

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

БАРКОВ НИКОЛАЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ВЕНТИЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Коротченко
Лариса Никитовна

Проверено

Комсомольск – на – Амуре 19.04.2024 Зачтено Библиотека

2024

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика»
Комсомольского-на-Амуре государственного университета
(КнАГУ).

Научный руководитель кандидат тех. наук, доцент
Скрипилев Александр
Александрович

Рецензент Заместитель генерального директора
по управлению персоналом и
административным вопросам,
кандидат тех. наук
Киница Олег Игоревич

Защита состоится «22» февраля 2024 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Секретарь ГЭК Н.Н. Мельникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Для электроснабжения технологических комплексов различных производств зачастую более целесообразна выработка электроэнергии на постоянном токе. В этом случае актуально применение в составе автономных источников электроснабжения асинхронного вентильного генератора, который представляет собой электротехнический комплекс, состоящий из асинхронного генератора, батареи конденсаторов возбуждения и выпрямительного устройства. Долгое время считалось, что использование АГ в автономном режиме связано с большими сложностями, а потому не является целесообразным. Если проблема значительной массы и большой стоимости конденсаторов возбуждения в настоящее время решена, благодаря успехам в конденсаторостроении, то вопрос создания простой и надежной системы стабилизации выходного напряжения асинхронного генератора остается открытым. Все известные на сегодняшний день способы регулирования напряжения асинхронного генератора имеют определенные недостатки, в результате, область применения таких генераторов ограничена.

Степень разработанности. В процессе работы над диссертацией был проведен обзор существующих автономных источников электроэнергии. Был предложен дискретно-непрерывный двухканальный способ стабилизации напряжения асинхронного генератора. Разработана и исследована математическая модель автономного асинхронного генератора. Рассмотрены области применения автономных систем электроснабжения.

Объектом исследования Объектом исследования является асинхронный вентильный генератор. Предметом исследования является автономная система электроснабжения.

Целью и задачей исследования является обосновать целесообразность применения асинхронных вентильных генераторов в составе автономных источников электроснабжения.

Личный вклад. Автором был проведен обзор наиболее перспективных и надежных систем автономного электроснабжения объектов проведено моделирование асинхронного вентильного генератора.

Апробация работы.

Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на всероссийской национальной научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.), 2-й всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований» (г. Комсомольск-на-Амуре, 2019 г.) и в общероссийском электронном журнале «Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета» № III - 1 (39) 2019 Наука о природе и технике.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 25 наименования, содержит 78 страниц машинописного текста, 22 рисунков, 3 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, приводится краткое изложение цели работы, намечен круг решаемых задач.

Первая глава содержит область применения автономных систем электроснабжения и типовые схемы (рис.1) и ветрогенератор горизонтального исполнения (рис.2).



Рисунок 1 – Классификация автономных источников электроснабжения по типу механической энергии

Автономной системой электроснабжения (СЭС) называется совокупность электроустановок на базе автономных источников электрической энергии и предназначенных для обеспечения ею местных потребителей.

Автономным источником электроэнергии называется

энергетическая установка, предназначенная для выработки электрической энергии и не входящая в состав энергетической системы. АИЭ в общем случае состоит из двух основных систем: системы источника механической энергии вращения и системы генерации электроэнергии, обеспечивающей превращение механической энергии в электрическую. На рисунке 1 приведена классификация АИЭ по типу источника механической энергии. В качестве источника механической энергии можно использовать ветер (ветроэнергетические установки), гидроэнергию, однако в основном применяются приводные двигатели работающие на органическом топливе. Из двигателей внутреннего сгорания в автономных энергетических установках наибольшее применение получили дизели. Дизельные электростанции составляют примерно 96 % от общего числа малых электростанций, эксплуатируемых в России.

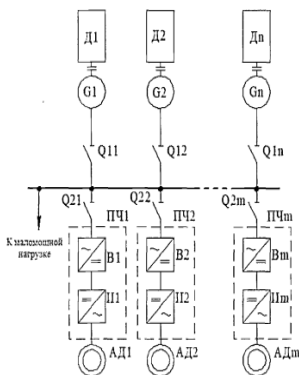


Рисунок 2 – Обобщенная схема автономной системы электроснабжения частотно-регулируемым приводом

В качестве источника электроэнергии используются синхронные генераторы G1 - Gn с приводными двигателями Д, подключенные к общей шине через вводные выключатели Q11 - Q1n. Основную нагрузку составляют асинхронные приводы, управление которыми осуществляется посредством

преобразователей частоты ПЧ1 - ПЧт, состоящие из выпрямителей В1 — Вт и инверторов И1 — Ит. ПЧ подключены к общей шине через выключатели отходящих линий Q21 - Q2т. От общей шины получают питание и различные вспомогательные системы и механизмы.

Проанализируем схему, изображенную на рисунке 2. Как правило, суммарная установленная мощность силовых агрегатов определяется максимальной нагрузкой потребления электроприемников, получающих питание от АИЭ. Однако технологический процесс в большинстве случаев не требует одновременной работы всех исполнительных механизмов, что приводит к необходимости снижения мощности, вырабатываемой автономной электростанцией, с целью поддержания баланса мощностей. Снижение электрической мощности каждого силового агрегата приводит к тому, что приводные двигатели агрегатов работают в режиме недогрузок, а иногда и в режиме близком к холостому ходу, что приводит к необоснованному перерасходу топлива. Для дизельных двигателей эксплуатация при загрузке ниже 20% крайне нежелательна, поскольку значительно снижает их срок службы из-за закоксовывания цилиндров. Поэтому баланс генерируемой и потребляемой мощностей поддерживается за счет изменения числа работающих генераторов, то есть структура автономной СЭС изменяется в зависимости от изменения мощности нагрузки. Изменение структуры, как правило, производится оператором вручную, в соответствии с графиком работы исполнительных механизмов. Однако включение дополнительных генераторных установок на параллельную работу требует выполнения достаточно сложной процедуры введения генераторов в синхронизм перед подключением их к общей шине, что не может не сказаться на оперативности в перестройке структуры автономной СЭС. Для оперативной отработки больших набросов нагрузки

необходимо иметь некоторый запас по мощности, что приводит к неоптимальной работе силовых агрегатов с точки зрения потребления топлива.

Вторая глава математическая модель асинхронного вентильного генератора Для изучения режимов работы источника питания автономной СЭС на основе асинхронного вентильного генератора, необходимо построить математическую модель АВГ. Несмотря на то, что АВГ как техническое устройство известно довольно давно, его целостного математического описания на сегодняшний день не существует.

Источник питания на основе АВГ можно представить в виде комплекса, состоящего из следующих функциональных узлов (рисунок 3)

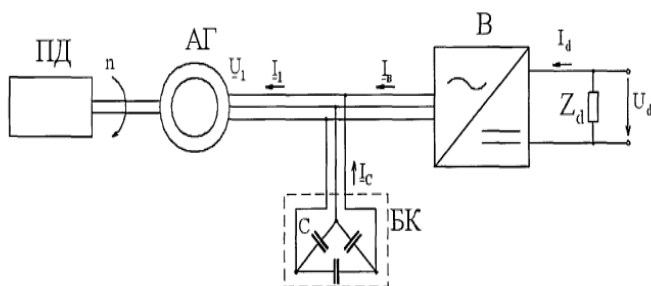


Рисунок 3 - Функциональная схема источника питания автономной СЭС на основе асинхронного вентильного генератора

По сути, асинхронный вентильный генератор представляет собой асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением, работающий на выпрямительную нагрузку. Следовательно на первом этапе необходимо рассмотреть математическую модель автономного асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением.

Третья глава источник питания автономной системы электроснабжения на основе асинхронного вентильного генератора:

На рисунке 4 изображена функциональная схема системы управления, реализующей дискретно-непрерывный двухканальный способ стабилизации выходного напряжения источника питания автономной СЭС на основе АВГ. Система является замкнутой. В ее состав входят два основных контура управления - контур частоты вращения ротора АГ и контур емкости С батареи конденсаторов возбуждения БК, а так же два вспомогательных контура - контур контроля тока статора I_1 контур включения АВГ на нагрузку.

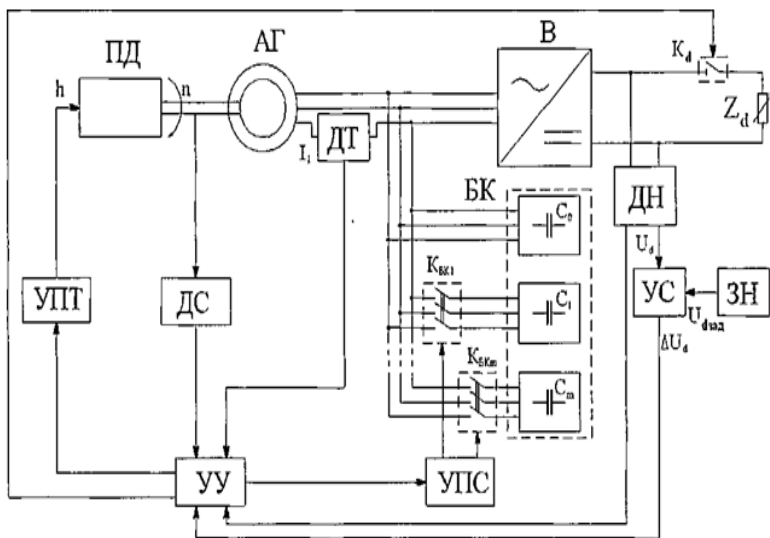


Рисунок 4 - Функциональная схема системы управления, реализующая дискретно-непрерывный способ стабилизации

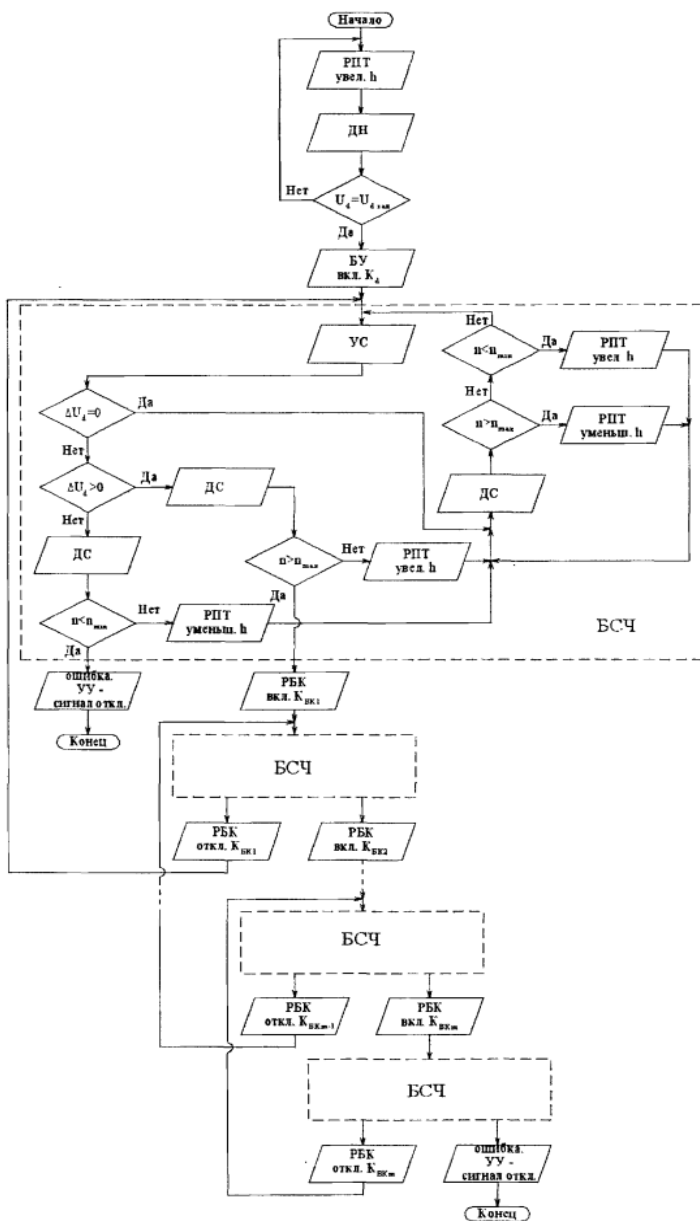


Рисунок 5 – Алгоритм устройства управления

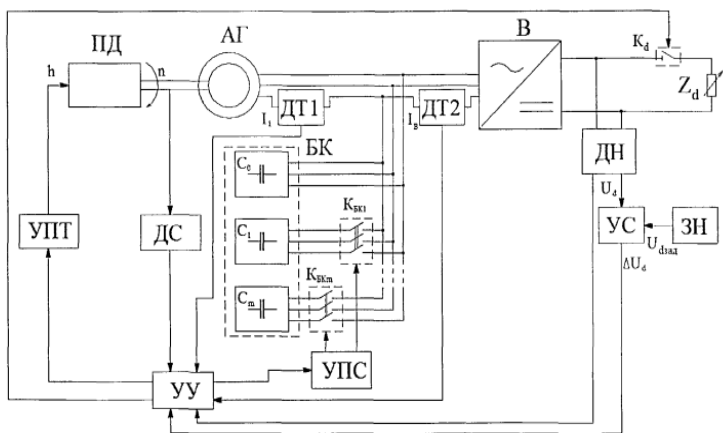


Рисунок 6 – Функциональная схема системы, с датчиком тока выпрямителя

Четвертая глава посвящена выбору элементной базы источника питания

Приводной двигатель. В качестве приводного двигателя в настоящей работе рассматривается дизель, как наиболее распространенный среди ДВС. Из отечественных производителей дизельных двигателей наиболее известным является ОАО «Ярославский моторный завод», выпускающий двигатели для транспорта и ДЭС мощностью от 90 до 500 кВт. Цена в зависимости от типа и мощности дизеля колеблется от 185 до 286 тыс. руб.

Асинхронный генератор. Разработанный способ стабилизации напряжения источника питания на основе АВГ не предполагает внесения изменений в конструкцию асинхронной машины, поэтому в качестве генератора можно использовать серийный асинхронный двигатель общепромышленного исполнения.

В настоящее время отечественными предприятиями выпускаются асинхронные двигатели серий А04, 5АМ, АИР и др., мощность которых варьируется от нескольких сотен ватт до нескольких сотен киловатт. Средняя стоимость одного киловатта мощности в диапазоне от 40 до 200 кВт при номинальной частоте вращения 1500 об/мин составляет 1000 руб/кВт, что ниже аналогичного показателя у синхронных генераторов, составляющего 1300 руб/кВт.

Выпрямитель. Схема выпрямителя, входящего в состав АВГ при применении разработанного способа стабилизации напряжения, представляет собой мост Ларионова, который является типовым устройством, применяемым практически во всех преобразовательных устройствах. Один из лидеров отечественных производителей преобразовательной техники ОАО «Электровыпрямитель» предлагает широкий спектр устройств силовой электроники, среди которых трехфазные диодные мосты серии М6Д. Мосты серии М6Д применяются в составе входных выпрямителей различных преобразователей частоты и выпрямителей для питания обмоток возбуждения электродвигателей. Ток моста от 425 до 2000 А. В качестве выпрямителя возможно также применение готового блока, представляющего собой входной выпрямитель серийно выпускаемых преобразователей частоты ОМЕГА-1 и ОМЕГА-2. Эти ПЧ выпускаются для частотно-регулируемых электроприводов различного назначения и рассчитаны на подключение электродвигателей мощностью от 5,5 до 315 кВт.

Батарея конденсаторов возбуждения должна отвечать следующим требованиям: возможность регулирования емкости посредством изменения количества ступеней; возможность выбора емкости ступеней в широком диапазоне; автоматичность регулирования.

Всем перечисленным требованиям соответствуют конденсаторные установки, используемые в промышленности для компенсации реактивной мощности.

Вывод

В представленной диссертационной работе была рассмотрена автономная система электроснабжения и область ее применения. Рассмотрена целесообразность использования асинхронного вентильного генератора в автономных системах электроснабжения. Разработана и исследована математическая модель асинхронного генератора.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Рассмотрены особенности использования асинхронного вентильного генератора в автономных системах электроснабжения.

2. Предложен дискретно-непрерывный двухканальный способ стабилизации напряжения на основе асинхронного генератора.

Разработана математическая модель асинхронного вентильного генератора.