

3. Лесной план Удмуртской Республики [разработан ООО «Леспроект» совместно с ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА» при консультационной поддержке филиала ФГУП «Рослесинфорг» – Поволжский леспроект] (утвержден Указом Президента Удмуртской Республики от 15 декабря 2008 года № 197). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/960017238> (дата обращения: 12.11.2013).

4. Сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики [Электронный ресурс]. – URL: <http://udmark.ru/archives> (дата обращения: 12.11.2013).

5. Касаткин В. В., Игнатьев С. П., Ларионова А. Г. Метановое сбраживание с точки зрения ресурсосбережения // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 1. – С. 53–55.

6. Разработка технологической линии утилизации биомасс животного и растительного происхождения

[Электронный ресурс] / В. С. Вохмин, А. С. Линкевич, В. В. Касаткин [и др.] // Науч. журн. КубГАУ. – 2011. – № 73(09). – С. 320–329. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/30.pdf> (дата обращения: 12.11.2013).

7. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717). – URL: http://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mcx.ru%2Fdocuments%2Ffile_document%2Fshow%2F19504..htm&ei=LRqCURmSH4zAtAavgIHYAw&usq=AFQjCNEqlbH4T1AeQBabS-sqmtu3jyFw&bvm=bv.56146854,d.Yms&cad=rjt (дата обращения: 12.11.2013).

S. A. Korolev, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of mathematical modeling of processes and technologies, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

M. A. Valiullin, PhD in Engineering, LLC “Heating networks”

A. Yu. Merzlyakov, Post-graduate, Izhevsk State Agricultural Academy

A. S. Sairanov, Post-graduate, Department of mathematical software of information systems, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Analysis of the renewable energy potential of the Udmurt Republic

The paper presents the analysis of the local energy resources potential with the purpose of substantiating the necessity of applying the power installations based on local renewable energy resources.

Keywords: renewable energy sources, energy potential, biogas, wood processing, power plants

Получено: 08.11.2013

УДК 004.942

С. А. Королев, кандидат физико-математических наук, доцент;

Д. В. Майков, аспирант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ, РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Разработана информационно-аналитическая система, позволяющая решать комплекс задач, связанных с внедрением биогазовых технологий на предприятиях животноводства: автоматизированное проектирование структуры биогазового комплекса, расчет и оптимизация параметров технологических режимов работы оборудования, технико-экономический анализ различных вариантов организации производства.

Ключевые слова: биогаз, биогазовый комплекс, технико-экономический анализ, информационно-аналитическая система

Внедрение биогазовых комплексов (биокомплексов) на животноводческих предприятиях позволяет решить проблему переработки животноводческих отходов в ценные удобрения, а также получить топливно-энергетические ресурсы (ТЭР): биогаз, электрическую, тепловую энергию, сжатый газ. Экономическая эффективность внедрения биокомплекса зависит как от существующих экономических условий, так и от климатических условий его эксплуатации. Для оценки экономической эффективности, выбора оптимального варианта организации биокомплекса, моделирования технологических режимов его работы в различных условиях эксплуатации, рас-

чета технико-экономических параметров необходим удобный инструмент для проведения расчетов и проектирования. Разработанная информационно-аналитическая система (ИАС) позволяет решать данные задачи.

Структура ИАС состоит из следующих блоков (рис. 1):

- Животноводческие предприятия;
- Проектирование биогазового комплекса;
- Расчет технологических режимов;
- Экономический анализ;
- Результаты расчетов.

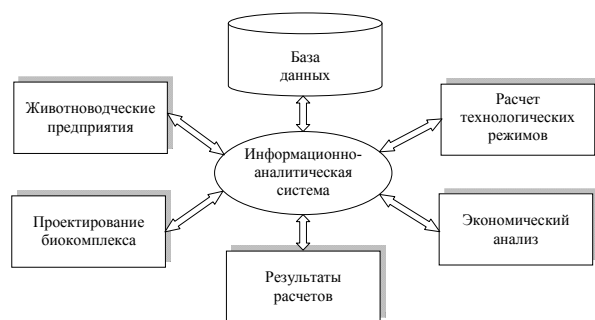


Рис. 1. Структура информационно-аналитической системы

База данных ИАС содержит информацию о животноводческих предприятиях Удмуртской Республики (УР), технико-экономических характеристиках биогазовых установок, когенераторов, компрессоров, а также технологические параметры метаногенеза. Информация о крупных животноводческих предприятиях УР отображается в блоке «Животноводческие предприятия», представленном на рис. 2.

ИАС позволяет автоматизировать процесс проектирования структуры биогазового комплекса, алгоритм определения состава и характеристик оборудования реализован в блоке «Проектирование биогазового комплекса». При этом рассматривается несколько вариантов организации биогазового комплекса, различающихся долями переработки биогаза в другие виды ТЭР: электрическая и тепловая энергия, сжатый газ.

Процесс проектирования рассмотрим на примере ООО «Кигбаевский бекон», поголовье свиней на котором составляет 36 858 голов, а масса отходов при

среднем объеме отходов с одной головы 5,1 кг/сут. и естественной влажности 85 % оценивается в объеме 188 т/сут., что при рекомендуемой влажности для процесса ферментации в метантенке 90 % составит 282 т/сут. Для переработки данной массы отходов была выбрана биогазовая установка производительностью по сырью 280 т/сут. с полезным выходом биогаза 9817 м³/сут.

Результаты расчета основных характеристик для различных вариантов организации биогазового комплекса на базе ООО «Кигбаевский бекон» представлены в табл. 1.

По результатам расчета для каждого варианта строится схема, наглядно показывающая соотношение и объемы продуктов биогазового комплекса, представленная на рис. 3.

В блоке ИАС «Расчет технологических режимов» решаются следующие задачи:

1. Математическое моделирование метаногенеза с возможностью предварительной идентификации параметров соответствующей математической модели по экспериментальным данным [1, 2].

2. Выбор и оптимизация параметров технологического режима метаногенеза: выбор температурного режима ферментации, режима подачи сырья, оптимальной скорости подачи сырья при непрерывном режиме [3] и т. д.

3. Расчет тепловых потерь метантенка в зависимости от геометрических (габаритные размеры, вместимость, заглубление) и климатических параметров (динамика температуры наружного воздуха), а также проектирование тепловой защиты метантенка [4].

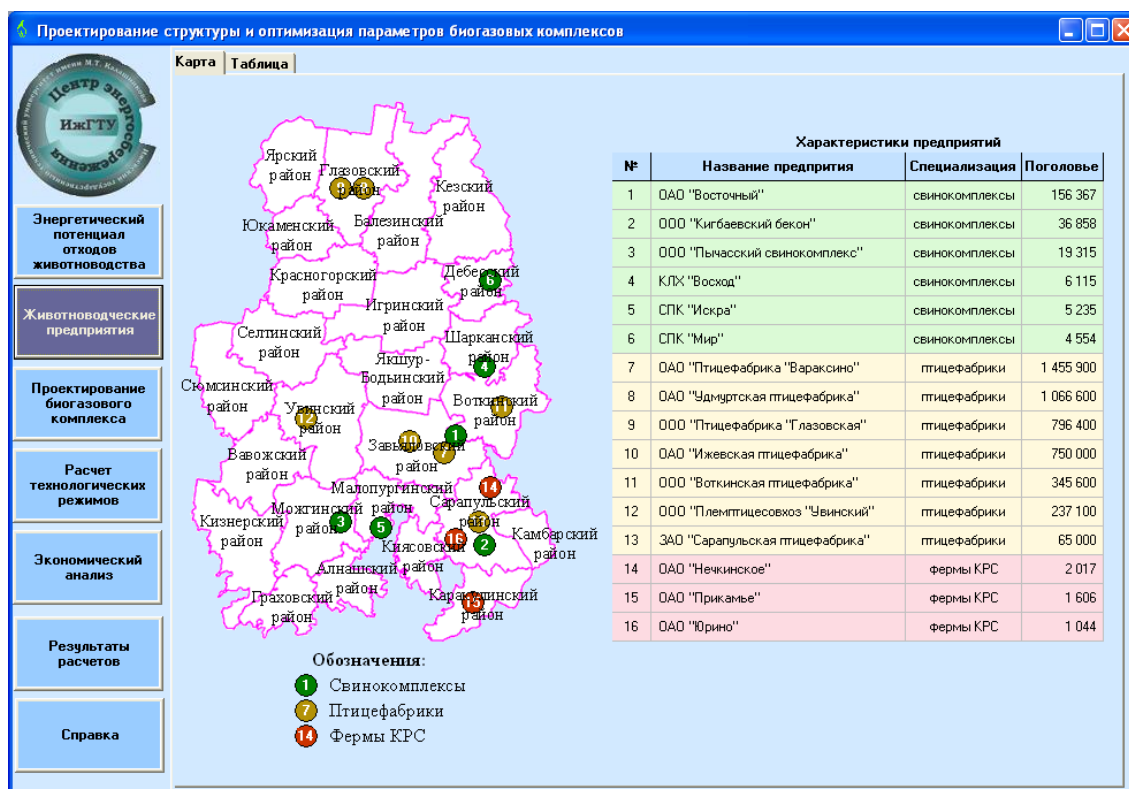


Рис. 2. Информация о животноводческих предприятиях

Таблица 1. Основные характеристики биоконцентра на базе ООО «Кигбаевский бекон»

Характеристика	Варианты организации биоконцентра					
	1	2	3	4	5	6
Доля биогаза, %	80	60	40	20	0	0
Доля электроэнергетики, %	0	20	40	60	80	100
Доля сжатого газа, %	20	20	20	20	20	0
Набор оборудования:						
– биогазовые установки	1×280 т/сут.	1×280 т/сут.	1×280 т/сут.	1×280 т/сут.	1×280 т/сут.	1×280 т/сут.
– когенераторы	–	1×109 м³/ч	1×145 м³/ч	1×222 м³/ч	1×358 м³/ч	1×445 м³/ч
– компрессоры	1×100 м³/ч	1×100 м³/ч	1×100 м³/ч	1×100 м³/ч	1×100 м³/ч	–
Выход продуктов:						
– биогаз, тыс. м³/год	2 887,2	2 165,4	1 443,6	721,8	0,0	0,0
– электроэнергия, МВт·ч/год	0,0	1 979,9	3 285,3	5 055,0	6 725,7	8 620,6
– тепловая энергия, Гкал/год	0,0	1 668,2	3 381,1	4 531,1	6 275,0	7 537,5
– сжатый биогаз, т у.т./год	516,8	516,8	516,8	516,8	516,8	0,0
– твердые биоудобрения, т/год	17 277,6	17 277,6	17 277,6	17 277,6	17 277,6	17 277,6
Инвестиции, тыс. руб.:						
– биогазовые установки	52 729	52 729	52 729	52 729	52 729	52 729
– когенераторы	0	12 287	18 458	22 587	26 715	30 844
– компрессоры	11 954	11 954	11 954	11 954	11 954	0
Итого:	64 683	76 970	83 141	87 270	91 398	83 573

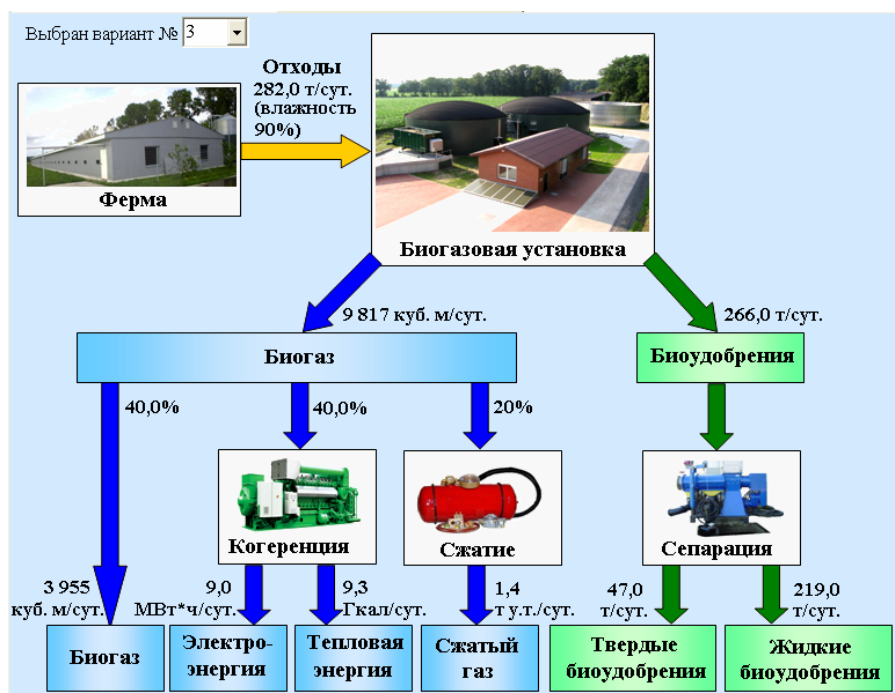


Рис. 3. Схема распределения продуктов биоконцентра

В блоке «Экономический анализ» рассчитываются основные экономические показатели проекта внедрения биоконцентра на выбранном животноводческом предприятии (см. табл. 2) [5, 6].

Экономический эффект определялся как произведение объема производства энергоресурсов и удобрений (см. табл. 1) на разность стоимости традиционных энергоресурсов и удобрений и себестоимости их аналогов, производимых на биоконцентре (см. табл. 2). Динамика экономического эффекта определялась с учетом темпов роста тарифов на традиционные ТЭР и динамики компонентов затрат производства.

Срок окупаемости различных вариантов организации биоконцентра для ООО «Кигбаевский бекон» изменяется от 2,4 до 3,7 года в зависимости от доли производимой электроэнергии (см. табл. 2). Срок

окупаемости при увеличении доли производства электроэнергии уменьшается, несмотря на увеличение объема инвестиций, что связано с более высоким экономическим эффектом от производства электроэнергии по сравнению с производством биогаза. Окончательный выбор варианта зависит от потребностей в энергетических ресурсах предприятия и от возможностей сбыта производимых ТЭР.

В блоке «Результаты расчетов» приведены технико-экономические показатели организации биоконцентра для крупнейших животноводческих предприятий УР (см. табл. 3). Рассматриваются два варианта организации биоконцентра: в первом варианте конечными продуктами являются биогаз (80 %) и сжатый газ (20 %), во втором варианте – электрическая энергия (100%).

Таблица 2. Основные экономические показатели биоконцентра на базе ООО «Кигбаевский бекон»

Характеристика	Варианты организации биоконцентра					
	1	2	3	4	5	6
Доля биогаза, %	80	60	40	20	0	0
Доля электроэнергии, %	0	20	40	60	80	100
Доля сжатого газа, %	20	20	20	20	20	0
Себестоимость ТЭР и удобрений (стоимость аналогов без НДС) *						
– биогаз (природный газ), руб./т у.т.	1 382 (2 732)	1 382 (2 732)	1 382 (2 732)	1 382 (2 732)	1 382 (2 732)	1 382 (2 732)
– электроэнергия, руб./кВт.ч.	–	1,09 (2,17)	1,09 (2,17)	0,95 (2,17)	0,89 (2,17)	0,83 (2,17)
– тепловая энергия, руб./Гкал	–	0 (1 040)	0 (1 040)	0 (1 040)	0 (1 040)	0 (1 040)
– сжатый газ, руб./т у.т.	4 172 (5 500)	4 172 (5 500)	4 172 (5 500)	4 172 (5 500)	4 172 (5 500)	–
– твердые биоудобрения, руб./т	0 (700)	0 (700)	0 (700)	0 (700)	0 (700)	0 (700)
Экономический эффект, тыс. руб./год **						
– биогаз	2 790,8	2 093,1	1 395,4	697,7	0,0	0,0
– электрическая энергия	0,0	2 138,3	3 548,1	6 167,1	8 608,9	11 551,6
– тепловая энергия	0,0	1 734,9	3 516,3	4 712,3	6 526,0	7 839,0
– сжатый газ	667,0	667,0	667,0	667,0	667,0	0,0
– твердые биоудобрения	12 094,3	12 094,3	12 094,3	12 094,3	12 094,3	12 094,3
Итого:	15 552,1	18 727,6	21 221,1	24 338,4	27 896,2	31 484,9
Инвестиции, тыс. руб.	64 683	76 970	83 141	87 270	91 398	83 573
Срок окупаемости, лет	3,7	3,6	3,4	3,2	2,9	2,4

* Данные представлены в ценах на 01.01.2013.

** За первый год реализации проекта.

Таблица 3. Показатели экономической эффективности биоконцентров для крупнейших животноводческих предприятий УР: первый вариант (второй вариант)

№ п/п	Предприятие	Объем сырья*, т/сут.	Инвестиции, тыс. руб.	Экономический эффект **, тыс. руб.	Срок окупаемости, лет
Свиноконцентры					
1	ОАО «Восточный»	1 196,2	229 217 (331 739)	71 956,5 (138 834,1)	2,9 (2,2)
2	ООО «Кигбаевский бекон»	282,0	64 683 (83 573)	15 552,1 (31 484,9)	3,7 (2,4)
3	ООО «Пычасский свинокомплекс»	147,8	37 483 (52 527)	8 049,3 (15 735,5)	4,0 (3,0)
4	КЛХ «Восход»	46,8	17 748 (27 478)	2 105,9 (5 210,4)	6,4 (4,3)
5	СПК «Искра»	40,0	16 350 (22 887)	1 847,5 (4 156,7)	6,6 (4,5)
6	СПК «Мир»	34,8	15 279 (21 215)	1 489,8 (3 468,6)	7,3 (4,8)
Птицефабрики					
7	ОАО «Птицефабрика „Вараксина“»	388,2	152 281 (229 014)	44 982,9 (100 240,7)	3,1 (2,2)
8	ОАО «Удмуртская птицефабрика»	284,4	133 225 (181 189)	29 608,1 (70 965,3)	3,9 (2,4)
9	ООО «Птицефабрика „Глазовская“»	212,4	112 505 (137 812)	21 250,1 (53 424,0)	4,5 (2,4)
10	ОАО «Ижевская птицефабрика»	200,1	108 936 (132 099)	19 524,1 (49 830,9)	4,7 (2,4)
11	ООО «Воткинская птицефабрика»	92,2	67 098 (82 432)	7 871,5 (20 768,5)	6,5 (3,4)
12	ООО «Племптицесовхоз „Увинский“»	63,2	53 694 (69 071)	5 158,9 (13 478,6)	7,5 (4,2)
13	ЗАО «Сарапульская птицефабрика»	17,3	36 293 (42 458)	460,6 (2 574,3)	9,7 (7,4)
Фермы крупного рогатого скота					
14	ОАО «Нечкинское»	166,4	42 591 (57 256)	9 188,4 (16 178,1)	4,0 (3,1)
15	ОАО «Прикамье»	132,5	37 245 (51 004)	6 957,3 (12 359,8)	4,5 (3,6)
16	ОАО «Юрино»	86,1	29 925 (42 444)	4 082,7 (8 054,9)	5,7 (4,3)

* При рекомендуемой влажности 90 % для отходов свиноконцентров и ферм крупного рогатого скота и 85 % – для отходов птицефабрик.

** За первый год реализации проекта.

Срок окупаемости внедрения биоконцентров зависит от специализации предприятия, объема сырья и варианта организации биоконцентра. Срок окупаемости для свиноконцентров и ферм крупного рогатого скота при первом варианте организации биоконцентра составляет от 2,9 до 7,3 года, при втором варианте – от 2,2 до 4,8 года. Для птицефабрик сроки окупаемости биоконцентров для сравнимых объемов сырья несколько выше: при первом варианте изменяются от 3,1 до 9,7 года, при втором

варианте – от 2,2 до 7,4 года. Это связано с наличием дополнительного оборудования для гидролиза в составе биоконцентра и увеличением объема инвестиций.

Разработанная информационно-аналитическая система позволяет решать комплекс задач, связанных с внедрением биогазовых технологий на предприятиях животноводства. ИАС содержит средства автоматизированного проектирования структуры биоконцентра, методику расчета и оптимизации пара-

метров технологических режимов работы оборудования, методику расчета технико-экономических показателей биоконплексов в зависимости от различных факторов и представляет собой удобный инструмент для комплексного анализа их экономической эффективности.

Библиографические ссылки

1. Королев С. А., Майков Д. В. Метод идентификации параметров модели метаногенеза в виде системы дифференциальных уравнений на основе генетического алгоритма // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2012. – № 1. – С. 29–35.
2. Королев С. А., Майков Д. В. Идентификация математической модели и исследование различных режимов метаногенеза в мезофильной среде // Компьютерные исследования и моделирование. – 2012. – Т. 4, № 1. – С. 131–141. –

URL: http://crm.ics.org.ru/uploads/crmissues/crm_2012_1/12112.pdf (дата обращения: 13.11.2013).

3. Русяк И. Г., Королев С. А., Майков Д. В. Исследование стационарных решений и оптимизация параметров математической модели метаногенеза // Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. – 2012. – № 3. – С. 15–21.
4. Королев С. А., Майков Д. В. Влияние климатических условий на тепловой режим работы биогазовой установки // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 211–215.
5. Королев С. А., Майков Д. В. Методика расчета экономических показателей биогазового комплекса // Актуальные вопросы и перспективы развития современной экономики : материалы Междунар. конф. (Иваново, 4 апр. 2012 г.). – Иваново, 2012. – С. 73–80.
6. Королев С. А., Майков Д. В. Повышение экономической эффективности применения биогазовых комплексов на предприятиях животноводства // Соц.-экон. упр.: теория и практика. – 2012. – № 1. – С. 5–9.

S. A. Korolev, PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of mathematical modeling of processes and technologies, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

D. V. Maykov, Post-graduate, Department of mathematical modeling of processes and technologies, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Information-analytical system of structure design, calculation and optimization of technological and economic parameters of biogas complexes

The information and analytical system was developed. It allows solving the complex of problems associated with the introduction of biogas technology in enterprises of livestock: automated design of biogas complex structure, calculation and optimization of parameters of technological modes of equipment, technical and economic analysis of different options for organization of production.

Keywords: biogas, biogas complex, technical and economic analysis, information and analytical system

Получено: 08.11.13

УДК 621.314

А. В. Морозов, аспирант;

В. К. Барсуков, кандидат технических наук, профессор;

В. А. Морозов, кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

РАЗРАБОТКА МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Приведены теоретические основы функционирования матричных преобразователей частоты, описан алгоритм управления силовыми ключами, обеспечивающий регулирование выходной частоты, амплитуды, а также коэффициента мощности на входе.

Ключевые слова: преобразователь частоты, двунаправленный силовой ключ, скалярное управление, ПЛИС

Матричная структура обеспечивает преобразование параметров источника переменного тока (амплитуды и частоты) в напряжение, необходимое для питания нагрузки, без накопления энергии в промежуточном звене постоянного тока. Такие преобразователи относятся к системам прямой передачи энергии от источника к нагрузке. Отсутствие конденсаторов большой емкости, занимающих от 30 до 50 % объема инвертора, позволяет создавать более эффективные преобразователи переменного тока. Кроме того, они могут работать в более широком диапазоне температур и иметь более долгий срок службы, так как отсутствуют электролитические конденсаторы, уязвимые при высоких температурах. В настоящее время матричные преобразователи находят применение в при-

водах переменного тока и в системах генерирования ветроэнергетических установок [1].

Выделяют следующие преимущества матричного преобразователя частоты (МПЧ) перед двухзвенными преобразователями частоты:

- двунаправленный обмен энергией между нагрузкой и сетью, что позволяет говорить о МПЧ как об энергосберегающей системе;
 - однократное преобразование энергии;
 - лучшие массогабаритные показатели.
- В числе недостатков:
- большое число транзисторов,
 - более сложное управление,
 - низкий коэффициент передачи напряжения,
 - сложность коммутации ключей [4].