

К вопросу создания эффективных автоматизированных систем для получения энергии

Харитонов А.Ю., Аверин Г.В.
Донецкий национальный технический университет
ka@cs.donntu.edu.ua

Kharytonov A., Averin G. To the question of effective automated systems creation in order to get the energy. In this article the variant of the automated technical system is offered for the effective receipt of energy. The described device has the most of the same types automated elements and allows to develop the power systems with more considerable part of intellectualization.

В начале третьего тысячелетия человечество столкнулось с серьезными энергетическими проблемами. Несмотря на постоянное увеличение мощности энергетических станций, стоимость энергии растет, что отражает тенденцию роста себестоимости энергетических ресурсов. Одновременно с увеличением производства энергии растут и выбросы парниковых газов, которые, как считают специалисты, являются основной причиной изменения климата. Влияние климатических изменений на природу и общество уже сегодня сказывается в мировом масштабе. Согласно научным данным [1,2,3], средняя температура на планете увеличилась на $0,8^{\circ}\text{C}$ по сравнению с периодом начала XIX века. В ближайшие 50 лет ожидается повышение средней глобальной температуры на $1,8$, а по некоторым неблагоприятным прогнозам и на $6,4^{\circ}\text{C}$ [3]. Это приведет к катастрофическим изменениям на планете.

Выбросы двуокиси углерода (CO_2) составляют около 80% от общего объема парниковых газов. Самый высокий уровень выбросов CO_2 на душу населения приходится на США – 24 тонны $\text{CO}_2/\text{чел}$, в странах Европы в 2000 – 2004 годах выбросы составляли от 5 до 11 тонн $\text{CO}_2/\text{чел}$, а в Украине – 8,7 тонн $\text{CO}_2/\text{чел}$ [3]. Динамика выбросов парниковых газов на Украине представлена на рисунке 1.

Согласно оценкам, в странах Восточной Европы и Центральной Азии 67% общего объема парниковых газов связано с деятельностью теплоэнергетических установок [4]. В Украине доля выбрасываемых парниковых газов в теплоэнергетике также велика, например, общее количество выбросов парниковых газов, связанных с энергетикой, в 2004 году составило 282 млн. тонн [5]. При этом удельные выбросы составляют 6 тонн парниковых газов на человека, из них на выбросы углекислого газа приходится 4,8 тонн $\text{CO}_2/\text{чел}$.

На Украине, так же как и во многих странах Восточной Европы и Центральной Азии, общее потребление энергии существенно сократилось с начала 1990-х годов. Несмотря на тенденцию

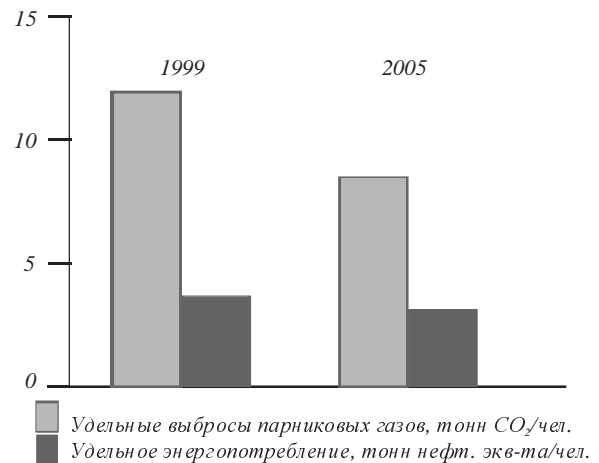


Рисунок 1 – Динамика выбросов парниковых газов в Украине

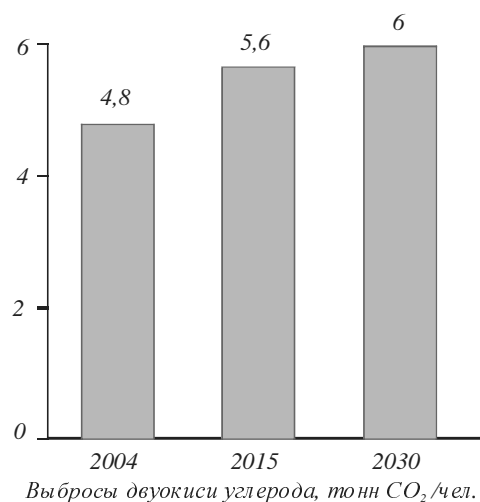


Рисунок 2 –Прогноз выбросов двуокиси углерода в энергетике Украины

роста потребления энергии с конца 1990-х годов, в 2004 году потребление энергии все же было примерно на 20 % ниже уровня 1992 года, а энер-

гоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) все еще существенно выше, чем в странах Западной Европы [6]. Это объясняется, в первую очередь, структурой экономики и преобладанием энергоемких отраслей в промышленности.

Анализ сложившейся в Украине ситуации и прогнозы на будущее показывают, что выбросы парниковых газов до 2015 года возрастут (см. рисунок 2), но их количество будет все же ниже уровня 1990 года. Основные причины снижения воздействий энергетики на окружающую среду – спад производства и затянувшийся переходный период реструктуризации экономики. Доля использования возобновляемых источников энергии (с учетом древесного топлива) пока невелика и составляет меньше 5%. Основные задачи, стоящие перед энергетикой заключаются в повышении эффективности использования энергетических и топливных ресурсов.

Политика энергосбережения в 2000-2001 годах показала возможность ежегодного сокращения энергоемкости ВВП в Украине на 4-6%. Сокращение энергоемкости ВВП ведет к уменьшению затрат в себестоимости продукции, росту заработной платы и прибыльности производства. Процессы энергосбережения, в первую очередь, должны затрагивать промышленность и топливно-энергетический комплекс [7]. Глобальные проблемы, с которыми столкнулась Украина в области повышения цен на энергоресурсы, ставят перед ней особые задачи по обеспечению энергоэффективности собственного производства.

Неизбежность инвестиций в энергетическую инфраструктуру Украины для модернизации электростанций создает условия для развития более независимого и экологически устойчивого энергетического сектора. Суммарные инвестиции в энергетическую инфраструктуру ЕС на период до 2030 года оцениваются в пределах 2 триллионов долларов США [6]. В Украине продолжительный спад потребления электроэнергии привел к образованию запаса свободных энергетических мощностей, однако этот запас, вероятно, будет исчерпан к 2010 году. В результате, в течении следующих 20–25 лет потребуются крупные инвестиции в энергетику.

Реализация стратегии повышения эффективности энергоиспользования остается нерешенной задачей. В настоящее время в экономике Украины создались условия, когда больше поддерживается увеличение предложения энергоресурсов, чем сокращение спроса на них. Для повышения эффективности энергоиспользования необходимы крупные капиталовложения в сфере производства электроэнергии, а так же в других областях экономической деятельности – на транспорте, в строительстве и в промышленности.



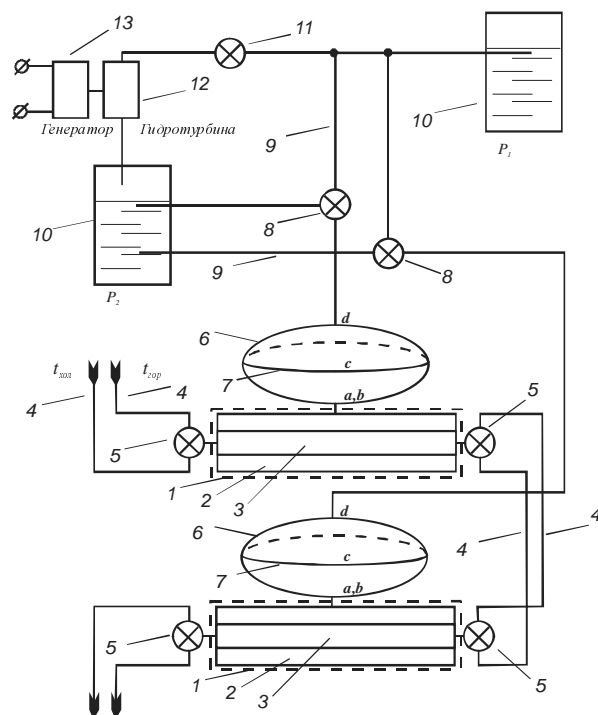
Рисунок 3 – Общее потребление энергии в Украине по источникам топлива, %

Как видно из рисунка 3, энергетика Украины имеет высокую долю производства энергии за счет использования угля и газа. При этом, несмотря на проблемы угольной отрасли Украины, прогнозируется дальнейшее увеличение использования угля, поскольку высокие цены на нефть и газ, и проблемы надежности их импорта определяют производство электроэнергии на основе сжигания угля. Это влечет за собой риск увеличения экологических воздействий на окружающую среду. Сегодня в стране повышение эффективности сжигания угля возможно только за счет кардинальной модернизации действующих электростанций.

В настоящее время в мире основной технический прогресс в теплоэнергетике идет в основном в области совершенствования процессов сжигания топлива и модернизации котельного оборудования. Считается, что технологические схемы и технические решения получения энергии в этой области давно отработаны и оптимизированы. Основной путь получения энергии – это реализация теплосилового цикла Ренкина в паросиловых установках, на основе получения пара высокого давления при высоких температурах (давление до 240 атм., температура до 600 °С). Давление перегретого пара срабатывается в турбинах, а получаемая механическая энергия передается на электрогенератор для ее преобразования в электрическую энергию. Основные недостатки данного способа получения энергии – низкий к. п. д. цикла Ренкина, большие необратимые потери, необходимость обеспечения высоких температур при сжигании топлива и использование паровых турбин большой производительности.

Известно, что современная теплосиловая паротурбинная установка, работающая по циклу Ренкина, преобразует в работу, которая отдается внешнему потребителю в виде электроэнергии, 33% тепла, выделяющегося при сжигании топлива в топке котла [8]. К. п. д. обратного цикла Ренкина составляет 0,46, но в связи с необратимостью в реальной теплосиловой установке к. п. д. на 26% ниже.

В природе преобразование энергии происходит при сравнительно небольших перепадах температур и достаточно высоких коэффициентах полезного действия. При этом преобразование энергии осуществляется децентрализованно, без реализации процессов «в одном крупном аппарате». То есть существует громадное число микрообъектов преобразования энергии, выполняющих одну и ту же функцию. Сегодня во многих областях техники считается, что децентрализация ведет к уменьшению эффективности работы технического объекта, однако этот принцип не является определяющим в автоматике. Таким образом, возможно существование эффективных процессов преобразования энергии при сравнительно невысоких температурах и мощностях в одном элементе. К. п. д. цикла Карно при температуре горячего источника $t_{гор} = 340 - 350^\circ\text{C}$ (ниже критической точки воды $t_k = 374,15^\circ\text{C}$) составляет 0,52 и это все равно выше чем к. п. д. цикла Ренкина при температуре $t_{гор} = 600^\circ\text{C}$ (к. п. д. = 0,46).



1 – парожидкостный аппарат, 2 – паровая камера, 3 – жидкостная камера, 4 – трубопроводы теплоносителя, 5 – управляемые входные клапаны, 6 – расширительная камера, 7 – подвижная мембрана, 8 – управляемые клапаны системы гидропривода, 9 – трубопроводы высокого и низкого давления, 10 – расширительные емкости, 11 – регулирующий клапан, 12 – гидротурбина, 13 – генератор

Рисунок 4 – Принципиальная схема установки

Путь перехода на более низкие температуры при получении энергии и увеличение числа элементов, производящих энергию, может быть

перспективен, однако подобные установки будут принципиально отличаться от существующих теплоэнергетических установок. Данные объекты техники в связи с наличием значительного количества однотипных элементов, работающих под управлением микропроцессорных систем контроля и управления (МСКУ), дадут возможность создать энергетические системы с более значительной долей «интеллектуализации». Это один из возможных путей разработки «умных» систем производства энергии.

Рассмотрим целесообразность реализации таких систем, позволяющих осуществлять термодинамический цикл в области влажного пара ниже критической точки.

Из термодинамики известно, что наиболее высокий КПД имеют установки, работа которых ведется по термодинамическому циклу Карно, имеющему на T-S диаграмме вид прямоугольника с двумя изотермами и двумя адиабатами. Теоретически такой цикл работы установки можно организовать ниже критической точки в парожидкостной области, но для этого нет технических устройств. Реализация этого цикла с использованием компрессорной системы и турбины, еще на заре теплоэнергетики, была отвергнута как технически нецелесообразная, в связи с крайне тяжелыми условиями работы проточных частей турбин в области влажного пара.

Термодинамический цикл с двумя изотермами и двумя изохорами имеет тот же к. п. д., что и цикл Карно. Для реализации подобного цикла предложена автоматизированная система, в которой нет паровой турбины, а есть специальные клапанные системы МСКУ, позволяющие управлять процессами теплообмена в теплообменниках и получения энергии в гидротурбине.

Предлагаемая установка (рисунок 4) работает следующим образом. Жидкий теплоноситель, при высокой температуре подается в жидкостную камеру 3 парожидкостного аппарата 1, представляющего собой трубчатую оребренную поверхность. Нагретое при высоком давлении рабочее тело (например, вода), находящееся в паровой камере 2, испаряется (отрезок $a - b - c$ на рисунке 5). По достижении рабочим телом температуры кипения и последующем испарении, пар вытесняет жидкость (водомасляную эмульсию) системы гидропривода в расширительный бак 10 высокого давления (отрезок $b - c$ на рисунке 5), воздействуя на мембрану 7 расширительной камеры 6. После этого, под управлением автоматизированной системы, закрывая клапан 8 и переключая клапаны 5 на подачу холодного теплоносителя, осуществляется изохорный процесс (отрезок $c - d$ на рисунке 5). В процессах $c - d - a$ в жидкостную камеру 2 парожидкостного аппарата 1 постоянно подается теплоноситель низкой температуры. Чередование порций горячего и холодного теплоносителя происходит таким же обра-

зом, как и в известных автоматизированных гидравлических системах – трубчатых питателях [9]. В изохорном процессе при охлаждении рабочего тела уменьшается давление, температура в парожидкостной области снижается до температуры конденсации (точка d на рисунке 5). Как только параметры процесса достигнут термодинамических параметров точки d , открывается управляющий клапан 8, который соединяет жидкостную камеру с расширительной емкостью 10 низкого давления. После этого жидкость через систему гидропривода начинает поступать в расширительную камеру. Это обеспечивает дальнейшее проведение термодинамического процесса по линии конденсации $d - a$ при низком давлении.

При достижении параметров рабочего тела, соответствующим точке a , что определяется положением мембраны 7, вентиль 8 перебрасывается на высокое давление, в связи с чем давление жидкого рабочего тела повышается. В этот момент вентили 5 включаются на подачу горячего теплоносителя и термодинамические процессы в аппарате повторяются. Таким образом, происходит постоянное перекачивание жидкости системы гидропривода из расширительной емкости низкого давления в расширительную емкость высокого давления. Для преобразования гидравлической энергии в электрическую энергию, жидкость гидропривода из емкости 10 высокого давления через гидротурбину сливается в емкость 10 низкого давления. Механическая работа гидротурбины 12 передается на электрогенератор 13.

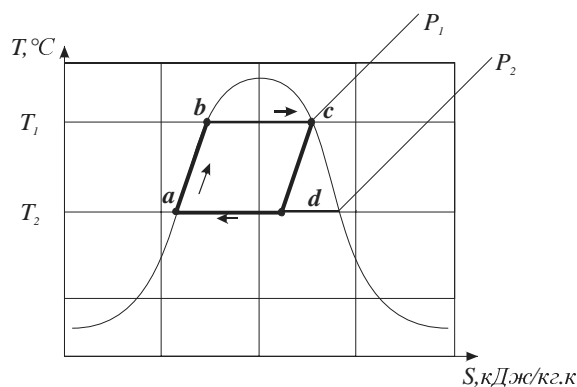


Рисунок 5 – Термодинамический цикл, реализованный в предложенной теплосиловой установке

Работа данной установки может быть осуществлена как во влажной области (описанный выше вариант), так и в газовой области. В этом случае в качестве рабочего тела может использоваться гелий. Предполагается, что теплосиловой элемент будет иметь сравнительно небольшие размеры, а количество элементов будет достаточно большое. Элементы должны комплектоваться в теплообменные аппараты, с достаточно высоким уровнем автоматизации. Рабочее давление в системе должно быть велико, чтобы обеспечить значительную плотность рабочего тела.

Предложенное техническое решение позволяет создать системы получения энергии, которые будут характеризоваться:

- увеличенным к.п.д. за счет реализации в установке более эффективного термодинамического цикла в области высоких давлений;
- использованием для привода гидротурбины жидкости гидросистемы при высоком давлении, что позволяет резко снизить размеры установки по сравнению с паровыми турбинами, за счет более высокой плотности жидкости по сравнению с паровыми турбинами;
- автоматическим управлением всех узлов и механизмов системы;
- использованием принципа децентрализации производства энергии;
- возможностью применения систем как для производства электроэнергии, так и для отопления.

Подобные технологические системы, отличающиеся высоким уровнем автоматизации, необходимой для обеспечения их работы, могут найти применение и в теплоэнергетике.

Литература

1. CRU (Climatic Research Unit), 2006. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/>.
2. GISS/NASA, 2006. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>.
3. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris, February 2007. <http://www.ipcc.ch/>.
4. EEA (European Environment Agency), 2007. EEA aggregated and gap filled air emission data (Belgrade report version), 2007, Data Services. EEA, Copenhagen.
5. OECD/IEA (Organisation for Economic Cooperation and Development/International Energy Agency), 2006c. World Energy Outlook 2006 © OECD/IEA, 2006, Reference Scenario: OECD Europe, Transition Economies and Russian Federation, pp. 505, 545, 547, as modified by the EEA.
6. OECD/IEA (Organization for Economic Cooperation and Development/International Energy Agency), 2005b. World Energy Outlook 2005.
7. Доклад о окружающей среде Донецкой области / Под ред С. Третьякова и Г. Аверина, 2007. – 116 стр.
8. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндин А. Е. Техническая термодинамика. М.– Наука, 1979. – 366 стр.
9. Kinne, F. J. Geller, W. Loser Alternative Methodeu des Kältetransportes im Steinkohlenbergbau bei übertägig angeordneten kältemaschinen. Bergbau № 12, 1990, с. 537 - 542