

13. Постанова Кабінету Міністрів № 106 від 17 квітня 2014 р. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України № 81 від 25 березня 2014 р. Про вдосконалення державної політики регулювання цін на природний газ і тарифів на теплову енергію та забезпечення посилення соціального захисту населення під час оплати житлово-комунальних послуг [Електронний ресурс] / Урядовий кур'єр. – 2014. – № 73. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/106-2014-p>
14. Раппопорт, А. Н. Практические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике (с типовыми примерами). Официальное издание [Текст] / А. Н. Раппопорт, П. В. Горюнов, Е. М. Антонова. – М.: АО «НЦПИ», 1997. – 171 с.
15. Шубенко, А. Л. Когенерационные технологии в энергетике на основе применения паровых турбин малой мощности [Текст] / А. Л. Шубенко, В. А. Маляренко, А. В. Сенецкий, Н. Ю. Бабак // – Институт проблем машиностроения НАН Украины, 2014. – 320 с.
16. Буров, В. Д. Возможности и преимущества газопоршневых установок в когенерационных автономных электростанциях [Электронный ресурс] / В. Д. Буров, А. А. Дудолин, В. В. Макаревич, Е. В. Макаревич. – Режим доступа: <http://www.manbw.ru/analytics/gazoporshnevyye-installations-cogeneration-autonomus-power-stations.html>

Розглянуто різні варіанти схем регенерації когенераційної енергетичної установки на базі газотурбінного двигуна, що працює за регенеративним циклом. Здійснено розрахунок економічних показників наведених схем. На підставі отриманих даних проведено аналіз та обрано найбільш економічний варіант теплової схеми з розрахунку найменшого значення витрати палива. Обрана схема є основою для розробки комплексної системи керування

Ключові слова: когенераційна установка, регенерація, газотурбінна установка, теплова схема, економічні показники

Рассмотрены различные варианты схем регенерации когенерационной энергетической установки на базе газотурбинного двигателя, работающего по регенеративному циклу. Проведен расчет экономических показателей представленных схем. На основании полученных данных проведен анализ и выбран наиболее экономичный вариант тепловой схемы из расчета наименьшего значения расхода топлива. Выбранная схема является основой для разработки комплексной системы управления

Ключевые слова: когенерационная установка, регенерація, газотурбинная установка, тепловая схема, экономические показатели

УДК 621.311

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.40401

ВЫБОР ЭКОНОМИЧНОЙ СХЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛА КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ю. К. Тодорцев

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: utodorcev@rambler.ru

О. С. Тарахтий

Аспирантка*

E-mail: larionova-olya@mail.ru

А. Н. Бундюк

Кандидат технических наук, доцент**

E-mail: bundyukua@mail.ru

*Кафедра автоматизации

теплоэнергетических процессов***

Кафедра учета, анализа и аудита*

***Одесский национальный

политехнический университет

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044

1. Введение

В Украине обычный (традиционный) способ получения электричества и тепла заключается в их раздельной генерации (электрическая энергия генерируется на электростанции, а тепловая – в котельной). При этом значительная часть энергии первичного топлива не используется [1–3]. Кроме того, высокая стоимость энергоресурсов и использование морально устаревшего технологического оборудования на отечественных предприятиях делает энергоёмкость продукции многократно завышенной и не конкурентоспособной. Использование технологии когенерации

позволяет значительно уменьшить общее потребление топлива и тем самым снизить энергоёмкость выпускаемой продукции [4].

Применение в когенерационных энергетических установках (КЭУ) регенерации теплоты уходящих газов позволяет еще более повысить эффективность работы такого рода установок [5, 6]. Существует достаточно большое количество различных вариантов схем регенерации когенерационных установок [7, 8]. Однако остается не ясным, чем следует руководствоваться при выборе той или иной схемы регенерации.

Все известные схемы в той или иной степени повышают эффективность работы когенерационных энерге-

тических установок, но нуждается в уточнении вопрос выбора наиболее рациональной схемы регенерации.

При выборе схемы регенерации для когенерационной установки следует руководствоваться основными показателями экономичности работы установки. К таким показателям, в первую очередь, относится коэффициент использования теплоты топлива (КПД установки) и величины расходов топлива на единицу выработки тепловой (тепловой КПД) и электрической (электрический КПД) энергии [9].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В последнее время в энергетической политике развитых стран существует тенденция к снижению верхнего предела единичных мощностей энергоустановок и повышается интерес к установкам малой и средней мощности, работающим по технологии когенерации [10].

Новые когенерирующие мощности на базе газотурбинных установок (ГТУ) имеют не большую продолжительность строительства и ввода в эксплуатацию (0,5–3 года). Капиталовложения, необходимые для реализации когенерационных проектов, не превышают 400–800 у. е. на 1 кВт установленной электрической мощности. А себестоимость произведенной электроэнергии составляет 1,2–2,8 цент за 1 кВт·ч, срок окупаемости капиталовложений не превышает 2,5–4 года [7, 10].

В Украине в данное время по технологии комбинированного производства генерируется приблизительно 8 % электроэнергии. Установленные мощности комбинированного производства составляют приблизительно 6 тыс. МВт, из которых 3,1 тыс. МВт электрогенерирующих мощностей установлены на промышленных ТЭЦ [11]. Все сказанное выше подчеркивает актуальность применения, а следовательно и усовершенствования схем когенерации, как в промышленности, так и для нужд теплоснабжения.

КПД газовой турбины составляет 25–35 %, в зависимости от параметров работы конкретной модели турбины и характеристик топлива. Причиной такой невысокой экономичности является то, что тепло с уходящими газами теряется бесполезно. Уменьшение температуры уходящих газов (регенерация) в газо-воздушном подогревателе (ГВП) позволяет повысить коэффициент использования теплоты топлива, а также снизить выброс вредных отработавших газов и тепловую нагрузку на окружающую среду [12].

Анализ эффективности применения регенерации для работы когенерационных установок проведен в работах [13–15], но все рассмотренные в данных работах схемы имеют в качестве первичного двигателя газопоршневой двигатель внутреннего сгорания.

Исходя из вышесказанного, представляет интерес проведение анализа эффективности применения различных схем регенерации для когенерационных установок на базе газотурбинного двигателя. А также усовершенствование уже существующих и создание новых газотурбинных установок путем введения либо увеличения использования регенерации теплоты уходящих газов [15].

3. Цель и задачи исследования

Целью данной работы является проведение анализа экономичности различных вариантов схем регенерации для когенерационных установок на базе газотурбинного двигателя с последующим выбором схемы, имеющей максимальный КПД и минимальный расход топлива.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Провести тепловой расчет всех рассматриваемых схем регенерации когенерационной энергетической установки.

Для проведения тепловых расчетов схем регенерации КЭУ были приняты следующие характеристики установки:

- электрическая мощность КЭУ $N_э = 4000$ кВт;
- расчетная тепловая нагрузка котла-утилизатора $Q_{ку}^p = 3500$ кВт;
- температура уходящих газов после котла-утилизатора $t_5 = 170$ °С;
- температура газов после турбины $t_5 = 584$ °С;
- температура нагреваемой воды на входе котла-утилизатора $t_{2н} = 70$ °С;
- температура нагретой воды на выходе котла-утилизатора $t_{2к} = 110$ °С;
- температура воздуха на входе камеры сгорания составляет $t_{кк} = 455 + 500$ °С (в зависимости от схемы регенерации);
- температура воздуха на выходе из компрессора и входе ГВП $t_{2н}^{ГВП} = 405$ °С;
- низшая теплота сгорания топлива $Q_n^p = 44300$ кДж/кг.

При расчетах энергетических характеристик когенерационной установки и газотурбинного двигателя использована методика представленная в [12, 16].

2. На основании полученных данных тепловых расчетов рассчитать экономические показатели для рассматриваемых схем.

Как уже отмечалось выше, к основным показателям энергетической эффективности относятся: электрический ($\eta_{эл}$) и тепловой ($\eta_{те}$) КПД, характеризующие расход топлива на единицу произведенной электрической и тепловой энергии соответственно. Рассчитываются значения этих КПД по формулам:

$$\eta_{эл} = \frac{N_э}{q_T Q_n^p}; \quad \eta_{те} = \frac{Q_{те}}{q_T Q_n^p}; \quad Q_{те} = Q_{ку} + Q_{ГВП}, \quad (1)$$

где q_T – расход топлива, кг/с; $Q_{ку}$, $Q_{ГВП}$ – тепловая мощность соответственно котла-утилизатора и газо-воздушного подогревателя, кВт; $Q_{те}$ – тепловая мощность всей когенерационной установки, кВт.

А также коэффициент использования теплоты топлива ($\eta_{кэу}$), характеризующий эффективность работы всей установки:

$$\eta_{кэу} = \frac{Q_{те} + N_э}{q_T Q_n^p} = \eta_{эл} + \eta_{те}. \quad (2)$$

Опираясь на результаты проведенных расчетов определить наиболее экономичный вариант схемы регенерации тепла уходящих газов с максимальным

значением коэффициента полезного действия и минимальным значением расхода топлива.

4. Расчет экономических показателей тепловых схем когенерационной энергетической установки

Первый из рассматриваемых вариантов тепловых схем когенерационных установок, представлен на рис. 1. Воздух, нагнетаемый компрессором (К), поступает в камеру сгорания (КС). Газы, выходящие из камеры сгорания, направляются в газовую турбину (Т) и, совершая работу, вращают электрогенератор (Г). Часть уходящих газов из турбины (Т) утилизируется в котле-утилизаторе (КУ), а оставшаяся часть выбрасывается в атмосферу через байпас. Таким образом, осуществляется одновременная выработка электрической и тепловой энергии.

При этом тепловая мощность КУ составляет $Q_{КУ} = 3459$ кВт, расход топлива $q_T = 0,256$ кг/с, электрический КПД ($\eta_{эл} = 0,3528$) и тепловой КПД ($\eta_{ТЕ} = 0,3051$), а общий КПД ($\eta_{КЭУ}$) равен:

$$\eta_{КЭУ} = \eta_{эл} + \eta_{ТЕ} = 0,3528 + 0,3051 = 0,6579.$$

Тепловой и конструктивный расчеты котла-утилизатора проведены для температуры окружающей среды в зимнее время $t_{oc} = -15$ °С. В случае, когда температура окружающей среды становится ниже расчетной, то часть уходящих газов через байпас перепускается в котел-утилизатор, тем самым увеличивая его тепловую мощность. При полностью закрытом байпасе мощность КУ составляет $Q_{КУ} = 5284$ кВт.

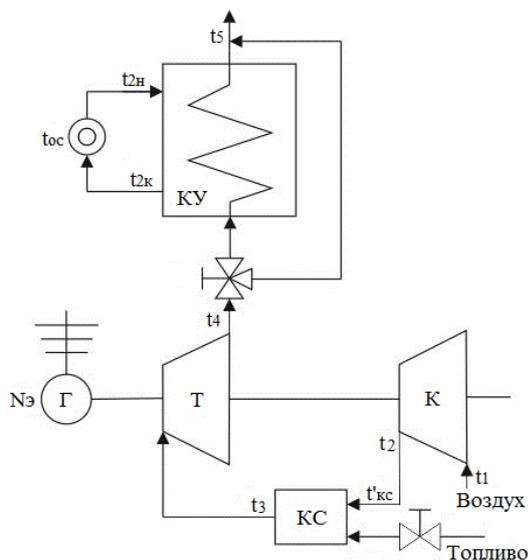


Рис. 1. Схема когенерационной установки с байпасом котла-утилизатора

Достоинством рассматриваемой схемы является возможность обеспечить увеличение тепловой мощности котла-утилизатора для зимнего периода с пониженными температурами окружающей среды за счет байпаса котла-утилизатора. Однако такой способ регулирования отпуска тепла значительно снижает

возможный КПД установки, т. к. лишнее тепло в более теплое время года бесполезно теряется.

Второй вариант схемы позволяет повысить экономичность установки за счет использования тепла газов, идущих через байпас в обход КУ, для подогрева воздуха после компрессора в газо-воздушном подогревателе (рис. 2).

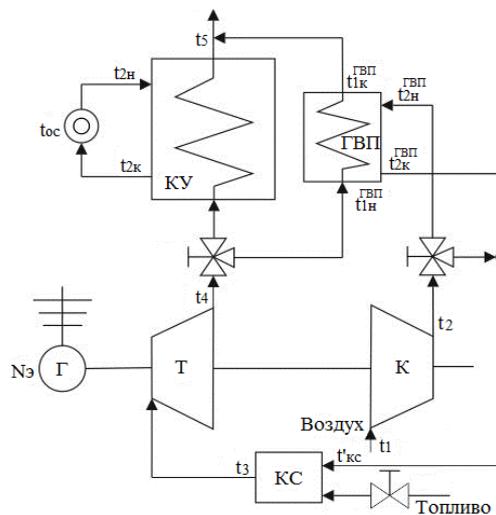


Рис. 2. Схема когенерационной установки с частичным подогревом воздуха после компрессора

При таком варианте схемы общий КПД установки увеличивается за счет повышения температуры воздуха на входе в камеру сгорания, и как следствие, снижения расхода топлива до $q_T = 0,242$ кг/с.

Тепловая мощность КУ, как и в предыдущей схеме, равна $Q_{КУ} = 3459$ кВт, а тепловая мощность ГВП – $Q_{ГВП} = 602$ кВт. Таким образом, КПД тепловой части установки составляет $\eta_{ТЕ} = 0,3785$, электрический КПД – $\eta_{эл} = 0,3728$ и общий:

$$\eta_{КЭУ} = \eta_{ТЕ} + \eta_{эл} = 0,3785 + 0,3728 = 0,7513.$$

Значение общего КПД тепловой схемы будет возрастать с уменьшением температуры газов на выходе ГВП, однако пропорционально будет возрастать и поверхность теплообмена подогревателя, что приведет к удорожанию теплообменного оборудования и установки в целом.

При понижении температуры окружающей среды ниже расчетной, расход газа после турбины можно перераспределить, обеспечивая потребителя теплом в полном объеме.

Третий вариант технологической схемы КЭУ предполагает использование всей теплоты уходящих газов в котле-утилизаторе, например, для нужд теплоснабжения (рис. 3).

Для этого варианта схемы расход топлива составляет $q_T = 0,256$ кг/с, тепловая мощность КУ возрастает до $Q_{КУ} = 5284$ кВт и общий КПД ($\eta_{КЭУ}$) также увеличивается:

$$\eta_{КЭУ} = \eta_{ТЕ} + \eta_{эл} = 0,4660 + 0,3528 = 0,8188.$$

В данной схеме значение общего КПД установки выше, чем в предыдущей схеме, несмотря на больший

расход топлива, за счет увеличения КПД тепловой части установки $\eta_{TE} = 0,4660$.

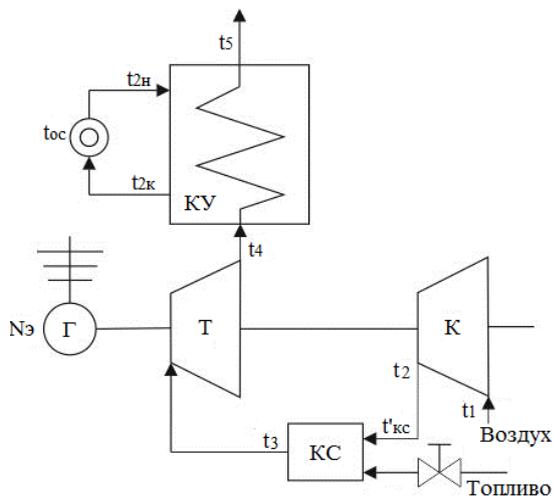


Рис. 3. Схема когенерационной установки с утилизацией тепла уходящих газов в котле-утилизаторе (КУ)

Главным достоинством данной технологической схемы является простота и дешевизна. А недостатком, отсутствие возможности регулирования отпуска тепловой энергии в случае изменения тепловой нагрузки либо сезона.

Четвертый вариант технологической схемы совмещает достоинства первой и второй схем и представлен на рис. 4.

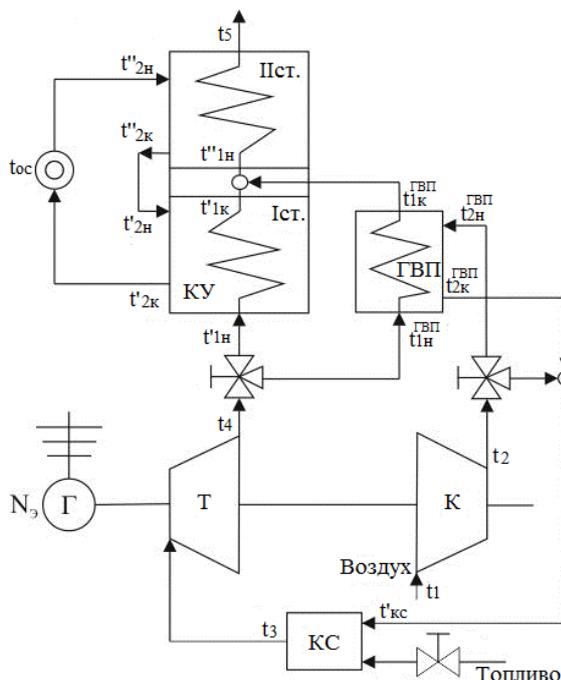


Рис. 4. Схема когенерационной установки с частичным подогревом воздуха и двухступенчатым КУ

В этой схеме котел-утилизатор имеет две ступени и тепло газов, после газо-воздушного подогревателя, используется во второй ступени КУ.

Расход топлива для этой схемы составляет $q_T = 0,242$ кг/с, тепловая мощность котла-утилизатора и газо-воздушного подогревателя – соответственно $Q_{КУ} = 4673$ кВт, $Q_{ГВП} = 602$ кВт, а общий КПД установки равен:

$$\eta_{КЭУ} = \eta_{TE} + \eta_{Эл} = 0,4916 + 0,3728 = 0,8644.$$

Как видно из результатов расчета экономических показателей рассматриваемой схемы, такой вариант утилизации тепла уходящих газов делает схему более экономичной, однако усложняет и удорожает ее, что является недостатком. Таким образом, при выборе этого варианта схемы следует соотносить величину повышения эффективности с величиной увеличения капиталовложений.

Последний из рассматриваемых вариантов технологических схем КЭУ представлен на рис. 5. В данной схеме уходящие газы из турбины направляются в ГВП, где отдают тепло воздуху, поступающему из компрессора, а затем в КУ. Такой вариант регенерации позволяет еще более снизить расход топлива за счет увеличения температуры воздуха на входе в камеру сгорания.

Расход топлива для данной схемы составляет $q_T = 0,229$ кг/с, а тепловая мощность КУ и ГВП соответственно равна $Q_{КУ} = 3538$ кВт и $Q_{ГВП} = 1729$ кВт.

Общий КПД установки равен:

$$\eta_{КЭУ} = \eta_{TE} + \eta_{Эл} = 0,5185 + 0,3973 = 0,9122.$$

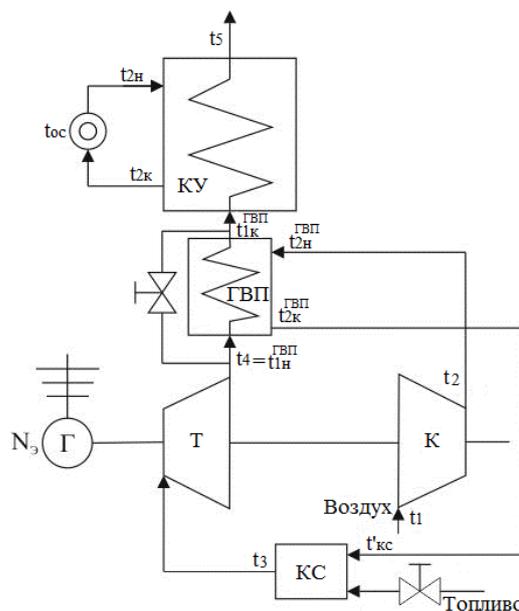


Рис. 5. Схема когенерационной установки с максимальной утилизацией тепла уходящих газов

Несмотря на значительное снижение теплового потока на входе в котел-утилизатор за счет увеличения тепловой мощности ГВП ($Q_{ГВП} = 1729$ кВт) котел-утилизатор способен обеспечить расчетное значение тепловой нагрузки ($Q_{КУ} = 3538$ кВт).

Полное открытие байпасного клапана обеспечивает энергетические показатели когенерационной установки, имеющие место в схеме, представленной на рис. 3.

5. Обоснование выбора наиболее экономичной схемы регенерации для когенерационной энергетической установки

Проведенный расчет экономических показателей когенерационной энергетической установки позволил определить эффективность работы каждой из рассмотренных схем регенерации.

Исходя из результатов расчетов экономических показателей КЭУ, можно рекомендовать, как наиболее экономичную, схему, представленную на рис. 5.

Для данной схемы расход топлива имеет наименьшее значение, а КПД – наибольшее из всех рассмотренных схем. Это объясняется наиболее эффективным использованием теплоты уходящих газов. Также схема, представленная на рис. 5, конструктивно проще в сравнении со схемой с двухступенчатым котлом-утилизатором, что, несомненно, является еще одним ее достоинством.

Наименьшее значение расхода топлива, немаловажно в свете нынешнего экономического положения Украины и рыночной стоимости топлива.

Схема может обеспечить общий КПД установки в пределах $\eta_{\text{КЭУ}} = 0,8188 - 0,9122$ и расход топлива $q_T = 0,229 - 0,256$ кг/с.

Также имеется возможность перераспределения тепловых потоков через теплообменные аппараты, что дает возможность варьирования тепловой нагрузки в достаточно широких пределах ($Q_{\text{КУ}} = 5284 - 3538$ кВт).

В результате проведенных тепловых и экономических расчетов схем регенерации когенерационной энергетической установки были получены значения основных экономических показателей рассмотренных схем регенерации. Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Экономические показатели схем регенерации когенерационной установки

Вариант схемы регенерации	Тепловая мощность КУ $Q_{\text{КУ}}$, кВт	Тепловая мощность ГВП $Q_{\text{ГВП}}$, кВт	Расход топлива q_T , кг/с	КПД тепловой части КЭУ $\eta_{\text{ТЕ}}$	КПД электрической части КЭУ $\eta_{\text{ЭЛ}}$	Общий КПД КЭУ $\eta_{\text{КЭУ}}$
Схема 1	3459	–	0,256	0,3051	0,3528	0,6579
Схема 2	3459	602	0,242	0,3785	0,3728	0,7513
Схема 3	5284	–	0,256	0,4660	0,3528	0,8188
Схема 4	4673	602	0,242	0,4916	0,3728	0,8644
Схема 5	3538	1729	0,229	0,5185	0,3937	0,9122

Анализируя данные табл. 1 можно сделать вывод, что с увеличением степени регенерации теплоты уходящих газов КПД установки возрастает. Причем следует отметить важность применения газо-воздушного подогревателя, т. к. за счет увеличения температуры воздуха на входе в камеру сгорания ГТУ снижается расход топлива. Так для схемы 3 значение КПД составляет 0,8188, а для схемы 2 – 0,7513, но при этом расход топлива у второй схемы меньше (0,242 кг/с), чем у третьей схемы (0,256 кг/с).

В статье проведены тепловой и экономический расчеты тепловых схем регенерации. Полученные результаты расчетов позволяют определить наиболее

экономичный вариант схемы регенерации, имеющий максимальное значение коэффициента полезного действия и наименьшее значение расхода топлива.

6. Выводы

Результаты расчетов показывают важность применения газо-воздушного подогревателя для повышения температуры воздуха после компрессора, что приводит к снижению расхода топлива.

Таким образом, в первую очередь тепло уходящих газов следует использовать для подогрева воздуха после компрессора, а затем уже в котле-утилизаторе.

На основании проведенного анализа следует рекомендовать, как наиболее экономичную, схему, включающую в себя газо-воздушный подогреватель и котел-утилизатор, включенные последовательно, т. к. такая схема имеет не только максимальное значение коэффициента полезного действия ($\eta_{\text{КЭУ}} = 0,9122$), но и наименьший расход топлива ($q_T = 0,229$ кг/с). Снижение расхода топлива позволяет снизить энергоемкость произведенной продукции и увеличить ее конкурентоспособность.

Литература

1. Основы когенерации и малой энергетики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cogeneration.ru/base-benefits/base.html?&students=1> – Назва з екрану.
2. Басок, Б. И. Анализ когенерационных установок. Часть 1. Классификация и основные показатели [Текст] / Б. И. Басок, Е. Т. Базеев, В. М. Диденко, Д. А. Коломейко // Пром. теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 3. – С. 83–89.
3. Долінський, А. А. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. Т. 1-2. [Текст]: монографія / А. А. Долінський, Б. І. Басок, Е. Т. Базеев, І. А. Пироженко. – Київ, 2007. – 828 с.
4. Гительман, Л. Д. Энергетический бизнес [Текст]: учеб. пос. / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников. – М.: Дело, 2006. – 600 с.
5. Ганжа, А. Н. Усовершенствование стационарной газотурбинной установки выбором рациональных параметров регенератора-воздухоподогревателя [Текст] / А. Н. Ганжа, Н. А. Марченко // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Энергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2012. – № 7. – С. 124–128.
6. Фиалко, Н. М. Эффективность систем утилизации теплоты отходящих газов энергетических установок различного типа [Текст] / Н. М. Фиалко, Ю. В. Шеренковский, А. И. Степанова и др. // Пром. теплотехника. – 2008. – Т. 30, № 3. – С. 68–76.
7. Ценаев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки для тепловых электростанций [Текст] / С. В. Ценаев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.
8. Дмитроченкова, Е. І. Аналітичні дослідження структурних схем когенераційних установок для систем те-

- плопостачання [Текст] / Е. І. Дмитроченкова, С. І. Монах, С. М. Орлов // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2009. – Т. 5, № 3. – С. 107–112.
9. Герушин, А. Н. Энергоэкономическая эффективность утилизации теплоты [Текст] / А. Н. Герушин, А. П. Нищик // Пром. теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 2. – С. 82–86.
10. Kotler, V. R. Mini cogeneration stations: Foreign experience [Text] / V. R. Kotler // Thermal Engineering. – 2006. – Vol. 53, Issue 8. – P. 659–662. doi: 10.1134/s0040601506080143
11. Клименко, В. Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Ч. 1-3 [Текст]: справ. пос. / В. Н. Клименко, А. И. Мазур, П. П. Сабашук. – Киев, 2008. – 560 с.
12. Костюк, А. Г. Паровые и газовые турбины для электростанций [Текст] / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.
13. Баласаян, Г. А. Анализ эффективности интегрированных систем энергосбережения на базе установок когенерации малой мощности и возобновляемых источников энергии [Текст] / Г. А. Баласаян, А. С. Мазуренко // Теплова енергетика. – 2008. – № 1. – С. 7–10.
14. Басок, Б. И. Анализ когенерационных установок. Часть 2. Анализ энергетической эффективности [Текст] / Б. И. Басок, Д. А. Коломейко // Пром. теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 4. – С. 79–83.
15. Герушин, А. Н. Разработка и внедрение эффективных теплоутилизаторов на основе теплопередающих элементов испарительно-конденсационного типа [Текст] / А. Н. Герушин, А. П. Нищик // Пром. теплотехника. – 1997. – Т. 19, № 6. – С. 69–73.
16. Бундук, А. Н. Разработка алгоритма для расчета статика когенерационной энергетической установки [Текст] / А. Н. Бундук, Е. О. Улицкая // Одеса, Холодильна техніка і технологія. – 2013. – № 3 (143). – С. 34–40.

В даній статті наведені результати аналітичного дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні з короткозамкненим ротором в залежності від завантаження на валу і температури навколишнього середовища. Було введено коефіцієнт втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні, який представляє собою відношення втрат активної потужності до активної потужності на валу електродвигуна

Ключові слова: електродвигун, втрати, питомі, завантаження, температура, оптимум, енергозбереження, ковзання, діаграма, ресурс

В данной статье представлены результаты аналитического исследования потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе с короткозамкнутым ротором в функции загрузки на валу и температуры окружающей среды. Был введен коэффициент потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе, представляющий собой отношение потерь активной мощности к активной мощности на валу электродвигателя

Ключевые слова: электродвигатель, потери, удельные, загрузка, температура, оптимум, энергосбережение, скольжение, диаграмма, ресурс

УДК: 621.313.37.004.17

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39026

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ ЭНЕРГИИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

С. В. Овчаров

Кандидат технических наук, доцент*

А. А. Стребков

Аспирант*

E-mail: sashko@yandex.ru

*Кафедра теоретической и общей электротехники

Таврический государственный

агротехнологический университет

пр. Богдана Хмельницкого, 18,

г. Мелитополь, Украина, 72312

1. Введение

В Украине существует народно-хозяйственная проблема ресурсоэнергосбережения в силовом электрооборудовании (силовых трансформаторах, электродвигателях, силовых кабелях), используемом в агропромышленном комплексе.

Суть проблемы состоит в том, что Украина только до 40 % обеспечена собственными энергетическими

ресурсами, а эксплуатационная надежность силового электрооборудования, работающего в агропромышленном комплексе, остается низкой.

Поэтому необходимы научно-технические решения, как в сфере энергосбережения, так и повышения эксплуатационной надежности силового электрооборудования.

Потери электрической энергии в силовом электрооборудовании и расход его ресурса тесно связаны. Самым слабым элементом силового электрооборудования