тепловая схема работы когенерационной установки на базе ДВС и двух утилизаторов: 1 – потребитель тепловой нагрузки, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, 6 – утилизатор контура охлаждения двигателя, Т – подача топлива.

перспективны для использования в качестве основного источника тепловой и электрической энергии на предприятиях самого широкого диапазона деятельности: в сфере обслуживания, предприятиях пищевой, деревообрабатывающей и химической промышленности, в сельском хозяйстве [3,4].

При выборе типа оборудования необходимо определять эффективность различных схемных решений установки в целом на основе анализа ее теплового баланса. При этом определяется показатель энергетической эффективности – коэффициент использования теплоты топлива, а также основные узлы, в которых происходят наибольшие потери энергии. Таким образом, разработанная методика анализа тепловой эффективности когенерационных схем на базе различного энергогенерирующего оборудования поможет решить задачу выбора этого оборудования.

Институтом технической теплофизики было рассмотрено несколько тепловых схем когенерационных установок. На базе опубликованных данных [5] проведен анализ эффективности основных тепловых схем когенерационных установок (КУ), пригодных для использования в системах теплоснабжения.

В качестве первого варианта рассмотрена схема когенерационной установки на базе ДВС и пассивных утилизаторов теплоты.

На основе анализа теплового баланса приведенной схемы получено, что основные тепловые потери приходятся на теплообменники утилизации теплоты уходящих газов и контура охлаждения двигателя, с уходящими из ДВС газами. Суммарные тепловые потери составляют 16,4%. Коэффициент использования теплоты топлива равен 86,2%.

Далее к рассмотрению была принята когенерационная установка на базе двигателя внутреннего сгорания и водогрейного котла. Ее упрощенная схема представлена на рисунке 2.

В схеме 2 уходящие газы после ДВС поступают в водогрейный котел непосредственно, или происходит предварительный подогрев питательной воды. Для расчета теплового баланса был выбран водогрейный котел КВ-ГМ-30 из условий, что доля уходящих газов ДВС составит не более 10% от массового расхода уходящих газов котла. Таким образом, водогрейный котел служит утилизатором выхлопа ДВС. Двигатель служит надстройкой водогрейной котельной.

В данном случае основные потери теплоты топлива связаны с химической и механической неполнотой сгорания топлива в котле, а также от наружного охлаждения котельного агрегата и потерей тепла с уходящими газами. КИТ этой схемы составляет 93%, это обусловлено достаточно высоким КПД водогрейного котла – 91,2%. При установке теплообменника глубокой утилизации теплоты уходящих газов КИТ схемы возрастает до 95,1%, потери с уходящими газами составят 840 кВт или 2%. Температура уходящих газов снизится до 60°С, при этом необходимо стальное исполнение дымовой трубы.

Следующей схемой является надстройка парового конденсационного блока когенерационной установкой на базе ДВС (рис. 3).

В ней уходящие газы после ДВС поступают в паровой котел непосредственно или происходит предварительный подогрев питательной воды. Далее пар после котла Е-75-3,9-440ГМ (БКЗ 75-3,9ГМА-2) поступает в конденсационные турбины К-6-35 и К-12-35.

С точки зрения использования теплоты топлива конденсационный блок, содержащий турбины, в которых отсутствуют отборы пара, является малоэффективным. Основные потери

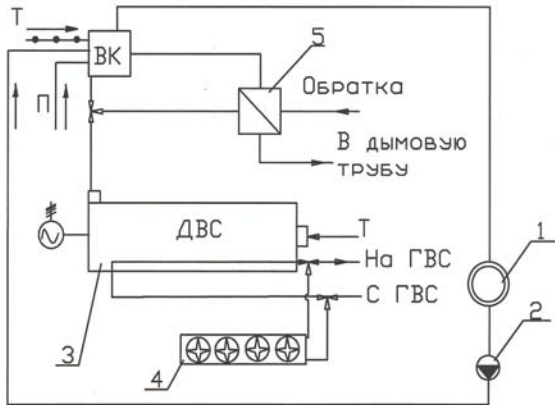


Рис. 2. Тепловая схема работы когенерационной установки на базе ДВС и ВК: 1 – потребитель тепловой нагрузки, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, ВК – водогрейный котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой.

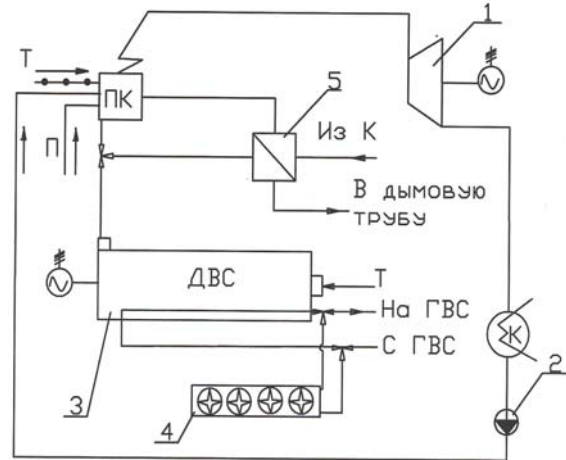


Рис. 3. Тепловая схема работы когенерационной установки на базе ДВС и конденсационного блока: 1 – паровые турбины, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, ПК – паровой котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой, К – конденсатор.

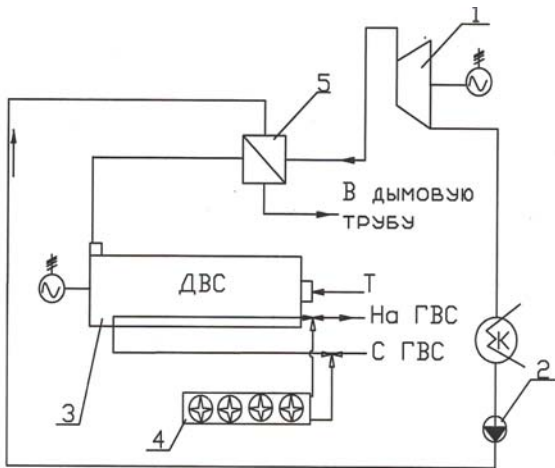


Рис. 4. Тепловая схема работы когенерационной установки на базе ДВС и паровой турбины малой мощности: 1 – паровые турбины, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, К – конденсатор.

приведенной схемы сосредоточены в конденсаторе и конденсационных турбинах, что обусловлено их невысоким КПД. Коэффициент использования теплоты топлива такой схемы составляет 24,3%. Надстройка двигателем внутреннего сгорания и котлом – утилизатором позволила повысить КИТ схемы на 1,3%.

Следующая анализируемая схема работает при условии, что уходящие газы после ДВС

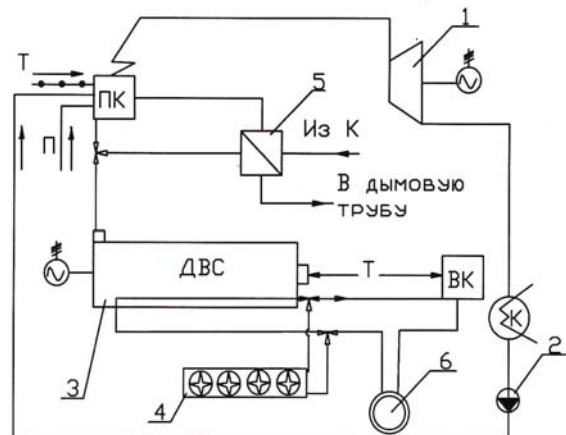


Рис. 5. Тепловая схема работы когенерационной установки на базе ДВС, ПК и ВК: 1 – паровые турбины, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, 6 – потребитель тепловой нагрузки, ПК – паровой котел, ВК – водогрейный котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой, К – конденсатор.

направляются на производство пара для паровой турбины малой мощности (рис. 4).

Реализация такой схемы возможна в тех случаях, когда вся тепловая нагрузка неостребованная или существует сезонное потребление теплоты. При сезонном потреблении всей теплоты возможно отключение паровой

турбины и пар после утилизатора поступает потребителю. Тепловой баланс такой схемы аналогичен балансу схемы на базе ДВС и пассивных утилизаторов теплоты, с той лишь разницей, что, используя теплоту уходящих газов, получаем 150 кВт электрической мощности на клеммах генератора паровой турбины. КИТ вышеприведенной схемы составляет 68,7%.

В качестве заключительной схемы приведем комбинированную схему с паровым и водогрейным котлом (рис. 5). Утилизация уходящих газов происходит в паровом котле, а теплота контура охлаждения двигателя используется для предварительного подогрева питательной воды водогрейного котла. Воздушный охладитель (4) во всех схемах используется для аварийного сброса теплоты контура охлаждения двигателя.

Так как паровые турбины в этой схеме являются конденсационными, то основные потери схемы сосредоточены в основных узлах парового контура. Коэффициент использования теплоты топлива комбинированной схемы составляет 4,8%.

Заключение

Проведенный анализ показал, что наиболее эффективной для систем теплоснабжения, с точки зрения использования топлива, является тепловая схема когенерационной установ-

ки на базе ДВС и ВК. Это связано с высоким КПД водогрейного котла. В такой схеме когенерационная установка может быть использована для покрытия собственных электрических нужд котельной и увеличения теплового КПД котельного агрегата. Это убедительно доказывает целесообразность использования когенерационных установок данного типа в коммунальной энергетике.

Литература

1. Клименко В.Н. Проблемы когенерационных технологий в Украине// Промышленная теплотехника – 2001 – т.23, №4-5 – с.106-110.
2. Басок Б.И., Базеев Е.Т., Диденко В.М., Коломейко Д.А. Анализ когенерационных установок. Часть I. Классификация и основные показатели.// Промышленная теплотехника – 2006 – т.28, №3 – С.83-89.
3. 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 XV конференции стран СНГ с международным участием. – Киев, 2005. – С.57-64.
4. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. За редакцією Долінського А.А., Баска Б.І. та ін. – Київ, 2007. -360 с.
5. Басок Б.И., Коломейко Д.А. Анализ когенерационных установок. Часть III. Сравнительный анализ схемных решений когенерационных установок.// Промышленная теплотехника – 2006. – т.28, №5 – С.76-82.

Дмитроченкова Елла Игорівна – асистент кафедри «Теплотехніка, теплогазопостачання і вентиляція» Донбаської національної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: проблеми застосування когенерационних технологій для систем теплопостачання.

Монах Світлана Игорівна – к.т.н., доцент кафедри «Теплотехніка, теплогазопостачання й вентиляція» Донбаської національної академії будівництва й архітектури. Наукові інтереси: системи теплопостачання, тепло- і паливо-використовувальні установки.

Орлов Станіслав Михайлович – к.т.н., доцент кафедри «Електротехніка й автоматика» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: автоматизація процесів й апаратів систем ТГВ.

Дмитроченкова Элла Игоревна – ассистент кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проблемы применения когенерационных технологий для целей теплоснабжения.

Монах Светлана Игоревна – к.т.н., доцент кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: системы теплоснабжения, тепло- и топливоиспользующие установки.

Орлов Станислав Михайлович – к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и автоматика» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: автоматизация процессов и аппаратов систем ТГВ.

Dmitrochenkova Ella Igorevna an assistant of the “Heat Engineering, Heat and Gas Supply, Ventilation” Chair of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: problems of application cogeneration technologies for the purposes of a heat supply.

Monakh Svetlana Igorevna – candidate of technical science, assistant professor of the “Heat Engineering, Heat and Gas Supply, Ventilation” Chair of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: systems of a heat supply, installations, which use heat and fuel.

Orlov Stanislav Mikhaylovich – candidate of technical science, assistant professor of the “Electrical Engineering and Automation” Chair of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: automization of processes and devices of heat gas supply and ventilation systems.