

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.V. – С. 226-230

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

Кайдар А. Б., докторант

Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина , г. Нур-Султан

Основной проблемой ветрогенераторов является то, что они работают в узком диапазоне скоростных характеристик ветрового потока, а именно, с 4-6 м/с до 11-14 м/с [1]. При скорости ветра ниже 3 м/с у ветрогенератора или не вращаются колеса, или, если вращаются, то ветрогенератор не может развить паспортную мощность [2].

При скоростях ветра свыше 14 м/с необходимо ограничивать во избежание повреждений скорость вращения лопастей ветрогенератора балластными сопротивлениями или механическими способами вроде изменения угла атаки лопасти или жесткой фиксации лопасти [3] и т.п.

Анализ технической литературы и патентная проработка [1-5? 7] показала, что в направлении совершенствования ветроколес имеется масса разработок, но большинство из них решая конкретную задачу, тем не менее обладают рядом характеристик, не позволяющих эффективно применять их для климатических условий Павлодара с ветрами изменяющихся от штилевого до штормового [4].

В связи с этим поставлена задача, разработать ветроэлектростанцию с повышенным коэффициентом использования кинетической энергии ветра в широком диапазоне скоростей ветра. Техническим результатом является более эффективное использование энергии ветра, возможность выработки механической энергии при низких, средних и высоких скоростях ветра.

Схема подобного устройства приведена на рисунках 1, 2 и 3.

На рисунке 1 показаны возможные положения лопастей ветроколес, на рисунке 2 приведена конструкция поворотного механизма лопастей ветроколес, на рисунке 3 представлена схема системы автономного электроснабжения, оснащенная ветроустановкой, обладающей свойствами разворота лопастей с целью увеличения парусности при низких скоростях ветра и сворачивания лопастей при достижении номинальной скорости вращения.

Это достигается за счет того, что каждое встречно вращающееся ветроколесо выполняется двойным, а именно верхние лопасти ступиц 1 крепятся к верхней части ступицы 3 (рисунок 1, 2, 3), нижние лопасти ступиц

2 крепятся к нижней части ступицы 4, части ступиц 3 и 4 выполняются, связанными между собой болтами 8 и гайками 14, с возможностью перемещения относительно друг друга (рисунок. 2) относительно оси вала вращения 15. Болты жестко закреплены в отверстиях нижней части ступицы и могут перемещаться в прорезях 7 верхней части ступицы.

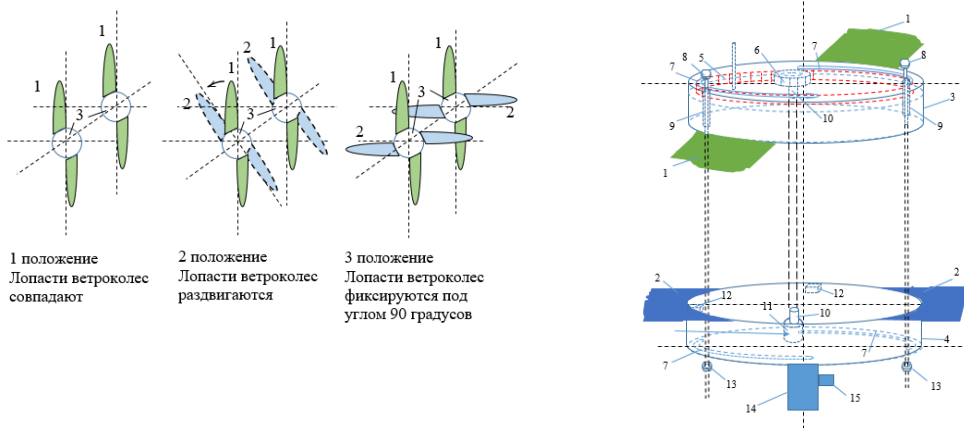


Рисунок 1 – Положения лопастей ветроколес
Рисунок 2 – Механика движения лопастей ветроколес

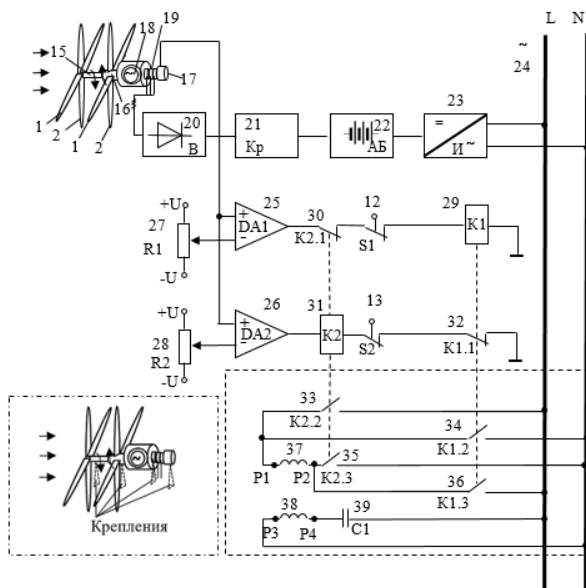


Рисунок 3 – Схема системы автономного электроснабжения

На верхней части ступицы 3 располагают изогнутую зубчатую рейку, представляющую фрагмент зубчатой ведомой шестерни ступицы 5 с внутренними зубцами (рисунок. 2), входящую в зацепление с ведущей шестерней 6 редукторного двигателя 11, который закреплен на нижней части ступицы 4.

Перемещение частей ступицы вместе с лопастями обеспечивается редукторным двигателем 11, при включении которого лопасти из совмещенного состояния (рисунок. 1, положение 1) начинают раздвигаться (рисунок. 1, положение 2) и устанавливаются в положении 3. Остановку редукторного двигателя 11 в положении 3 (рисунок. 1) с развернутыми на 90 градусов лопастями обеспечивает конечный выключатель S1 12 (рисунок 2).

Ограничение движения частей ступиц в обратном направлении при совмещении лопастей обеспечивается конечным выключателем S2 13 (рисунок 2).

При высоких скоростях ветра в совмещенном состоянии лопастей, снижается ветровая нагрузка на ветроустановку и на опорную мачту ветроустановки за счет снижения парусности, что повышает надежность системы автономного электроснабжения при штормовых ветрах. Кроме того, в совмещенном состоянии лопастей увеличивается их сопротивление на изгиб от встречного потока, за счет удвоения поперечного сечения лопастей, что также снижает вероятность повреждения лопастей.

При низких скоростях ветра лопасти разворачиваются в положение 3 (рисунок 1), обеспечивая воздействие ветра на ветровое колесо и увеличивая генерацию электроэнергии.

Управление системы автономного электроснабжения осуществляется схемой, приведенной на рисунок 3.

Ветроустановка состоит из двух ветроколес с раздвижными лопастями 1 и 2 (рисунок 1, 2). Ступица левого (первого) ветроколеса (рисунок 3) насажена на вал вращения ротора синхронного генератора 18, ступица правого (второго) ветроколеса насажена на полый вал, скрепленный со статором синхронного генератора. Лопасти первого и второго ветроколес развернуты таким образом, что при обеспечивают встречное вращение ветроколес и, соответственно, встречное вращение ротора и статора синхронного генератора. Для свободного вращения статора, предусмотрены точки крепления опор на подшипниках, показаны условно на рисунке 3 в контуре штрихпунктиром, как в прототипе, и токосъемные кольца 19 на статоре. Схема крепления выделена отдельно, чтобы не загромождать основную схему.

Встречное вращение обеспечивает удвоенную относительную скорость вращения ротора и статора: если скорость первого ветроколеса W_1 , а второго W_2 , то относительная скорость при встречном вращении будет равна $W_{\text{относительная}} = W_1 + W_2$.

Переменное генерируемое напряжение снимается с токосъемных колец 19 (рисунок 3), выпрямляется выпрямителем 20, подается на аккумуляторная батарея 22 через контроллер 21, который контролирует величину

напряжения. Постоянное напряжение аккумуляторной батареи инвертируется в переменное, инвертором 23 и подается на шины 24 переменного тока для питания нагрузки.

Напряжение с датчика скорости 17 (рисунок 3), в качестве которого можно использовать тахогенератор постоянного тока, подается на неинвертирующие входы операционных усилителей DA1 25 и DA2 26, образующих с делителями напряжения R1 27 и R2 28, компараторы. Делители питаются от источников постоянного напряжения +U, -U, которые можно организовать от аккумуляторной батареи 22.

Подвижными контактами делителей напряжения R1 27 и R2 28, задаются уставки срабатывания компараторов DA1 25 и DA2 26, соответствующие минимальному V_{min} и максимальному V_{max} значению скорости ветра, при которых необходимо раздвигать или складывать лопасти ветроколес ветрогенератора. Фактически эти два компаратора образуют двух пороговую схему сравнения с нижним и верхним порогом срабатывания с уставками $U_{уст\ ниж}$ и $U_{уст\ верх}$.

Первый компаратор DA1 25 настраивается на минимальную скорость ветра V_{min} , определяемую датчиком скорости 17. Настройка заключается в выставлении ползунком потенциометра R1 27 на инвертирующем входе компаратора DA1 25 напряжения, соответствующего напряжению на выходе датчика скорости ветра 17 (рисунок 3) при минимальной скорости оборотов, но не равной нулю. Это соответствует моменту разворота нижних лопастей ступиц 2.

Понижение оборотов ветроколес ведет к уменьшению напряжения на выходе датчика скорости 17 и при достижении величины напряжения, соответствующей минимальной скорости, происходит срабатывание компаратора DA1 25, вследствие совпадения напряжения на неинвертирующем входе $U_{неинв}$ с заданным потенциалом $U_{инв}$ на инвертирующем входе DA1 25. То есть напряжения срабатывания $U_{ср}$ или напряжение уставки $U_{уст\ ниж}$ соответствует условию:

$$U_{ср} = U_{неинв} = U_{инв} = U_{уст\ ниж},$$

где $U_{уст\ ниж}$ – нижний порог напряжения на инвертирующем входе компаратора DA1 25, соответствующий минимальной скорости ветра V_{min} , при которой начинается разворот нижних лопастей ступиц 2.

Вследствие срабатывания компаратора DA1 25 на его выходе появляется логическая единица, приводящая к включению реле 29 K1, ввиду протекания тока с выхода компаратора DA1 25 через контакт K2.1 30, замкнутый конечный выключатель S1 12, на массу (минусовую шину питания микросхем).

Включение реле K1 29 приводит к размыканию его нормально замкнутого контакта K1.1 32 и замыканию нормально разомкнутых контактов K1.2 34 и K1.3 36, что приводит к протеканию переменного тока от фазы L шины переменного тока 24 через контакт K1.3 36, обмотку P1, P2 37 и контакт K1.2 34 к нулевой шине N. Обмотка редукторного двигателя P3, P4 38, подключена к однофазной сети переменного тока 24, через конденсатор C1 39. Одновременное протекание токов по обмоткам P1, P2 37 и P3, P4 38 вызывает вращение редукторного двигателя вперед, перемещая нижние лопасти ступиц 2 (рисунок 2) в положение 3 (рисунок 1), вращение передается через вал редукторного двигателя 10 на шестерню 6, которая входя в зацепление с шестерней ступицы 5, начинает разворачивать лопасть 2 (рисунки 1 и 2) против часовой стрелки (положение 2 рисунок 1) до срабатывания конечного выключателя S1 12 (рисунок 2) тем самым разворачивая лопасть 2 относительно лопасти 1 на 90 градусов (положение 3 рисунок 1).

Отключение выходной цепи компаратора DA1 25 конечным выключателем S1 12 (рисунок 3) предотвращает его воздействие на редукторный двигатель 10 при изменениях скорости вращения вблизи V_{min} .

Повышение оборотов ветроколес ведет к увеличению напряжения на выходе датчика скорости 17 (рисунок 3) и при достижении величины напряжения, соответствующей скорости ветра V_{max} , происходит срабатывание компаратора DA2 26, вследствие совпадения напряжения на неинвертирующем входе $U_{неинв}$ с потенциалом на инвертирующем $U_{инв}$. То есть напряжения срабатывания $U_{ср}$ или напряжение уставки $U_{уст\ верх}$ соответствует условию:

$$U_{ср} = U_{неинв} = U_{инв} = U_{уст\ верх}.$$

Вследствие срабатывания на выходе компаратора DA1 26 появляется логическая единица, приводящая к включению реле K2 31, ввиду протекания тока с выхода компаратора DA2 26 через обмотку реле K2 31, замкнутый конечный выключатель S2 13, нормально замкнутый контакт K1.1 32, на массу (минусовую шину питания микросхем). При этом срабатывание K2 31 ведет к замыканию нормально разомкнутых контактов K2.2 33 и K2.3 35, что обуславливает протекание тока от шины L однофазной сети переменного тока 24, через контакт K2.2 33, обмотку P1, P2 37, контакт K2.3 35, к нулевой шине N сети переменного тока 24. Ток через обмотку P1, P2 37 протекает в обратном направлении, что обеспечивает реверсирование редукторного двигателя 11.

Работа редукторного двигателя 11 приводит к складываю верхних и нижних лопастей ветроколес (рисунок 1, 2).

Выводы

1. Ветроэнергетика является одним из перспективных экологически чистых источников энергии.

2. Электроснабжение удаленных населенных пунктов при малой мощности целесообразно использовать только автономное электроснабжение с применением возобновляемых источников энергии.

3. Автономная система электроснабжения, обеспечивающая раздвижением и совмещением лопастей в функции скорости ветра, повышает эффективность разработанной системы электроснабжения по сравнению с прототипом, расширяет круг функциональных возможностей, позволяет существенно повысить надежность энергетической системы, обеспечить гарантированный срок эксплуатации без аварий.

Список использованной литературы

1А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, Н.М. Падруль. Повышение эффективности преобразования энергии ветра. Материалы международной научно-технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 10 октября 2014 года, с. 204-210, ISBN 978-601-238-128-3.

2 А.Б. Кайдар, В.П. Марковский, А.П. Кислов, Б. К. Шапкенов, Е.Т. Шахман, О.К. Жетписов. К выбору эффективных режимов работы Электромеханических систем по критериям энергетической эффективности или позиционирования. Сборник Караганда. 2015.

3 Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А.П., Марковский В.П. Новые ветроколеса с улучшенными энергетическими показателями. Перспективы строительства ветроэлектростанций на территории Казахстана. Вестник ПГУ, Энергетическая серия, 2015 г., № 2, С. 46-53. ISBN 1811-1858.

4 Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов АП, Марковский В.П. Перспективы строительства ветроэлектростанций на территории Казахстана. Вестник ПГУ, Энергетическая серия, 2015 г., № 2, С. 53-61. ISBN 1811-1858.

5 Планетарный привод генератора электрического тока ветроэлектростанции. Патент РФ RU2518783, F03D 7/00. Ващенко Юрий Фёдорович (RU), Соколов Геннадий Евгеньевич (RU). Оpubл. 10.06.2014.

6 Стан с осью вращения. Патент РФ RU 2404871 В21В 31/26. Староверов Н.Е. Оpubл. 27.11.2010.

7 Ветрогенератор со встречновращающимися ветроколесами. Кайдар Аргын Бауыржанулы, Шапкенов Бауыржан Кайдарович. Патент РК 31254 15.06.2016, бюл. №6.