Гусаров Валентин Александрович Разработка генерирующего комплекса сельской микросети с применением возобновляемых источников энергии

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Гусаров Валентин Александрович

ВВЕДЕНИЕ.............................................................................. 8

ГЛАВА 1 ОБЗОР СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.......................................................................23

1.1 Анализ систем электроснабжения автономных и подключенных к сетям

сельских потребителей.................................................................23

1.2 Обзор автономного электроснабжения маломощных потребителей... .26

1.3 Машинные преобразователи энергии, используемые в малой распределённой генерации............................................................30

1.4 Повышение коэффициента использования топлива в ДВС................40

Выводы по главе 1......................................................................44

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЭ............................................................46

2.1 Обоснование структуры и принципа энергоснабжения микросети......46

2.2 Структура и устройство автономных микросетей...........................51

2.3. Автономные микросети с одним генератором, работающим на традиционных источниках энергии.................53

2.4. Автономные микросети с накопителями энергии...........................54

2.5. Когенерационные источники энергии, применяемые в МС.............57

2.6. Автономные микросети, с генераторами, работающими на ВИЭ..63

2.7. Автономные комбинированные микросети с генераторами, работающими на традиционных и возобновляемых источниках энергии..67

2.8. Микросети, выделенные из центральной сети и подключенные к ней..........................................................................................69

2.9. Конструкция микросетей.........................................................73

2.10. Целевая функция микросети....................................................77

2.11. Основные принципы организации автономных микросетей............80

Выводы по главе 2......................................................................81

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МИКРОСЕТЕЙ.................................83

3.1 Обзор существующих современных микрогазотурбинных электростанций.........................................................................83

3.2. Обзор российского рынка микрогазотурбинных установок..............88

3.3. Разработка и исследование микрогазотурбинной установки............94

3.3.1 Методика расчёта параметров турбокомпрессора........................99

3.3.2. Методика проектирования камеры сгорания............................105

3.3.3. Методика расчёта параметров камеры сгорания........................112

3.3.4. Разработка бесконтактной системы запуска двигателя................121

3.3.5. Разработка бесконтактного измерителя частоты вращения ротора микрогазотурбинной установки....................................................124

3.3.6. Разработка свободной силовой турбины..................................126

3.3.7. Газодинамический расчёт свободной трёхступенчатой турбины по среднему диаметру ступени.........................................................131

3.3.8. Разработка быстроходного синхронного генератора...................141

3.3.9. Результаты экспериментальных исследований генератора микро газотурбинной установки............................................................142

3.3.10. Алгоритм расчета геометрических параметров камеры сгорания.153

3.4. Разработка и исследование газоматорной установки.....................154

3.4.1. Схема стационарной газомоторной установки обращённого процесса газификации................................................................156

3.4.2. Расчёт газогенераторной установки........................................158

3.4.3. Определение основных параметров работы двигателя................162

3.4.4. Расчёт камеры газификации.................................................165

3.4.5. Очистители - охладители.....................................................171

3.4.6. Порядок работы газогенератора............................................175

3.4.7. Исследование экспериментального газогенератора....................179

3.5. Перспективы использования паровых генераторов.......................183

3.5.1. Разработка и исследование парового электрогенератора..............186

3.5.2. Расчёт параметров одноцилиндровой паровой машины...............188

3.5.3. Паровые котлы..................................................................200

3.5.4. Результаты экспериментальных исследований паропоршневого

генератора...............................................................................201

Выводы по главе 3....................................................................202

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С СЕТЬЮ.............204

4.1 Разработка способа связи ветроэнергетической установки с трёхфазной микросетью напряжением 0,4 кВ...................................................204

4.2. Сетевые контролеры микросетей..............................................208

4.3. Разработка автоматического комплекса бесперебойного электроснабжения.......................223

4.4. Система бесперебойного электропитания потребителя, снижающая пиковые нагрузки микросети........................................................230

4.5. Разработка и исследование солнечной электростанции генерирующей в сеть.......................................................................................238

4.6. Реализация проекта «Солнечная аудитория»..............................253

Выводы по главе 4....................................................................262

ГЛАВА 5 РАСЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ........................................264

5.1. Анализ технико-экономических показателей автоматической системы автономного электроснабжения....................................................265

5.2. Расчёт экономических показателей газотурбинной установки.........270

5.3. Экспериментальные показатели ветроагрегата «Сапсан 5000».......276

5.4. Разработка солнечной электростанции.....................................279

5.5. Расчёт срока службы аккумуляторной станции............................285

5.6. Расчёт выработки электроэнергии распределёнными генераторами..287

Выводы по главе 5......................................................................291

ГЛАВА 6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

АВТОНОМНОЙ МИКРОСЕТИ....................................................293

6.1 Основные положения и принципы оценки эффективности автономной микросети...........................293

6.2 Экономическое окружение проекта...........................................294

6.3 Анализ экономической эффективности автономной микросети.......296

6.4 Прогнозная оценка себестоимости электроэнергии предлагаемой МС с

МГТУ и генераторами на ВИЭ и прототипа - МС с ДГ......................298

Выводы по главе 6.....................................................................308

Основные выводы.......................309

Список сокращений...................................................................311

Список литературных источников.................................................314

Приложения..........................346

Приложение 1. Патент: Система электроснабжения потребителей в сетях напряжения с использованием возобновляемых и не возобновляемых источников энергии и управлением генерацией энергии.......347

Приложение 2. Патент: Устройство охлаждения вала свободной турбины газотурбинной установки..........................................................348

Приложение 3. Патент: Устройство камеры сгорания с регулируемым завихрителем для микро газотурбинного двигателя, где турбиной и компрессором является турбокомпрессор от ДВС............................349

Приложение 4. Патент: Способ и устройство запуска и охлаждения микро газотурбинного двигателя пусковым компрессором с воздушным клапаном................................................................................350

Приложение 5. Патент: Способ бесперебойного энергоснабжения Гусарова В.А.......................................................................................351

Приложение 6. Патент: Преобразователь постоянного напряжения в переменное..............................................................................352

Приложение 7. Патент: Устройство камер сгорания с регулируемым зазором подачи охлаждающего воздуха для микро газотурбинного двигателя................................................................................353

Приложение 8. Патент: Система измерения частоты вращения ротора микро газотурбинной установки с двигателем на основе турбокомпрессора от ДВС.......................................................................................354

Приложение 9. Патент: Способ связи ветроэнергетической установки с другим источником переменного тока............................................355

Приложение 10. Патент: Способ и устройство бесперебойного электропитания потребителя........................................................356

Приложение 11. Патент: Система тепло- и электроснабжения жилых домов.....................................................................................357

Приложение 12. Патент: Свободная силовая радиальная турбина с цилиндрическим ротором...........................................................358

Приложение 13. Внешний вид МГТУ............................................359

Приложение 14. Акт внедрения производственного образца................360

Приложение 15. Внешний вид сетевого контроллера..........................362

Приложение 16. Акт технической экспертизы и опробования в работе микро газотурбинного двигателя (МГТД) ГТУ5-30....................................363

Приложение 17. Протокол государственных приемочных испытаний газогенераторной установки ГТУ-190.............................................366

Приложение 18. Протокол государственных приемочных испытаний солнечной электростанции для параллельной работы с сетью 220 В......369

Приложение 19. Диплом за участие в 15-й международной выставке «Нефтегаз-2014».......................................................................374

Приложение 20. Алгоритм программы...........................................369

Приложение 21. Сертификат соответствия на блок бесперебойного питания..................................................................................378

Приложение 22. Декларация о соответствии газотурбинной установки (ГТЭ-2С, ГТЭ-10С)............................................................................379

Приложение 23. Протокол испытаний газотурбинной установки ГТЭ-10С.......................................................................................380

Приложение 24. Технические условия на газотурбинную установку ГТЭ-10С.......................................................................................386

Приложение 25. Диплом выставки «Золотая осень» (серебряная медаль)...................................................................................387