

Изобретение относится к области ветроэнергетики и может быть использовано при строительстве ветродвигателей и ветроэлектрических станций в большом диапазоне мощности.

Из ветроэнергетических агрегатов с вертикальной осью вращения наибольшее применение находят установки Дарье. Их преимущество состоит в том, что их работа не зависит от направления ветра. Их ротор выполнен в виде кольцевого обода или радиальных траверс с прикрепленными к ним вертикальными лопастями.

Так например, в ветроэнергетической установке с вертикальной осью вращения по а.с. 1373859, кл. F03G3/06, 1988, кольцо с лопастями движется по роликовым опорам, установленным на башне.

Другая установка по а.с. 1364772, кл. F03D7/00, 1988, а также ветродвигатель по патенту США 4430044, кл. 416 - 119, 1984 содержит вертикальные лопасти, прикрепленные к траверсам, вертикальный вал и установленные на его верхнем конце опорный стол и механизм поворота лопастей.

Недостаток таких установок состоит в появлении дебаланса при вращении ротора под воздействием горизонтальной (ветровой) нагрузки, поскольку ось вращения закреплена в вертикальном положении, и в необходимости ориентации на ветер механизма поворота лопастей.

Первый недостаток устранен в ветродвигателе Барыка Я.С. по а.с. 1478754, кл. F03D3/00, 1988, в котором траверсы ротора оперты на вертикальный вал отбора мощности через сферический шарнир, а опорными катками - на кольцевой путь. В рабочем положении ротора катки расположены с зазором относительно кольцевого пути. В результате при работе установки ротор не закреплен от наклонов, что существенно уменьшает внутренние динамические реакции, изменяющиеся с частотой вращения ротора. Недостатком данного решения (особенно при относительно высокой опоре) является необходимость устройства кольцевого пути, опорных катков и системы управления ими для запуска и остановки двигателя. Для поворота лопастей в данном решении возможны дополнительные устройства, не предусмотренные в описании изобретения.

Наиболее близок к заявляемому решению по совокупности конструктивных признаков ротор ветродвигателя по а.с. 1768797, кл. F03D3/06, 1992, с вертикальной осью вращения, содержащий центральную опору, жесткое ветроколесо с лопастями (кольцевой ротор), раскрепленное тяжами на оголовке с подшипником и нижний подшипник ствола, вращающегося вместе с колесом на центральной опоре. Узлы статора в этом решении смонтированы на стойках, расположенных вокруг ротора на своих фундаментах.

С точки зрения наших целей данное решение имеет следующие недостатки. Ось вращения ротора закреплена от наклонов, что обуславливает появление дебаланса ротора при воздействии на него горизонтальной ветровой нагрузки. При этом опора подвергается действию вертикального момента в плоскости равнодействующей ветрового давления, а конструкция ветроколеса - усилиям, изменяющимся с частотой вращения. Эти переменные усилия снижают надежность конструкции.

В основу предлагаемого решения поставлена задача разработать ветродвигатель с вертикальной осью вращения и одношарнирным опиранием ветроколеса, свободного от дебаланса при вращении под действием ветра, и увеличить коэффициент использования ветра регулированием рабочего диаметра ветроколеса в зависимости от скорости ветра, а также, в частных случаях исполнения, обеспечением вертикальности лопастей и автоматическим управлением их углами атаки.

Для решения поставленной задачи используется ветродвигатель с вертикальной осью вращения, включающий центральную опору с вертикальным валом, ветроколесо с лопастями и оголовком с осевым стержнем. Общее отличие состоит в том, что с целью регулирования расстояний от лопастей до оси вращения при изменении скорости ветра ветроколесо выполнено в виде пирамидального турникета с центральным стержнем, ось которого совпадает с высотой пирамиды турникета и осью вращения ветроколеса, с ползуном на центральном стержне, со стрелами, посаженными на ребра основания турникета с возможностью поворота в вертикальных радиальных плоскостях и несущими на наружных концах лопасти, а внутренними концами соединенными через шарнирные стержни с ползуном.

Для устранения динамического дебаланса осевой стержень турникета соединен с вертикальным валом центральной опоры шарниром карданной передачи выше центра тяжести ветроколеса.

Признаки прототипа "стойки статора" в предлагаемом решении устранены, поскольку ветроколесо не является элементом электрической части двигателя, "нижний подшипник" и оттяжки, прикрепленные к нему, устранены как препятствующие наклону ветроколеса при работе и создающие дебаланс при вращении колеса.

Это основное решение в частных случаях исполнения усовершенствуется средствами обеспечения вертикальности лопастей и автоматическим управлением их углами атаки при работе ветродвигателя.

С целью обеспечения вертикальности лопасти на концах стрел закреплены с возможностью поворота в радиальных плоскостях, на осях поворота стрел закреплены рычаги, вал центральной опоры снабжен фланцем, нижние плечи лопастей соединены тягами с рычагами, а последние - с фланцем так, что шарниры крепления тяг к нижним плечам лопастей и рычагам, оси поворота лопастей и стрел являются вершинами углов параллелограммов в вертикальных плоскостях, а оси поворота стрел, шарниры крепления тяг, соединяющих рычаги с фланцем, и шарнир карданной передачи тоже образуют параллелограммы.

Для автоматического управления углами атаки лопастей они закреплены на наружных концах стрел с возможностью поворота относительно своих продольных осей, на верхних плечах рычагов на вертикальных осях смонтированы горизонтальные консоли, концы которых соединены шарнирными тягами с лопастями и турникетом так, что эти тяги образуют параллелограммы с тягами, соединяющими нижние плечи рычагов и лопастей. К последним тяги прикреплены с эксцентриситетом относительно их продольных осей вращения.

Закрепление стрел с лопастями на основаниях турникета обеспечивает синхронное изменение расстояний от лопастей до оси вращения ветроколеса и позволяет использовать его как центробежный регулятор оборотов. В то же время колесо вращается как жесткое тело.

Соединение турникета с вертикальным валом центральной опоры шарниром карданной передачи позволяет ветроколесу изменять величину и направление наклона оси вращения в зависимости от силы и

направления ветра (чем больше сила ветра и соответственно скорость вращения ветроколеса, тем больше наклон оси вращения навстречу ветру). При этом достигается уравнивание гравитационных, центробежных и ветровых сил, действующих на ветроколесо при его вращении (независимый пункт формулы изобретения). В прототипе это невозможно, так как нижний подшипник препятствует наклону ветроколеса.

В последующих усовершенствованиях благодаря параллелограмму, образованному в вертикальной радиальной плоскости лопасти шарнирами крепления тяги к лопастям и фланцу, осью поворота лопасти в вертикальной лопасти и фланцу, осью поворота лопасти в вертикальной плоскости и шарниром карданной передачи, лопасти сохраняют вертикальное положение (п.2 формулы), а шарнирные стержни, прикрепленные к лопастям с эксцентриситетом относительно их продольных осей, при изменении углов параллелограмма заставляют лопасти поворачиваться вокруг их продольных осей. При существенных углах наклона ветроколеса (это возможно в установках небольших размеров) сохранение вертикальности лопастей предотвращает снижение ветровой нагрузки на лопасть, как было бы при наклонах лопастей вместе с колесом. Повороты лопасти вокруг своей продольной оси, управляемые от наклона ветроколеса эксцентрично прикрепленным стержнем, придают лопасти угол атаки, величина и знак которого полезно синхронизируется с фазой лопасти во вращении колеса. При этом лопасть при движении вдоль ветра проходит с минимальным аэродинамическим сопротивлением, а на наветренной и подветренной стороне создает наибольшую добавку крутящего момента.

Мощность двигателя зависит от диаметра ветроколеса, количества, формы и размеров лопастей, высоты опоры и может варьироваться в широких пределах.

На фиг.1 схематически изображен вертикальный разрез ветродвигателя с шестигранным турникетом в момент, когда на последнем смонтирована одна из шести стреляна фиг.2 - вид этой композиции сверху.

Ветродвигатель содержит центральную вертикальную опору 1 (например, башню), на которую оперт вертикальный 2 передачи мощности. Вращающаяся часть ветродвигателя содержит горизонтальное ветроколесо, состоящее из пирамидального турникета 3 с центральным стержнем 4 и ползуном 5, из стрел 6 с лопастями 7. Стрелы 6 посажены на ребра основания турникета 3 с возможностью вращения в радиальных плоскостях. Внутренние концы стрел 6 соединены шарнирными стержнями 8 с ползуном 5.

Ось центрального стержня 4 является высотой пирамиды турникета 3 и совпадает с осью вращения ветроколеса.

Подсоединенные к валу 2 через муфту 9 механизмы (например, редуктор или электрогенератор) на чертеже не показаны.

Турникет 3 соединен с валом 2 центральной опоры 1 шарниром карданной передачи 10.

Вертикальный вал 2 под шарниром 10 снабжен фланцем 11. На ребрах основания турникета 3 посажены рычаги 12, соединенные с фланцем 11 шарнирными тягами 13. Лопасти 7 закреплены на концах стрел 6 с возможностью поворота в радиальных плоскостях относительно осей 14, их нижние плечи соединены тягами 15 с рычагами 12. Шарниры на концах тяг 13, оси рычагов 12 и шарнир карданной передачи 10 образуют параллелограммы. Шарниры на концах тяг 15, оси рычагов 12 и оси 14 также образуют параллелограммы.

Для управления углами атаки лопасти 7 закреплены на концах стрел 6 еще и с возможностью поворота относительно своих продольных осей 16. Для той же цели на верхних плечах рычагов 12 на вертикальных осях 17 закреплены горизонтальные консоли 18, соединенные с турникетом 3 и с лопастями 7 шарнирными тягами 19 и 20.

При отсутствии ветра стрелы 6 ветроколеса опущены под их собственной тяжестью и ползун 5 на стержне 4 находится в своем крайнем верхнем положении. Ветроколесо при этом находится в положении устойчивого равновесия и небольшими усилиями его можно наклонять и поворачивать относительно опоры 1.

При вращении без ветра ось вращения ветроколеса сохраняет вертикальное положение. При вращении с ветровой нагрузкой ось вращения ветроколеса как твердого тела, закрепленного в одной точке (шарнир 10), наклоняется навстречу ветру до угла, при котором динамически уравниваются гравитационные, ветровые и центробежные силы, действующие на колесо. Благодаря параллелограммам, в которые входят тяги 13 и 15, рычаги 12 сохраняют свое положение, лопасти 7 остаются вертикальными, их длины перпендикулярны горизонтальному ветровому потоку и на лопасти 7 собирается наибольшая ветровая нагрузка. Вследствие наклона турникета 3 от него через тяги 19 и 20 консолям 18 и лопастям 7 сообщаются горизонтальные перемещения, соответствующие силе ветра, его направлению и фазе движения лопасти по кругу. На наветренной стороне лопасти 7 получают наибольший угол атаки, на подветренной стороне - такой же угол с противоположным знаком, а ортогональные к указанным положения лопасти проходят с наименьшим аэродинамическим сопротивлением. Это обеспечивает передачу на вал 2 наибольшего полезного момента вращения.

Наклон оси вращения навстречу ветру полезен еще и тем, что лопасти с наветренной стороны оказываются ниже лопастей на подветренной стороне, и поэтому меньше возмущают проходящий на них ветровой поток, что также повышает коэффициент использования энергии ветра.

При возрастании оборотов центробежные силы поднимают стрелы 6 с лопастями 7. При этом благодаря параллелограммам со стрелами 6 и тягами 15 сохраняется вертикальность лопастей 7, а параллелограммы с тягами 20 и 15 делают угол атаки лопастей 7 независимым от поворота стрел 6 в радиальных плоскостях. Таким образом, настройка ветроколеса как центробежного регулятора не мешает оптимальному управлению углами атаки лопастей.

