

АВТОМАТ ПОВОРОТА ЛОПАСТЕЙ

Доктор технических наук
В. Северянин предлагает

Лопастные ветроэнергоустановки требуют регулирования угла атаки (угол между направлением ветра и хордой лопасти) при меняющейся скорости ветра.

В известных ветроэнергоустановках этот угол изменяется сложной автоматической системой. Стремление её упростить и повысить надёжность действия привело, в частности, к созданию ветроэнергоустановки «Колесо Северянина» (см. журнал ИЗОБРЕТАТЕЛЬ, № 11-12 2011, стр 20-24). В этой конструкции рей (внешние концы лопастей) связаны последовательно с одной стороны относительно оси вращения тросом, позволяющим синхронно поворачивать лопасти вокруг своих осей под действием центробежного регулятора.

Анализ показал, что при повороте рей от положения, параллельного оси вращения, до положения, касательного круговой траектории их перемещения, расстояние их концов от оси вращения изменяется на величину

$$\Delta = R\sqrt{1 + (A/R)^2} - 1$$

(здесь R - радиус вращения внешних концов

лопастей, A - половина длины рей, шарнирно закреплённой изнутри к ободу ветроколеса), а общая длина троса, связывающего все рей, тогда изменяется на

$$L = 2\pi(R - R') = 2\pi \cdot \Delta$$

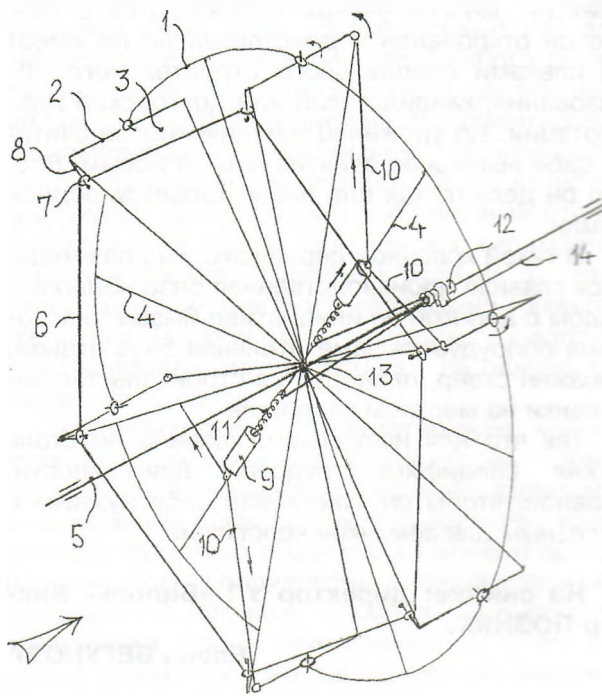
(R' - радиус вращения концов рей в касательном положении, R' = R в параллельном).

Попытка компенсировать удлинение δL пружинами оказалась не совсем удачной: нужное перемещение рей воспринимали на себя пружины. Поэтому потребовалась замена тросовой системы регулятора на комплекс тяг постоянной длины, но с учётом изменения расстояния между концами рей. (Для ветроколеса диаметром 100 м и длиной рей 10 м имеем $\Delta \approx 0,25$ м, $\delta L = 1,6$ м, что весьма ощутимо и отрицательно сказывается на работе регулятора и всего энергоагрегата).

Задача решена путём установки на концах рей особого приспособления - штыря, направленного в сторону вращения ветроколеса, по штырю скользит зацеп, к которому прикреплены тяги (аналоги упомянутого троса).

На чертеже показана аксонометрическая схема разработанного автомата поворота лопастей.

Автомат поворота лопастей состоит из металлического кругового обода 1, к которому шарнирно прикреплены рей 2 (для обода диаметром 100 м их длина, в зависимости от количества лопастей 3, составляет 5...1- м), которые удерживают лопасти 3 в виде треугольных парусов (лёгкий пластик, парусина, парашютный шёлк и т.п.). Лопасти 3 смонтированы между спицами 4 (стальной трос) и закреплены на оси 5. Концы рей 2, направленных в одну сторону относительно оси 5, соединены последовательно тягами 6 (лёгкие алюминиевые трубки длиной 3...5 м), при этом тяги имеют круговой зацеп 7 (шарнир), способный перемещаться по штырю 8, закреплённому на конце рей 2 и направленному на ось 5. Чтобы зацеп 7 не выпадал со штыря 8, последний на конце имеет утолщение. На двух противоположных спицах 4 монтируется груз 9, это металлический цилиндр с осевым отверстием, способный перемещаться вдоль по спице. С одной стороны груз 9 соединён шарнирно с рычагами 10,



с другой - с осью 5 пружиной 11. Рычаги 10 соединяют шарнирно противоположные концы расположенных рядом рей 2. На оси 5 установлен способный перемещаться по ней задатчик 12, соединённый шарнирно со стержнями 13 и штоком 14. Последний выводится на орган управления (не показанный на чертеже), задающий положение задатчика 12 и, следовательно, груза 9 и рей 2.

Действует автомат поворота лопастей следующим образом. Штоком 14 через задатчики 12, стержни 13, рычаги 10 задаётся положение рей 2. Благодаря тягам 6 движение рей 2 синхронизировано, они поворачиваются на одинаковый угол (угол атаки), определяемый заранее при доводке устройства. Так задаётся скорость вращения обода 1, т.е. данный параметр ветроэнергоустановки.

При увеличении (уменьшении) скорости ве-

тра под действием центробежной силы грузы 9 расходятся (сходятся) по спице 4 относительно оси 5, растягивая (сжимая) пружины 11. Рычаги 10 разводят (сводят) противоположные концы рей 2, уменьшая (увеличивая) угол атаки лопастей 3, возвращая скорость вращения обода 1 к прежнему значению.

Изменение расстояния между концами рей 2 при их поворотах компенсируется скольжением зацепов 7 по штырям 8, что исключает необходимость применения вспомогательных пружин на тягах 6.

Технико-экономический эффект заключается в повышении надёжности управления ветроэнергетической установкой и упрощении конструкции устройства. Изготовлен и опробован экспериментальный образец, подтвердивший работоспособность устройства.

ЭНЕРГОАЭРОСТАТ

Известно, что скорость ветра с высотой интенсивно возрастает. Так как мощность ветроэнергоустановки пропорциональна скорости ветра в третьей степени, конструкторские идеи сводятся к максимальному подъёму ветроприёмного устройства. Это решается в основном применением высоких башен (мачт, стоек).

Однако, во-первых, стоимость конструкции из-за этого растёт так же в кубе с высотой, и, во-вторых, высоты в несколько сот метров уникальны, труднодостижимы, - там, где ветер почти постоянно (пассаты, муссоны, циклоны) имеет повышенные скорости при штилях на земле.

Поэтому ставится задача использовать высокоскоростной ветер на большой высоте **без дорогостоящих башен или мачт.**

Задача решается использованием в качестве подвески к оболочке аэростата ветроколеса с электрогенераторами с электросистемой, передающей часть электроэнергии наземному потребителю, а часть - на нагрев газовой среды в оболочке.

Технический результат - **ветровая электростанция на большой высоте**, где используются ветры с большой скоростью относительно земли и большего постоянства.

На чертеже представлена конструкция энергоаэростата. Энергоаэростат состоит из оболочки 1 (гибкая плёночная конструкция) с открытой нижней частью. Оболочка 1 окружена свисающими вниз подвесными тросами 2, к которым прикреплены ось с ветроколесом 3 и электрогенераторами 4 механического типа. От оси отходит вниз рама 5, состоящая из двух вертикальных стоек, между которыми расположено ветроколесо 3, и горизонталь-

ной частью. По раме 5 и подвесным тросам 2 проходит электропроводка 6 (двухфазный или трёхфазный кабель облегчённого типа). К раме 5 с одной стороны шарнирно, с возможностью поворота, ригелями 7 с пружинами 8, примыкает рулевой шар 9 (это вспомогательная плёночная замкнутая оболочка, заполненная лёгким газом). На этой же стороне рамы 5 закреплён рычаг 10 с поворотным шаром 11 (его конструкция аналогична рулевому шару 9). На раме 5 имеется так же электрорегулятор 12 и привязной трос 13, который связан с потребителем 14. Внутри оболочки 1 монтируется электронагреватель 15 (проволочный, дуговой, конденсаторный или другого типа электро-теплогенератор), к которому подведена электропроводка 6. В качестве нагревателя может быть использована электропроводящая плёнка или внутри оболочки 1, или на внутренней её поверхности, или сама оболочка. Нагреватель 15 защищён от соприкосновения с оболочкой, например, соответствующими распорками.

Предварительно на земле оболочка 1 заполняется горячим воздухом или продуктами сгорания, как для обычного воздушного шара, широко применяемого для полётов. Возможен так же нагрев электронагревателем 15, питающегося от наземного потребителя (с потреблением внешней электроэнергии). Элементы 9, 11 не требуют предварительного заполнения, в них постоянно находится лёгкий газ (гелий, водород) - для компенсации своего веса. Оболочка поднимается вверх, увлекая подвесными тросами 2 ветроколесо 3 с электрогенераторами 4.

Высота подъёма задаётся приводным тросом 13 (может составлять 100- 500 м), с учётом коридора ветрового потока. Вращение ветро-