

УДК 621.311

А.В. МАХИЯНОВ, аспирант гр. А2773/16-21-01 (УГНТУ)
Научный руководитель Р.Р. САТТАРОВ, проф., д.т.н., доцент (УГНТУ)
г. Уфа

АЭРОСТАТНО-ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСШИРЕНОМ ДИАПАЗОНЕ ВЕТРОВЫХ СКОРОСТЕЙ

Аннотация. Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании кинетической энергии ветра для выработки электроэнергии с помощью ветроэнергетических установок. Использование ветра для выработки электричества активно развивается во многих странах мира. Преимуществами ветроэнергетики являются её экологичность, энергия ветра является практически неиссякаемым источником, относительно низкая стоимость эксплуатации по сравнению с традиционными методами производства энергии. Основной проблемой многих ветроэнергетических установок является сложность стабильного генерирования переменного напряжения из-за постоянно изменяющейся скорости ветра. В данной статье дано описание нового технического решения – аэростатно-ветроэнергетического устройства для выработки электроэнергии в расширенном диапазоне ветровых скоростей. Задача, на решение которой направлено данное техническое решение является обеспечение ступенчатого и плавного регулирования напряжения при коммутации цепей постоянного напряжения для сохранения высокой эффективности в расширенном диапазоне: как при нормальных, так и при высоких ветровых скоростях.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, синхронный генератор с постоянными магнитами, зеленая энергетика, коммутация обмоток.

Генерация электроэнергии в ветроэнергетических установках прямо зависит от интенсивности и постоянства ветра. Если скорость ветра высокая, то производство электроэнергии оказывается под угрозой. При очень высоких скоростях ветра (обычно от 20-25 м/с и выше) во многих случаях работа ветроэнергетических установок останавливается, для предотвращения аварий [1]. Известны технические решения и математические расчеты, которые решают данную проблему [2].

Известно устройство для выработки электроэнергии в расширенном диапазоне ветровых скоростей, содержащее ветроколесо, которое при помощи муфты соединено валом с ротором синхронного генератора с постоянными магнитами. В свою очередь, синхронный генератор с постоянны-

ми магнитами последовательно с помощью муфты соединен с синхронным генератором с постоянными магнитами одновального исполнения. К трехфазным обмоткам синхронных генераторов с постоянными магнитами, соединенным звездой, подсоединенены два выпрямителя, выводы которых через коммутирующее устройство присоединены к выходу преобразователя постоянного напряжения, подзаряжающего аккумулятор и/или через инвертор, обеспечивающего питание нагрузки. Коммутирующее устройство и преобразователь постоянного тока регулируются системой управления посредством измерителя напряжения [3]. Недостатком устройства является невозможность работы при высоких скоростях ветра.

Обеспечение ступенчатого и плавного регулирования напряжения при коммутации цепей постоянного напряжения для сохранения высокой эффективности в расширенном диапазоне: как при нормальных, так и при высоких ветровых скоростях, реализуется в аэростатно-ветроэнергетической установке, схема которой показана на рисунке 1 [4].

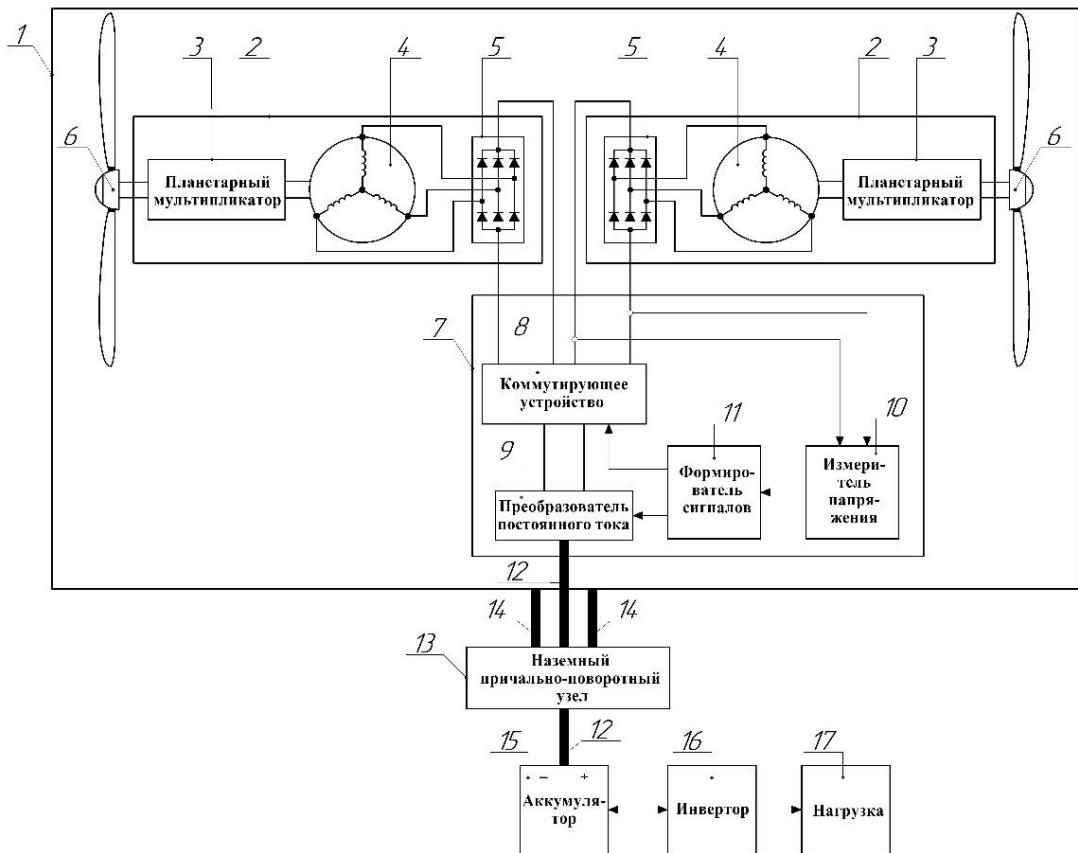


Рис. 1. Аэростатно-ветроэнергетическая установка для выработки электроэнергии в расширенном диапазоне ветровых скоростей: 1 – воздухоплавательный модуль; 2 – гондола; 3 – планетарный мультиликатор; 4 – синхронный генератор с постоянными магнитами; 5 – выпрямитель; 6 – ветроколесо; 7 – блок измерений напряжений и коммутаций; 8 – коммутирующее устройство; 9 – преобразователь постоянного тока; 10 – измеритель напряжения; 11 – формирователь сигналов; 12 – трос-кабель; 13 – наземный причально-поворотный узел; 14 – дополнительные тросы; 15 – аккумулятор; 16 – инвертор; 17 – нагрузка

Аэростатно-ветроэнергетическая установка содержит воздухоплавательный модуль 1 с подвешенными снизу ветросиловыми блоками, в составе гондол 2, в корпусах которых находятся планетарные мультипликаторы 3, синхронные генераторы с постоянными магнитами 4 и выпрямители 5, подвешенных ветроколес 6. Выводы выпрямителей 5 подведены к блоку измерений напряжений и коммутаций 7, состоящего из коммутирующего устройства 8, преобразователя постоянного тока 9, измерителя напряжения 10 и формирователя сигналов 11. Блок измерения напряжения и коммутаций 7 соединен тросом-кабелем 12 с наземным причально-поворотным узлом 13, для последующего заряда аккумулятора 15 и/или через инвертор 16 для обеспечения питания нагрузки 17. В свою очередь наземный причально-поворотный узел 13 оборудован дополнительными тросами 14 для закрепления аэростатно-ветроэнергетической установки.

Все выводы элементов электрической части аэростатно-ветроэнергетической установки, в виде проводов, соединены между собой с помощью операции пайки.

Аэростатно-ветроэнергетическая установка работает следующим образом.

Воздухоплавательный модуль 1 поднимается на заданную высоту и разворачивается воздушным потоком по круговой траектории вокруг наземного причально-поворотного узла 13 и фиксируется так, что его продольная ось симметрии ориентируется на ветер.

При благоприятной скорости ветра в нормальном диапазоне скоростей для работы аэростатно-ветроэнергетической установки, ветроколеса 6 гондол 2 ветросиловых блоков посредством планетарного мультипликатора 3 врачают с нормальной скоростью синхронные генераторы с постоянными магнитами 4, которыми вырабатывается переменное напряжение в трехфазных обмотках, преобразуемое далее в постоянное при помощи выпрямителей 5. При данном режиме в блоке измерений напряжений и коммутаций 7, коммутирующее устройство 8, при соответствующем сигнале от формирователя сигналов 11, соединяет выводы выпрямителей 5 так, что они оказываются подключенными последовательно, при этом выходное напряжение имеет нормальное удвоенное значение, а полный ток равен нормальному току одного выпрямителя. Преобразователь постоянного тока 9, к которому подключены выводы коммутирующего устройства 8, стабилизирует величину постоянного напряжения до номинального уровня при незначительных отклонениях. Стабилизированное напряжение используется для заряда аккумулятора 15 и/или через инвертор 16 для питания нагрузки 17 на поверхности земли. При таком режиме обеспечивается соответствующий ветровой скорости уровень мощности аэростатно-ветроэнергетической установки при сохранении нормального значения напряжения и тока. Установка работает в нормальном режиме.

При повышении скорости ветра выше благоприятной, соответственно увеличится скорость вращения ветроколес 6 гондол 2 ветросиловых блоков и напряжение синхронных генераторов с постоянными магнитами 4. Напряжение после выпрямителей 5 будет увеличиваться, что определится в блоке измерений напряжений и коммутаций 7 измерителем напряжения 10, подключенным к одному из выпрямителей. При достижении максимального порога напряжения, формирователь сигналов 11 подаст сигнал на переключение коммутирующего устройства 8, которое соединит выводы выпрямителей 5 параллельно. Это приведет к уравниванию напряжений выпрямителей 5, и выходное напряжение будет иметь нормальное значение, а полный ток будет в два раза выше тока одного выпрямителя. Преобразователь постоянного тока 9 стабилизирует выходное напряжение до нормального уровня. При этом ток и мощность ветроэнергетической установки увеличится по сравнению с нормальным режимом до соответствующего повышенной ветровой скорости уровня.

При обратном понижении скорости ветра до благоприятной для нормальной работы аэростатно-ветроэнергетической установки, формирователь сигналов 11 обеспечит обратное переключение выводов выпрямителей 5 на последовательную работу. Установка окажется в нормальном режиме работы с соответствующим уровнем мощности.

При этом во всех режимах ветроэнергетическое установка сохраняет нормальный уровень напряжения и выдает максимально возможную мощность при данной скорости ветра.

Таким образом, данная установка обеспечивает сохранение высокой эффективности в расширенном диапазоне: как при нормальных, так и при высоких ветровых скоростях.

Список литературы:

1. FAQ (часто задаваемые вопросы) 2024 [Электронный ресурс] - URL: <https://rawi.ru/services/faq//> (дата обращения: 26.09.2024).
2. Павленко И.М., Степанов С.Ф., Ербаев Е.Т. Обеспечение эффективной работы мультимодульной ветроэлектростанции при изменении скорости ветра и нагрузки // Научное обозрение. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 93-94;
3. Патент на полезную модель № 219734 U1 Российская Федерация, МПК H02P 9/00. Ветроэнергетическое двухгенераторное устройство для выработки электроэнергии в расширенном диапазоне ветровых скоростей : № 2023105593 : заявл. 09.03.2023 : опубл. 02.08.2023 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов, А. А. Евдокимов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет".

**VII Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

309-5

24-26 октября 2024 г.

4. Патент на полезную модель № 227868 U1 Российская Федерация, МПК H02P 9/10, F03D 9/30. Аэростатно-ветроэнергетическое устройство : № 2024104806 : заявл. 26.02.2024 : опубл. 07.08.2024 / Р. Р. Саттаров, А. В. Махиянов, И. И. Балгазин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский государственный нефтяной технический университет".

Информация об авторах:

Махиянов Артур Валерьевич, аспирант гр. А2773/16-21-01, УГНТУ, 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1, artur.makhiyanov.sems510@mail.ru