

РАСШИРИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Соколовский Юлий

Ph.D. Хайфа, Израиль.

E-mail: sokol1937y@gmail.com Тел.+(972)549065410,

Аннотация. Учитывая актуальность и возрастающий интерес к использованию энергии ветра, рассмотрены работы по созданию новых и модернизации известных конструкций ветроэнергетических установок различного применения, эффективных способов преобразования энергии воздушного потока в другие виды энергии. В статье приведены описания разработанных способов и конструкций, которые отличаются целым рядом усовершенствований, существенно повышающих их энергетическую, экономическую и эксплуатационную эффективность.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветроэлектростанция, ветроэнергетическая установка, воздушный поток, контроллер, вал, лопасть, флюгер, крыло, ветротурбина.

Угроза нехватки невозобновляемых источников энергии и рост зависимости от импортируемого топлива привели к активизации исследований, направленных на преобразование ВП в пригодный для использования вид энергии [1,2,3]. В мире сейчас работают сотни тысяч промышленных ВЭУ разной мощности. Ветроэнергетические мощности используются в десятках стран. Лидерами по производству ветровой электроэнергии являются США, Китай, Германия, Испания, Индия. На долю этих стран приходится более 70 % производства всей ветровой энергии. Ветроэнергетика — один из ведущих секторов современной энергетики, и развивается он крайне динамично. В течение прошедших трех лет в мире ежегодно строилось более 50 гигаватт ветряных электростанций. Промышленная ветроэнергетика — капиталоемкая отрасль. Для того, чтобы «поймать» ветер, энергетики стремятся забраться все выше, строят башни, которые скоро достигнут 200-метровой высоты. Далее будут рассмотрены некоторые новые способы и конструкции ВЭУ, извлекающие энергию воздушного потока (ВП), преобразуя ее в механическую, а затем – в электрическую энергию.

1. Экологичная и энергоэффективная ветротурбина [4].

Общий вид ветротурбины показан на рис.1. Сформирована симметричная призма 1 с симметричными многоугольниками в переднем и заднем ее основаниях. На главном горизонтальном валу 2 конический редуктор 5 и втулки 6 с подшипниками, устройство управления 6а, в состав которого входит контроллер, к которому подключены датчик скорости генератора, датчик скорости ВП и датчик тока генератора 12, базовая опорная конструкция 3, защитная сетка 4. Рабочий вал 7 через коническую передачу передает вращение на блок генератора через радиальный подшипник 8 на опоре 9 и соединительную муфту 10. Ветротурбина может быть размещена, например, на крыше жилого здания. Для ориентации ветротурбины на вектор ВП установлена круговая вилка 14, колесо на оси с ограничителем 15 и кольцевой опорой 16, при этом в качестве флюгера используется боковая поверхность ветротурбины, а центром ее вращения при ориентации на вектор ВП является рабочий вал 7.

Особенностью конструкции ветротурбины является поддержание оптимального положения всех активных элементов относительно вектора входного ВП - т.е. поддержание их угла атаки α в оптимальном рабочем режиме. Благодаря этому ветротурбина в рабочем режиме обеспечивает максимально возможную скорость главного горизонтального вала, рабочего вала и скорость генератора (максимально возможную эффективность). Предлагаемая ветротурбина энергетически более эффективна по сравнению с существующими аналогами и обладает высокими экологическими характеристиками(минимизация вибраций,помех , шума). Важным

достоинством ее является автоматическая ориентация на вектор ВП. Разработка может найти применение в ВЭУ мощностью до 10-30 кВт.

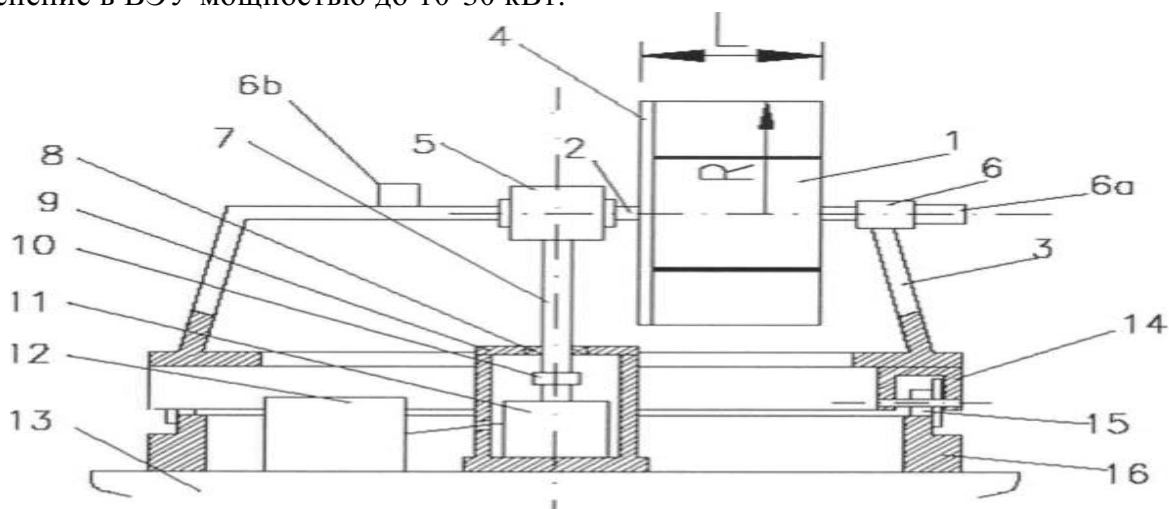


Рис. 1 Ветрогенератор.

1 - призма симметричная, 2 - вал главный горизонтальный, 3 - конструкция базовая опорная, 4 - сетка защитная, 5 - редуктор конический, 6 - втулки с подшипниками, 6а - устройство управляющее, 7 - вал рабочий, 8 - подшипник радиальный, 9 - опора, 10 - муфта соединительная, 11 - генератор с механизмом измерения оборотов и датчиком тока. 12 - преобразователь электроэнергии, 13 - площадка установки ВЭУ, 14 - вилка круговая, 15 - колесо на оси с ограничителем, 16 - опора кольцевая,

2. Ветроэлектростанция [5].

Общий вид ветроэлектростанции показан на рис.2, а вид сверху - на рис.3. Для ветроэлектростанции разработаны конструкция воздухосборника, бицилиндрической турбины с несколькими аэродинамическими крыльями, конического концентратора ВП. Для повышения надежности конструкция с помощью кожуха фиксируется на нижней стороне центрального диска 17. Повышение скорости ВП, направленного на крылья турбины, осуществляется коническим концентратором, также закрепленным на центральном диске 17. Для повышения устойчивости конструкции бицилиндрической турбины используется узел центрирующих роликов. ВП из воздухосборника направляется вверх, к бицилиндрической турбине, при этом с помощью концентратора ускоренный ВП направляется к крыльям турбины 13. Концентрация ВП на крыльях турбины усиливается с помощью внешнего 1 и внутреннего 12 цилиндров, создающих кольцо для продвижения рабочего ВП, взаимодействующего с крыльями. Для защиты конструкции ветроэлектростанции при штормовых ВП, когда скорость главного вала и генератора превышают предельно допустимое значение, в узле управления отключается экстремальный регулятор оборотов главного вала, задающий угол атаки крыльев турбины, и включается стабилизатор скорости главного вала, обеспечивающий ее предельно-допустимые значения, используя информацию датчика скорости генератора. При дальнейшем опасном увеличении скорости ВП стабилизатор поддерживает скорость главного вала путем уменьшения угла атаки, вплоть до нулевого его значения. Рассматриваемая ветроэлектростанция позволяет увеличить "ометаемую площадь", увеличить скорость ВП, попадающего на крылья, оптимизировать угол атаки крыльев относительно вектора ВП в процессе работы, увеличить экологические ее показатели за счет фиксации положения осей крыльев с помощью внешнего и внутреннего цилиндров, а также повысить надежность за счет защиты при штормовых ВП. Указанные преимущества ветроэлектростанции обеспечат ей широкое применение при мощности в 30-100кВт.

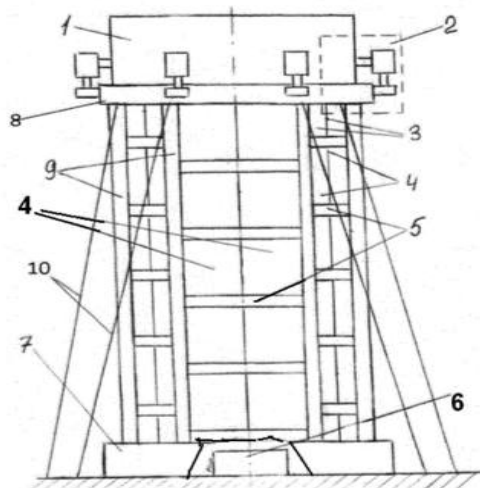


Рис.2. Ветроэлектростанция

1 – цилиндр внешний бидлиндрической ветротурбины на вертикальном валу, 2 - узел роликов центрирующих, 3, 4 – створки малая и большая, 5 - планки горизонтальные опорные, 6 - узел выходной энергетической, 7, 8 кольца-нижнее и верхнее, 9 - стержни мощные вертикальные, 10 - тросы натяжения, для поддержания вертикального положения конструкции.

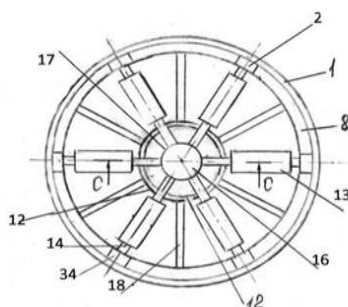


Рис.3. Ветроэлектростанция, вид сверху.

12 - цилиндр турбины внутренний, 13 - крылья аэродинамические, 16 - узел управления поворотом лопастей (контроллер с экстремальным регулятором скорости главного вала и серводвигателем, 17 - диск опорный центральный, 18 - несущие стержни.

3. Устройства для преобразования энергии ВП во вращательное движение электромеханической установки с использованием аэродинамического диска (АД) представлена в [6]. Схема устройства показана на рис. 4. Работа устройства происходит следующим образом. Использование генератора 15 в двигательном режиме приводится во вращение маховик 11, который через палец 9, шатун 10 и опорный диск 8 придает возвратно-поступательное движение силовой скобе 7. Когда силовая скоба проходит крайнее верхнее или крайнее нижнее положение, срабатывают один из конечных выключателей 20, по сигналам их соленоид 3 приводит в движение штоки 4 с грибовидными деталями 5, перемещение которых в вертикальном направлении производит изменение формы АД – изменение положения выпуклости относительно ВП. Соответственно изменяется направление действия подъемной силы АД и изменяется направление вращающего момента на валу маховика 12 от действия подъемной силы. Увеличение вращающего момента на валу маховика 12 увеличивает его частоту вращения и, соответственно, частоту вращения и напряжение генератора 15, который переходит в генераторный режим работы, при этом регулятор зарядного тока 16 обеспечит

подачу энергии блоку аккумуляторов 7 от которого с помощью сетевого инвертора 17 электроэнергия поступит в сеть для питания потребителей.

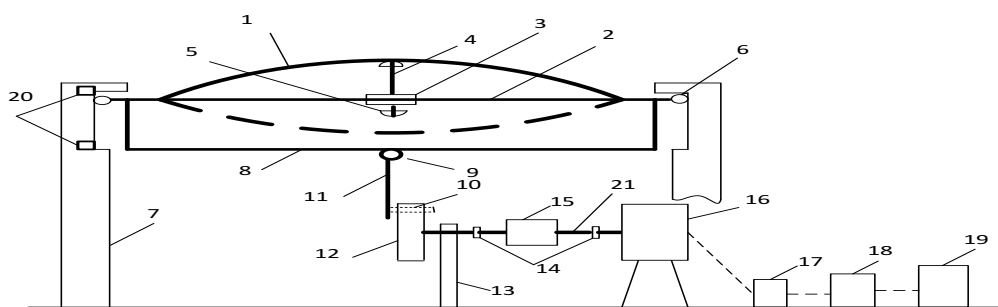


Рис. 4. Общий вид установки для преобразования энергии ВП.

1- одним из положений АД с аэродинамической обшивкой, 2 – базовый лист АД, 3 - соленоид, 4 - шток соленоида, 5 – грибовидные детали на штоке для крепления АД, 6 - направляющие ролики в пазах с ограничителями, 7 - три стойки ветроэнергетической установки, 8 - силовая скоба, 9 - опорный шарнир, 10 - палец маховика и шатуна, 11 - шатун, 12 - маховик, 13 - стойка главного вала, 14 - муфты, 15 - повышающий редуктор, 16 - генератор, 17 - регулятор зарядного тока, 18 - блок аккумуляторов, 19 - сетевой инвертор, 20 – конечный выключатель реверса тока в соленоиде 3, 21- промежуточный вал.

Технический результат применения описанного устройства заключается в эффективном преобразовании кинетической энергии ВП в механическую или электрическую. Достигается он тем, что в результате действия ВП на АД обеспечивается его периодическое реверсивное движение одновременно с симметричным изменением аэродинамической формы относительно базового листа и, соответственно, относительно вектора ВП. Применение крыла в виде аэродинамического диска обеспечивает приемлемую работу установки при любых направлениях ВП без необходимости применения специальных устройств ориентации на вектор ВП, это существенно упрощает и удешевляет конструкцию, упрощает обслуживание и уменьшает занимаемую площадь установки. При этом периодически изменяется направление подъемной силы АД, воздействующей на энергетический узел электромеханической установки.

4. Безредукторная ВЭУ, предназначенной для получения электроэнергии из энергии ВП при переменной скорости последнего, представлен в [7]. Схема этой ВЭУ представлена на рис. 5. Работа схемы происходит следующим образом. Во всем диапазоне изменения скорости ВП подключенный к выпрямителю первый импульсный бустерный стабилизатор 1 обеспечивает стабилизацию напряжения на уровне части, например, 25% от уровня зарядного напряжения блока аккумуляторов А, а подключенный к выходу первого бустерного стабилизатора 1 второй импульсный бустерный стабилизатор 2 в то же время обеспечивает увеличение и стабилизацию выпрямленного напряжения до уровня зарядного напряжения блока аккумуляторов А. Таким образом, на выходе автономного инвертора FC получается напряжение, соответствующее стандартному напряжению сети.

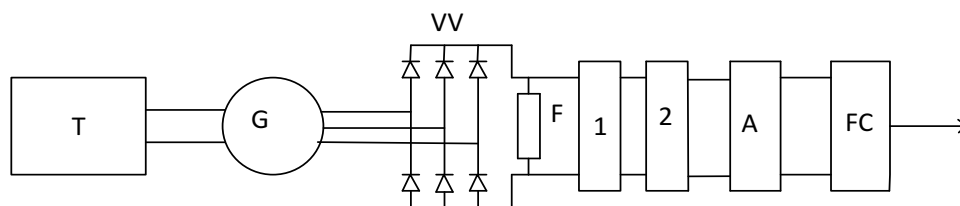


Рис. 5. Безредукторная ВЭУ

Т – ветротурбина, G – трехфазный генератор, VV – трехфазный диодный выпрямитель, F – сглаживающий фильтр, 1 – первый импульсный бустерный стабилизатор напряжения, 2 -

второй импульсный бустерный стабилизатор напряжения, А – блок аккумуляторов, FC – сетевой автономный инвертор

Учитывая, что диапазон возможного увеличения напряжения одним бустерным стабилизатором напряжения составляет $1:3 \div 1:5$ [8], общий диапазон полезно используемой скорости ВП составит от 1:9 до 1:25, что и определяет основные полезные свойства этой схемы ВЭУ.

5. Усиленный вариант ВЭУ без редуктора описан в [9]. Принципиальная схема этого устройства показана на рис.6.

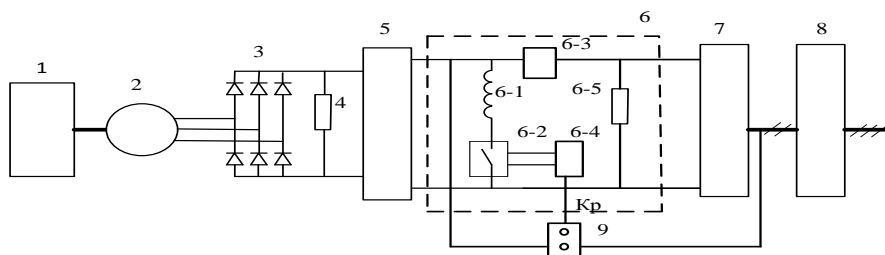


Рис. 6. Схема безредукторной ВЭУ

1 - ветротурбина, 2 - генератор, 3 - диодный выпрямитель, 4 - сглаживающий фильтр, 5 - первый импульсный бустерный стабилизатор напряжения, 6 - второй импульсный бустерный стабилизатор напряжения, 6-1 – ненасыщающийся дроссель, 6-2 - силовой ключ, 6-3 - силовой отсечной диод, 6-4 – управляющее устройство, 6-5 - сглаживающий фильтр бустерного стабилизатора, 7 - блок аккумуляторов, 8 - сетевой автономный инвертор, 9 – делитель.

Достоинства описанных ВЭУ - расширенный диапазон скорости полезно используемого ВП, упрощение кинематической схемы привода генератора, возможность применения серийных генераторов со стандартными параметрами, повышение эксплуатационной надежности. Безредукторные ВЭУ могут найти широкое применение с ветротурбинами различной конструкции и назначения.

6. Способ преобразования энергии воздушного потока во вращательное движение ветровой энергетической установки и устройство для осуществления этого способа [10] по Рис.7. Задачей Способа..... является создание простой и надежной конструкции ветровой энергетической установки, отвечающей основным требованиям по экологии (минимизации вибрационных шумов, помех для электроники, влияния на здоровье людей, отсутствие внешних вращающихся деталей - не бьет птиц и другую летающую живность, может использоваться внутри жилого комплекса) и обеспечивающей эффективный съем энергии ВП, особенно при его малых скоростях. Для концентрации ВП направленного на движущиеся ветростенки (конструкция ветростенок по Рис.8). и ликвидации срыва потока по кромкам ветростенок прямоугольной формы, их помещают в короб-прямоугольную призму. При этом периодически изменяют направление движения ветростенок А и Б на противоположное по командам от конечных выключателей, закрепленных на коробе в местах крайних положений стенки А, фиксирующих ее начальное и конечное положения в процессе движения в коробе. Движение осуществляется на тележках по направляющим, расположенным на нижней и верхней плоскости короба, преобразуя силу ВП в механическую или электрическую энергию с помощью энергетического узла. Каждая из 2-х ветростенок работает в 2-х режимах, следующих один за другим: 1. Рабочий режим - ВП осуществляет силовое давление по всей ометаемой площади ветростенки +А, двигая ее по направлению ВП от переднего края короба до ограничителя ее заднего хода и срабатывания конечного выключателя заднего хода ветростенки А.

2. Флюгерный режим- при срабатывании конечного выключателя заднего хода ветростенки - А подается команда на ее шаговый двигатель, который минимизирует ее сопротивление ВП(плоскости базовых деталей выставляются параллельно ВП). Отдельные базовые детали стенки представляют собой прямоугольные плоскости через середины которых проходит ось базовой детали-2. При ее повороте вокруг этой оси ВП воздействует одинаково на ее обе полуплоскости и усилие при повороте возникает только за счет трения. Одновременно от этого конечного выключателя подается команда на шаговый двигатель ветростенки Б, расположенной в этот момент в переднем положении своего хода в флюгерном режиме, переводя ветростенку +Б в рабочий режим. При этом ветростенка - А в флюгерном режиме движется навстречу ВП к переднему краю короба под воздействием ветростенки +Б, связанной с ветростенкой -А блоком и тросом, и двигающейся в рабочем режиме к заднему краю короба по Рис.9. Далее эти режимы поочередно повторяются на обеих ветростенках. Преобразование энергии ВП в механическую или электрическую энергию происходит благодаря периодическому поступательному движению пары ветростенок в плоскости перпендикулярной вектору ВП. Для этого используется система ориентировки ветростенок с помощью флюгерных плоскостей-16 в требуемое положение. При периодическом изменении направления движения ветростенок, движущихся в противоположных направлениях, энергия ВП преобразуется в механическую или электрическую энергию с помощью энергетического узла, состоящего из кривошипного механизма, ускоряющего редуктора и генератора, причем валы маховика, ускоряющего редуктора и генератора геометрически расположены по центру рельсового кольца, перемещаясь по которому устройство ориентируется относительно вектора ВП.

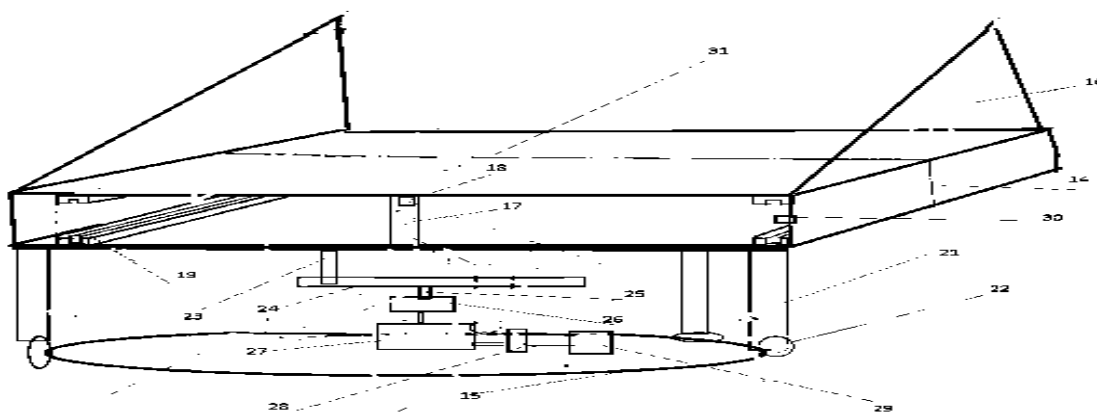


Рис.7. Общий вид ВЭУ

14 – короб устройства, 15 – кольцо рельсовое, 16 – плоскости флюгерные на коробе 14, 17 – планка для крепления блока связи 18 между стенками (при помощи троса), 19 – направляющие для 4-х тележек, 21 – три стойки на колесах 22, 23 палец шатуна, 24 – маховик, 25 – вал маховика, 26 редуктор ускоряющий, 27, 28 – муфты, 29 – генератор, 30 – выключатели конечные фиксации положения ветростенки, 31 – конструкции энергоузла вспомогательные.

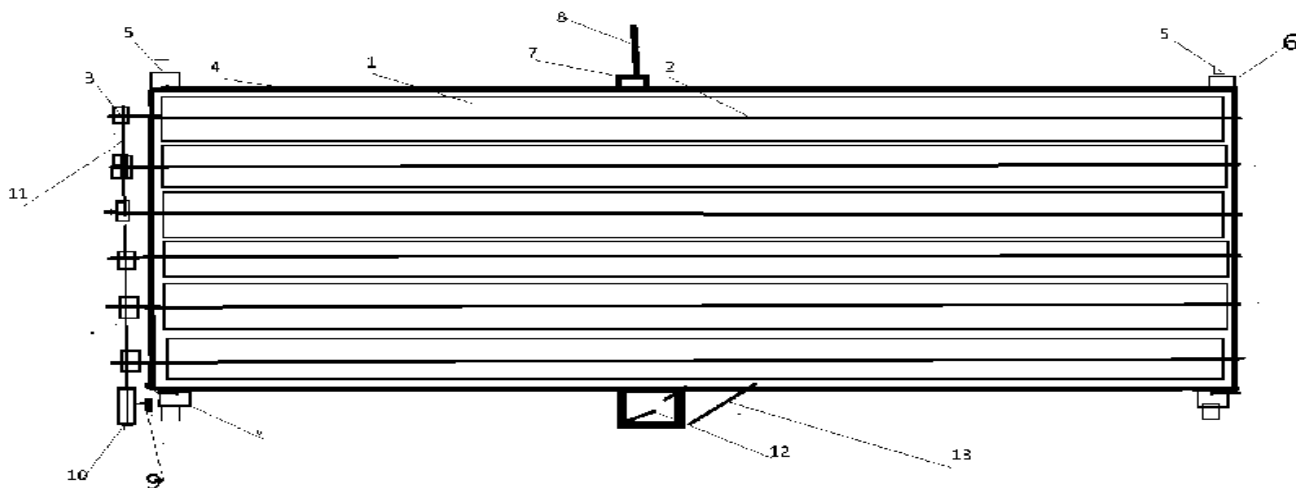


Рис.8.Конструкция ветростенок.

1-лопасть, 2-ось базовой детали,3-звездочка на оси,4-несущая рама,5-колесики тележки 6,7-крепление троса 8,9-шаговый двигатель,10-звездочка шагового двигателя,11- цепь связи,12- шарнир шатуна 13.

Подвижные ветростенки, связанные между собой тросом, перекинутым через блок 18 по Рис.9, работают периодически в двух режимах - рабочем и флюгерном. Команду на переключение режимов выдают конечные выключатели 30, фиксирующие крайние положения ветростенок. Обе подвижные ветростенки ориентируются при движении перпендикулярно вектору ВП с помощью флюгерных плоскостей, которые поворачивают устройство на стойках 21 с колесами 22 по рельсовому кольцу 15. Непосредственно в коробе предусмотрены направляющие 19, а на верхних и нижних частях рамы ветростенок закреплены тележки-с колесами, которые обеспечивают движение ветростенок по направляющим 19.



Рис.9. Подвижные ветростенки А,В.

7- крепление троса-8, 14-короб устройства, 17- планка крепления блока связи - 18, А, В- ветростенки.

Достоинством рассмотренного Способа является его способность улавливать, концентрировать весь ВП (все 100%) в пределах входа в короб, что особенно важно при небольших скоростях ВП. Важной особенностью Способа и его устройства является возможность наращивания “ометаемой” площади вдоль поверхности земли, уменьшая опрокидывающий момент устройства, что обычно упрощает и удешевляет конструкцию, повышает надежность при эксплуатации.

7.Способ электроснабжения автономных потребителей ВЭУ [10].

Способ... заключается в том, что в ВЭУ раскрутка ветротурбины (ВТ) до номинальных

оборотов n_n осуществляется на холостом ходу, т.е отсутствует нагрузочный зарядный ток генератора.

Выбираем— n_n -об .мин для конкретной конструкции ВТ с учетом надежности, удобства эксплуатации и минимальных вибраций с учетом требований по экологии. Это позволяет уменьшить момент трогания и запустить ВТ при малых скоростях ВП. Выход на значительные номинальные обороты перед подключением нагрузки особенно эффективен для классических ВТ с горизонтальной осью[11]. По “ометаемой “ площади конструкции ВТ, ее КИЕВ(к.п.д.) и среднему значению скорости ВП в данной местности выбираем мощность P_G - для генератора переменного или постоянного тока. С учетом n_n оборотов ВТ, ускоряющего редуктора и мощности P_G подбираем приемлемые обороты- n_G для конкретного генератора (например, номинальные $n_{Гн}$ для более эффективного использования). К выходу генераторов подключаем выпрямительный элемент. Для генераторов переменного тока подключается выпрямительный мост и обычно LC-фильтр, а к выходу генераторов постоянного тока- силовой диод. По напряжению U_n на выходе выпрямительного элемента при достижении ВТ n_n -оборотов выбираем номинальное напряжение аккумуляторной батареи $U_{АБн} = U_{Гн}$. значительной емкости. Нагрузка — $I_{зар}$ аккумуляторов на ВТ и генераторы появляется при превышении n_n оборотов ВТ на Δn .

$$\Delta n * K_G = \Delta U_G = I_{зар} * R_{яГ} + I_{зар} * R_{АК}$$

где : K_G - коэффициент напряжения генератора, $R_{яГ}$ – сопротивление якорной цепи генератора, $R_{АК}$ – сопротивление аккумуляторной батареи.

За счет мягкой нагрузочной характеристики в цепи генератора и аккумуляторной батареи небольшое превышение оборотов Δn ВТ приводит к появлению значительного нагрузочного зарядного тока, осуществляющего подтормаживание ВТ и генератора до выхода в некоторую точку равновесия, создаваемого моментом ВТ и тормозным моментом генератора. Появляется приближительная стабилизация оборотов ВТ и генератора в широком диапазоне изменения скорости ВП. Использование естественной мягкой нагрузочной характеристики ВЭУ без дополнительных регуляторов является достоинством предложенного Способа... Для генераторов переменного тока (синхронных и асинхронных) при приемлемых (номинальных) оборотах и частоте выходного напряжения существенно упрощается LC-фильтр или становится излишним. Для генераторов постоянного тока отсутствует LC-фильтр и вместо выпрямительного моста используется один силовой диод. Широкий выбор генераторов при реализации предлагаемого Способа. - безусловное его достоинство.

На Рис.10 дан вариант схемы ВЭУ, реализующей предложенный Способ.

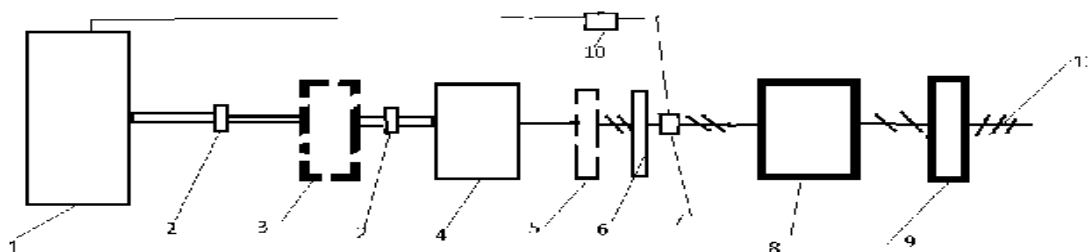


Рис.10 Способ электроснабжения

1-ветротурбина-ВТ, 3-часто используется повышающий редуктор с соединительными муфтами-2, 4-генератор, 5-выпрямительный элемент (выпрямительный мост для генераторов переменного тока и силовой диод для генераторов постоянного тока) , 6- LC-фильтр (часто

используется для генераторов переменного тока), 7-датчик нагрузочного зарядного тока, 8-аккумуляторная батарея, 9-сетевой инвертор, 10- узел защиты конструкций ВТ , генератора и аккумуляторной батареи при превышении номинального тока генератора или допустимого для аккумуляторов зарядного тока.

В предлагаемом **Способе**... работа ВЭУ начинается с раскрутки ВТ-1 на холостом ходу. Раскрутка ВТ осуществляется, если при действующей скорости ВП создается момент превышающий тормозной момент холостого хода, обусловленный механическим и аэродинамическим торможением конструкции ВТ. Отсутствие рабочей нагрузки при запуске ВТ уменьшает момент трогания, а ее подключение к нагрузке только при достижении номинальных- n_n оборотов повышает ее эффективность. При превышении ВТ своих номинальных оборотов- n_n на Δn напряжение на генераторе -4 превысит напряжение $U_{АБн}$ на аккумуляторной батарее -8 и появится нагрузочный зарядный ток генератора $I_{зар}$ на выходе выпрямительного элемента -5. Одновременно появляется нагрузочный момент на ВТ и начинается зарядка аккумуляторной батареи. ВЭУ выходит на рабочий режим- электроснабжение автономных потребителей, который контролируется узлом защиты конструкций ВТ -10. При опасном для конструкции ВТ превышении оборотов Δn , при превышении номинального тока генератора-4 или превышении допустимого зарядного тока аккумуляторной батареи-8 узел защиты -10 воздействует на элементы конструкции ВТ, снижая ее рабочий момент вплоть до нулевого значения. Аккумуляторная батарея-8 должна иметь значительную емкость, что бы обеспечивать поддержание напряжения $U_{АБн}$ при больших набросах нагрузки автономного потребителя. Ветроэнергетика в силу стохастического характера генерации нуждается в особом промежуточном звене между потребителем и ВЭУ, которое выполняет функции «склада готовой продукции» и позволяет согласовывать процессы генерации и потребления электроэнергии. . Следует подчеркнуть, что ряд современных технологий накопления и хранения энергии достигли такого уровня, что создаваемые на их основе высокотехнологичные системы накопления электроэнергии (СНЭ) уже сегодня оказываются актуальными и востребованными в электроэнергетике. Примером может служить накопитель Hornsdale Power Reserve, установленной мощностью 100 МВт и емкостью 129 МВт·ч, который вступил в строй в 2017 году в Австралии.

Заключение

При формировании ветровых энергетических комплексов главной задачей является обеспечение приемлемого уровня *экономической эффективности*, реализуемое на основе решения ряда технических задач. С одной стороны, необходимо обеспечить энергоэффективность устройств, с другой - стоимость изготовления и эксплуатации ВЭУ должна быть экономически приемлемым. Соответственно, приоритетные тенденции развития современной ветроэнергетики направлены, во-первых, на рост мощностей, как единичных ВЭУ, так и их комплексов, во-вторых, на совершенствование их аэродинамических характеристик и создание эффективных систем регулирования. Учитывая экономическую целесообразность и все более возрастающий интерес к ветроэнергетике, рассмотренные в статье новые конструкции могут найти широкое применение в народном хозяйстве и энергосистемах различного назначения.

Список литературы

1.Стычинский З.А. Возобновляемые источники энергии. Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика., /Стычинский З.А. Воропай Н.И., Otto-von-Guericke-Universitat, Magdeburg, 2010, - 203 с.

2. Соколовский Ю.Б. О применении ветровых энергетических установок/ Соколовский Ю.Б. Лимонов Л.Г. Соколовский А.Ю. Электротехнические и компьютерные системы, Киев, Наука и техника, 2014, №16 (92), с.7-15
3. Зырянов В.М. Повышение энергоэффективности управляемых вертикально-осевых лопастных ветротурбин/ Зырянов В.М. Лимонов Л.Г. Роткин В.М. Соколовский Ю.Б. Электротехнические и компьютерные системы, Киев, Наука и техника, 2016, №23(99), с.10-16
4. Соколовский Ю.Б. Экологичная и энергоэффективная ветротурбина на горизонтальном валу/ Соколовский Ю.Б., Соколовский Д.Ю., Соколовский А.Ю.,Иванова О. Ю. Патент РФ №2692602, опубликован 25.06.2019 . Бюл. № 18
5. Соколовский Ю.Б. Ветроэлектростанция/ Соколовский Ю.Б.,Фролов Е.А., Иванова О.Ю. Патент РФ №2692602, опубликован 13.08.2019. Бюл. №23
6. Лимонов Л.Г. Способ преобразования энергии воздушного потока во вращательное движение электромеханической установки/ Лимонов Л.Г. Соколовский Ю.Б., заявка на Патент Украины №201909126 от 05.08.2019г.
7. ЛимоновЛ.Г. Ветроэнергетическая установка без редуктора// Лимонов Л.Г. Соколовский Ю.Б., заявка на Патент Украины №201909930 от 23.09.2019г/
8. Семенов В.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов, СОЛОН-Р, М. 2001г, 327с.
- 9.Соколовский Ю.Б.Способ преобразования энергии воздушного потока во вращательное движение ветровой энергетической установки и устройство для осуществления этого способа.Заявка № 2019135425 от 05.11.2019г.
10. Соколовский Ю.Б.Способ электроснабжения автономных потребителей ветроэнергетических установок. Заявка №2019145410 от 26.12.2019г.
- 11.Ю.Б. Соколовский, В.М. Роткин. Теоретические и технические основы оптимизации ветровых энергетических установок. LuluPress, Inc. 2017. 112 с