

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 043350

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.05.16

(51) Int. Cl. *F03D 1/06* (2006.01)

(21) Номер заявки
202192027

(22) Дата подачи заявки
2020.01.20

(54) ЛОПАСТЬ РОТОРА ДЛЯ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ

(31) 19153139.1

(32) 2019.01.22

(33) EP

(43) 2021.10.19

(86) PCT/EP2020/051232

(87) WO 2020/152080 2020.07.30

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВЕПФЕР ТЕКНИКС АГ (CH)

(72) Изобретатель:
Вепфер Ханс (CH)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) WO-A1-2015067387
DE-A1-102014115524
EP-B1-2998572

(57) Изобретение относится к лопасти (100) ротора для ветряной турбины, включающей в себя комель (102) лопасти ротора, наружную кромку (104) лопасти ротора, переднюю кромку (106) и заднюю кромку (108). Передняя кромка (106) и задняя кромка (108) определяют хорду (110) профиля, длина которой увеличивается от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора. Средние точки (112) хорды профиля определяют проходящую от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора среднюю линию (114) лопасти ротора, и средняя линия (114) лопасти ротора разделяет наружную кромку (104) лопасти ротора на участок (116) передней кромки и участок (118) задней кромки, причем на наружной кромке (104) лопасти ротора расположено концевое крылышко (120), которое проходит только вдоль участка (118) задней кромки.

B1

043350

043350

B1

Область техники

Изобретение относится к лопасти ротора для ветряной турбины, включающей в себя комель лопасти ротора, конец лопасти ротора, переднюю кромку и заднюю кромку. Передняя кромка и задняя кромка определяют хорду профиля. Изобретение относится далее к венцу ротора с лопастью ротора и к ветряной турбине с лопастью ротора.

Уровень техники

В уровне техники лопасти ротора, венцы ротора и ветряные турбины принципиально известны.

Так, например, в EP 2 998 572 B1 описывается лопасть ротора ветроэнергетической установки, имеющая верхнюю сторону, нижнюю сторону, переднюю кромку, заднюю кромку, крепление втулки и конец лопасти, причем лопасть ротора ветроэнергетической установки разделена на область втулки, среднюю область и область конца лопасти, и область комля определена от крепления втулки до максимальной ширины лопасти. Внутри лопасти ротора ветроэнергетической установки предусмотрен проходящий в радиальном направлении наружу воздухопроводный канал для проведения отсосанного воздуха из области отсасывания к расположенной в области конца лопасти области выдувания. Происходит отсасывание пограничного слоя, причем отсасывание воздуха происходит на верхней стороне лопасти ротора ветроэнергетической установки, и предусмотрен аэродинамический гребень в области втулки рядом с креплением втулки для предотвращения течения в направлении крепления втулки.

У лопастей ротора ветроэнергетических установок может доходить в области конца лопасти до нежелательного выравнивания давления между стороной нагнетания и стороной всасывания лопасти ротора, при котором воздух обтекает конец лопасти. Этот эффект приводит к уменьшенной подъемной силе в области конца лопасти и к выраженным завихрениям, которые повышают аэродинамическое сопротивление. Как правило, у подобных лопастей ротора применяются в области конца лопасти малые установочные углы лопасти и профили с низкой подъемной силой или и вовсе без подъемной силы и уменьшенной длиной хорды. Вследствие этого могут уменьшаться завихрения, причем, однако, при неоптимальной подъемной силе в области конца лопасти.

В патентной заявке DE 10 2014 115 524 A1 описывается лопасть ротора ветроэнергетической установки с примыкающими друг к другу от комля лопасти к концу лопасти в следующем порядке участками. Лопасть ротора включает в себя участок присоединения лопасти для соединения с втулкой ротора, основную часть лопасти ротора, которая имеет аэродинамический профиль, сторону всасывания и сторону нагнетания, участок перехода, который имеет кривизну к стороне всасывания или стороне нагнетания, и концевое крылышко, которое имеет множество профилей в каждом случае с хордой профиля и средней точкой хорды профиля. Кроме того, лопасть ротора ветроэнергетической установки включает в себя поверхность концевое крылышка, на которой расположены хорды профиля, среднюю линию, которая соединяет друг с другом средние точки хорды профиля, концевую кромку профиля, носовую кромку профиля, высоту, примыкающий к участку перехода базовый участок, примыкающий к концу лопасти участок конца и соединяющий друг с другом базовый участок и участок конца средний участок. Угол стреловидности между опорной линией, которая расположена на поверхности концевое крылышка и ортогонально к хорде примыкающего к участку перехода профиля концевое крылышка, и средней линией на участке конца больше, чем на базовом участке, причем угол стреловидности измеряется от опорной линии в направлении концевой кромки профиля концевое крылышка. Концевая кромка профиля концевое крылышка, по меньшей мере, на одном участке имеет вогнутый изгиб.

У известных лопастей ротора ветроэнергетических установок, несмотря на использование концевых крылышек, нельзя полностью предотвратить обтекание на конце лопасти. Известные лопасти ротора имеют все еще при использовании сильные завихрения, что отрицательно влияет на коэффициент полезного действия лопасти ротора и тем самым ветроэнергетической установки. Кроме того, известные в уровне техники ветроэнергетические установки создают много шума.

Сущность изобретения

Задача изобретения создать относящуюся к указанной вначале области техники лопасть ротора для ветроэнергетической установки, которая во время эксплуатации создает условия для более высокого коэффициента полезного действия и уменьшенного количества шума.

Решение задачи определено признаками пункта 1 формулы изобретения. Изобретение охватывает лопасть ротора для ветряной турбины, содержащую комель лопасти ротора, наружную кромку лопасти ротора, переднюю кромку и заднюю кромку, причем передняя кромка и задняя кромка определяют хорду профиля, длина которой увеличивается от комля лопасти ротора к наружной кромке лопасти ротора. Лопасть ротора включает в себя средние точки хорды профиля, которые определяют проходящую от комля лопасти ротора к наружной кромке лопасти ротора среднюю линию лопасти ротора, и средняя линия лопасти ротора разделяет наружную кромку лопасти ротора на участок передней кромки и участок задней кромки. Кроме того, на наружной кромке лопасти ротора расположено концевое крылышко, которое проходит только вдоль участка задней кромки.

В качестве лопасти ротора следует понимать согласно изобретению лопасть ротора, которая подходит в частности для использования в ветроэнергетической установке. Таким образом, должна быть соблюдена та цель, что лопасть ротора или весь ротор может приводиться в движение набегающим ветром.

В отличие от этого лопасть ротора согласно изобретению следует отличать от подобных лопастей ротора, которые приводятся в движение, например, набегающей водой. Это имеет место, например, в случае гидроэлектростанций. Равным образом от лопасти ротора согласно изобретению следует отличать известные лопасти ротора, которые используются для того, чтобы создавать в приведенном в движение состоянии поток текучей среды. Это имеет место, например, в случае гребных винтов судов или воздушных вентиляторов.

Вследствие этого достигается, например, то техническое преимущество, что может достигаться улучшенный срыв завихрений на задней кромке и в частности в прилегающей к участку задней кромки области задней кромки. Вследствие этого может достигаться существенно повышенный коэффициент полезного действия всей ветроэнергетической установки. Дополнительно можно вызывать существенное уменьшения уровня шума, которое позволяет использовать соответствующую изобретению лопасть ротора гораздо более универсально. Например, таким образом возможно использовать ветряную турбину с соответствующей изобретению лопастью ротора в непосредственной близости от жилых районов.

Согласно предпочтительному варианту осуществления расстояние между участком задней кромки и основанием концевой крылышка увеличивается от средней линии лопасти ротора в направлении задней кромки. Вследствие этого достигается, например, то техническое преимущество, что высота концевой крылышка непрерывно увеличивается в направлении задней кромки. Непрерывное увеличение делает в свою очередь возможным дополнительное улучшение характера срыва завихрений, так как срыв ламинарного потока на лопасти ротора может дольше предотвращаться. Вследствие этого дополнительно улучшаются коэффициент полезного действия и уменьшение уровня шума.

Для того чтобы вызывать оптимальное обтекание концевой крылышка и сокращать нежелательные срывы пограничного слоя и завихрения во время эксплуатации лопасти ротора, основание концевой крылышка выполнено в плоскости лопасти ротора округлой. Вследствие этого может в частности при более низких скоростях ветра создаваться больший крутящий момент, так как текучая среда испытывает большее сопротивление из-за перенаправления. В целом дополнительно повышается тем самым коэффициент полезного действия.

Согласно дальнейшему предпочтительному варианту осуществления округлое основание концевой крылышка является частью окружности вращения лопасти ротора. Вследствие этого достигается, например, то техническое преимущество, что высота концевой крылышка сверхпропорционально увеличивается в направлении задней кромки. Сверхпропорциональное увеличение высоты концевой крылышка делает в свою очередь возможным дополнительное улучшение характера срыва завихрений, вследствие чего могут дополнительно улучшаться коэффициент полезного действия и уменьшение уровня шума. Посредством подходящего наклона лопасти ротора может оказываться содействие эффекту сверхпропорционального увеличения высоты концевой крылышка. Благодаря увеличению длины хорды профиля от комля лопасти ротора к наружной кромке лопасти ротора имеется в распоряжении из-за наклона лопасти ротора особенно большая доля поверхности лопасти ротора в области участка задней кромки в качестве концевой крылышка.

В частности во внешней области лопасти ротора является предпочтительным по сравнению с внутренней областью лопасти ротора из-за более высоких скоростей, если толщина профиля уменьшается от комля лопасти ротора к наружной кромке лопасти ротора. Вследствие этого уменьшается усилие всасывания на внешнем конце, вследствие чего может сокращаться образование перепадов давления.

Для того чтобы реализовывать переход с особо низким трением от комля лопасти ротора к толщине лопасти ротора, отношение толщины профиля к длине хорды профиля почти постоянно вдоль продольной оси лопасти.

Из-за различных скоростей, которые возникают во время эксплуатации на лопасти ротора между комлем лопасти ротора и наружной кромкой лопасти ротора, различным участкам лопасти ротора достаются различные задачи или эффекты. Например, с расположенной в области комля лопасти ротора областью лопасти ротора согласовывается задача разгона или запуска. Другими словами для этой области важно даже при низких скоростях воздуха или ветра создавать условия для подъемного усилия и вызывать таким образом разгон лопасти ротора. Для того чтобы вызывать разгон, лопасть ротора имеет на комле лопасти ротора установочный угол по меньшей мере в 30° . Однако угол подхода может быть выполнен в зависимости от необходимого эффекта также большим или меньшим.

Как уже было указано, из-за различных скоростей движения, которые возникают во время эксплуатации на лопасти ротора между комлем лопасти ротора и наружной кромкой лопасти ротора, различным участкам лопасти ротора достаются различные задачи или эффекты. Например, с областью наружной кромки лопасти ротора согласован так называемый участок лопасти сопротивления. Другими словами для этой области важно создавать максимально возможное сопротивление, для того чтобы даже при низких скоростях воздуха или ветра создавать условия для максимально высокой частоты вращения, а также для максимально большого крутящего момента. Для того чтобы достигать максимально большого сопротивления и удерживать лопасть ротора в движении, лопасть ротора имеет на наружной кромке лопасти ротора установочный угол максимум 5° .

Согласно наиболее предпочтительному варианту осуществления установочный угол на наружной кромке лопасти ротора на передней кромке больше нуля, а на задней кромке меньше или равен нулю. Этот переход установочного угла от передней кромки к задней кромке достигается за счет искривления хорды профиля в области наружной кромки лопасти ротора. Степень искривления при этом взаимосвязана с необходимым сопротивлением и предполагаемой окружной скоростью лопасти ротора. Вследствие этого достигается, например, тот технический эффект, что задняя кромка лопасти ротора оставляет почти ламинарный характер потока в текучей среде. Вследствие этого последующая лопасть ротора почти не должна бороться с завихрениями в текучей среде, вследствие чего может достигаться оптимальный коэффициент полезного действия при каждой из последующих лопастей ротора.

Как уже было указано, установочный угол может различаться в зависимости от участка лопасти ротора. Для того чтобы сокращать нежелательные срывы пограничного слоя и завихрения во время эксплуатации лопасти ротора, лопасть ротора имеет крутку, которая выполнена непрерывной от комля лопасти ротора к наружной кромке лопасти ротора.

Согласно наиболее предпочтительному варианту осуществления и передняя кромка, и задняя кромка выполнена серповидной. В частности серповидное исполнение предпочтительно в сочетании с искривлением лопасти ротора. Благодаря искривлению и форме серпа достигается высокий установочный угол в области комля лопасти ротора. Это является целесообразным в частности для функции самостоятельного запуска лопасти ротора. Благодаря необходимой функции сопротивления лопасти во внешней области лопасти ротора установочный угол сокращается с продвижением наружу, чему оказывается дополнительное содействие за счет формы серпа.

Для того чтобы повышать устойчивость лопасти ротора во время эксплуатации и сокращать склонность к вибрациям, средняя линия лопасти ротора имеет относительно продольной оси лопасти в направлении вращения наклонение. Геометрическая точка давления лопасти ротора смещается таким образом наружу тела лопасти ротора, вследствие чего возможные вибрации могут сильно сокращаться. Подавление вибраций поддерживается таким образом крутящим моментом, который удерживает лопасть ротора в длительном напряжении. Другими словами лопасть ротора имеет таким образом тенденцию в направлении флюгерного положения.

Согласно наиболее предпочтительному варианту осуществления наклонение средней линии лопасти ротора включает в себя угол β наклонения между 1° и 10° . Согласно дальнейшему варианту осуществления наклонение средней линии лопасти ротора включает в себя угол наклонения между 2° и 6° . Согласно дальнейшему варианту осуществления наклонение средней линии лопасти ротора включает в себя угол наклонения между 3° и 4° .

Согласно дополнительному варианту осуществления лопасть ротора имеет выполненное на продольной оси лопасти искривление. В частности искривленное исполнение предпочтительно в сочетании с серповидным исполнением лопасти ротора. Благодаря искривлению и форме серпа достигается высокий установочный угол в области комля лопасти ротора. Это полезно, например, для функции самостоятельного запуска лопасти ротора. Благодаря необходимой функции сопротивления лопасти во внешней области лопасти ротора установочный угол сокращается с продвижением наружу, чему оказывается дополнительное содействие за счет формы серпа.

В отношении дальнейшего аспекта настоящего изобретения решение задачи определяется венцом ротора для ветряной турбины согласно пункту 15 формулы изобретения. В соответствии с ним ротор включает в себя множество лопастей ротора согласно одному из предшествующих вариантов осуществления.

Преимущества соответствующего изобретению венца ротора соответствуют в аналогичной форме преимуществам соответствующей изобретению лопасти ротора, вследствие чего может достигаться, например, улучшенный срыв завихрений на задней кромке и в частности в прилегающей к участку задней кромки области задней кромки каждой лопасти ротора. Вследствие этого может достигаться существенно повышенный коэффициент полезного действия всей ветроэнергетической установки. Дополнительно можно вызывать существенное уменьшения уровня шума, которое позволяет использовать соответствующий изобретению ротор гораздо более универсально. Например, таким образом возможно использовать ветряную турбину с соответствующей изобретению лопастью ротора в непосредственной близости от жилых районов.

Согласно частному варианту осуществления ротор включает в себя, по меньшей мере, 2 и максимум 8 лопастей ротора. Согласно дальнейшему варианту осуществления ротор включает в себя 6 лопастей ротора. Согласно обширным научным исследованиям и испытаниям в аэродинамической трубе соответствующий изобретению ротор с ровно 6 лопастями ротора имеет максимальный коэффициент полезного действия. Это основывается на том, что промежуток между задней кромкой одной лопасти ротора и передней кромкой последующей лопасти ротора выполнен таким образом, что текучая среда может максимально успокаиваться между лопастями ротора в рабочем состоянии ветряной турбины. Это создает условия для оптимальных условий обтекания для последующей лопасти ротора и повышает коэффициент полезного действия. Здесь существует тесная взаимосвязь с коэффициентом быстроходности всего

венца ротора.

Согласно дополнительному варианту осуществления ротор имеет коэффициент быстроходности максимум 7. Согласно дальнейшему варианту осуществления ротор имеет коэффициент быстроходности максимум 4. Согласно дальнейшему варианту осуществления венец ротора имеет коэффициент быстроходности 1,5.

Коэффициент быстроходности определяется как отношение окружной скорости к скорости ветра. Известные ветряные турбины в уровне техники имеют коэффициенты быстроходности в диапазоне 5-8 и обозначаются так называемыми быстроходными колесами турбин. Соответствующий изобретению ротор может обозначаться так называемым тихоходным колесом турбины, так как может достигаться также коэффициент быстроходности 1,5.

Согласно дальнейшему аспекту настоящего изобретения решение задачи достигается с помощью ветряной турбины с лопастью ротора или с венцом ротора согласно одному из предыдущих вариантов осуществления.

Преимущества соответствующей изобретению ветряной турбины соответствуют в аналогичной форме преимуществам соответствующей изобретению лопасти ротора или соответствующего изобретению венца ротора. Также при помощи соответствующей изобретению ветряной турбины достигается улучшенный срыв завихрений на задней кромке каждой лопасти ротора. Вследствие этого достигается существенно повышенный коэффициент полезного действия ветроэнергетической установки. Дополнительно можно вызывать существенное уменьшения уровня шума, которое позволяет использовать соответствующую изобретению ветряную турбину более универсально. Например, соответствующая изобретению ветряная турбина может использоваться в непосредственной близости от жилых районов.

Из последующего подробного описания и формулы изобретения проистекают дальнейшие предпочтительные варианты осуществления и комбинации признаков изобретения.

Краткое описание фигур

На использованных для разъяснения примера осуществления фигурах показаны:

фиг. 1 - вариант осуществления соответствующей изобретению лопасти ротора;

фиг. 2 - дальнейший вариант осуществления соответствующей изобретению лопасти ротора с углом наклона;

фиг. 3А - вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти ротора в разрезе А-А с фиг. 1;

фиг. 3В - вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти ротора в разрезе В-В с фиг. 1;

фиг. 3С - вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти ротора в разрезе С-С с фиг. 1;

фиг. 3D - вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти ротора в разрезе D-D с фиг. 1;

фиг. 4 - вид сбоку соответствующей изобретению лопасти ротора с взглядом Е-Е с фиг. 1; и

фиг. 5 - схематичный вид соответствующего изобретению венца ротора.

Принципиально на фигурах одинаковые элементы снабжены одинаковыми ссылочными позициями.

Пути реализации изобретения

Фиг. 1 показывает вариант осуществления соответствующей изобретению лопасти 100 ротора. Лопасть 100 ротора подходит для того, чтобы вместе с множеством лопастей 100 ротора образовывать ротор 200 (не показан). Нижний участок лопасти 100 ротора включает в себя комель 102 лопасти ротора, который во время эксплуатации лопасти 100 ротора примыкает к втулке ветряной турбины. На внешнем конце лопасти 100 ротора, который противоположен комлю 102 лопасти ротора, находится наружная кромка 104 лопасти 100 ротора. Выше наружной кромки 104 лопасти ротора направление v вращения венца 200 ротора во время использования обозначено стрелкой. Дополнительно лопасть 100 ротора имеет переднюю кромку 106 и заднюю кромку 108. Как передняя кромка 106, так и задняя кромка 108 выполнены в каждом случае серповидными, причем соответствующая выпуклость обоих серповидных изгибов направлена в направлении v вращения лопасти 100 ротора вперед. Другими словами изгиб серпа лопасти 100 ротора выполнен против направления v вращения. От передней кромки 106 к задней кромке 108 в каждом случае прямолинейное соединение определяет хорда 110 профиля (не показана). Подробно она рассматривается здесь в описании к фиг. 3А по 3D. Длина хорды 110 профиля непрерывно увеличивается от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора. Геометрическая середина каждой хорды профиля определяет среднюю точку 112 хорды профиля (не показана). Непрерывный ход или непрерывная последовательность всех средних точек 112 хорды профиля от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора определяет среднюю линию 114 лопасти ротора. Средняя линия 114 лопасти ротора выполнена, как и передняя кромка 106, и задняя кромка 108, серповидной.

На верхнем конце лопасти 100 ротора средняя линия 114 лопасти ротора разделяет наружную кромку 104 лопасти ротора на участок 116 передней кромки и участок 118 задней кромки. Участок 116 передней кромки определяет переднюю в направлении v вращения половину наружной кромки 104 лопасти ротора, которая примыкает непосредственно к передней кромке 106. Участок 118 задней кромки оп-

ределяет соответственно заднюю в направлении v вращения половину наружной кромки 104 лопасти ротора, которая примыкает непосредственно к задней кромке 108. В области участка 118 задней кромки находится концевое крылышко 120. Прохождение концевого крылышка 120 ограничено предпочтительно областью участка 118 задней кромки, однако концевое крылышко может также проходить за ее пределы. Например, концевое крылышко 120 может проходить по всему участку 118 задней кромки внутрь участка 116 передней кромки. Высота концевого крылышка 120 непрерывно увеличивается в направлении задней кромки 108. Под высотой здесь следует понимать расстояние от наружной кромки концевого крылышка до тела лопасти ротора. Таким образом, наружная кромка концевого крылышка выше непосредственно на задней кромке 108 (см. А2), чем на расположенной дальше вовнутрь точке наружной кромки концевого крылышка (см. А1). Таким образом, высота концевого крылышка 120 в направлении v вращения на заднем конце наружной кромки 104 лопасти ротора максимальна на примыкающем к задней кромке 108 участке. Концевое крылышко 120 образует расположенную в плоскости тела лопасти ротора линию, вдоль которой изображен переход лопасти 100 ротора в концевое крылышко 120. Другими словами, линия характеризует излом в теле лопасти ротора, который представляет собой основание 122 концевого крылышка 120. Основание 122 концевого крылышка 120 образует относительно наружной кромки 104 лопасти ротора или участка 118 задней кромки переменное расстояние А. Расстояние А между участком 118 задней кромки и основанием 122 концевого крылышка 120 непрерывно увеличивается от средней линии 114 лопасти ротора в направлении задней кромки 108. Расстояние А1 выполнено таким образом меньшим, чем расстояние А2. Схематично можно увидеть, что основание 122 концевого крылышка 120 выполнено округлым в плоскости лопасти ротора. Округлое исполнение более подробно рассматривается, в частности, на фиг. 2 и 6. Благодаря выполнению концевого крылышка 120 в области участка 118 задней кромки участок 118 задней кромки становится наружной кромкой концевого крылышка и отогнут от тела лопасти ротора вверх.

Фиг. 2 показывает дальнейший вариант осуществления соответствующей изобретению лопасти 100 ротора с углом β наклона. Угол β наклона возникает из-за наклонного положения продольной оси 124, 124' лопасти против направления v вращения лопасти 100 ротора. Наклонение повышает устойчивость лопасти 100 ротора во время эксплуатации и уменьшает помимо этого склонность к вибрациям. Как было уже указано, геометрическая точка давления лопасти 100 ротора при этом смещается, вследствие чего создается крутящий момент, который удерживает лопасть 100 ротора в длительном напряжении. Оптимальный угол β наклона составляет согласно фиг. 2 примерно 3-4°. Также этот вариант осуществления схематично показывает округлое исполнение ножки 122 концевого крылышка 120, которая выполнена расположенной в плоскости лопасти ротора. Округлое исполнение рассматривается еще более подробно в описании к фиг. 6. Дополнительно здесь следует остановиться на преимуществах взаимодействия между углом β наклона и округлым основанием 122 концевого крылышка 120. Благодаря тому, что лопасть 100 ротора или продольная ось 124, 124' лопасти имеет угол β наклона, и основание 122 выполнено округлым, при оптимальной конфигурации округлого основания 122 концевого крылышка 120 может быть частью окружности 202 вращения лопасти 100 ротора. Другими словами, радиус и центр округлого основания 122, а также радиус и центр окружности вращения лопасти 100 ротора идентичны. От повторного описания идентичных признаков предыдущей фигуры здесь отказываются.

Фиг. 3А показывает вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти 100 ротора в разрезе А-А с фиг. 1. Разрез А-А находится, примыкая, или, по меньшей мере, в области комля 102 лопасти ротора. Хорда 110 профиля имеет в области комля 102 лопасти ротора минимальную длину, так как длина хорды 110 профиля непрерывно увеличивается в направлении наружной кромки 104 лопасти ротора. Вид в разрезе плоскости 204 вращения показывает ту плоскость, в которой лопасть 100 ротора и весь ротор 200 (не показан) перемещаются во время работы ветряной турбины 300 (не показана). Хорда 110 профиля образует с плоскостью 204 вращения установочный угол α . Этот установочный угол α составляет на комле 102 лопасти ротора примерно 30°. Как было уже указано, различные участки лопасти 100 ротора имеют различные задачи или эффекты. Область комля 102 лопасти ротора создает условия для самостоятельного разгона или запуска венца 200 ротора. Другими словами, важно даже при низких скоростях воздуха или ветра создавать условия для подъемного усилия и вызывать таким образом разгон лопасти 100 ротора. Условия для этого создаются благодаря определенному установочному углу α , который в данном варианте осуществления составляет примерно 30°. Благодаря установочному углу α создается перепад давления, который поддерживает функцию разгона. Дальнейшим параметром, который оказывает влияние на перепад давления, является толщина D профиля, которая представляет собой расположенный ортогонально к хорде 110 профиля размер толщины лопасти ротора. Направление v вращения следует понимать на фиг. 3А как направление движения лопасти 100 ротора, причем передняя кромка 106 и задняя кромка 108 снова поясняют направление движения лопасти 100 ротора. Точка пересечения хорды 110 профиля и плоскости 204 вращения соответствует средней точке 112 хорды профиля.

Фиг. 3В показывает вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти 100 ротора в разрезе В-В с фиг. 1. Разрез В-В находится на среднем участке лопасти 100 ротора между комлем 102 лопасти ротора и наружной кромкой 104 лопасти ротора. Хорда 110 профиля в этой области несколько

длиннее, чем в области комля 102 лопасти ротора. Плоскость 204 вращения снова показывает плоскость движения лопасти 100 ротора и всего венца 200 ротора (не показан) во время эксплуатации, и хорда 110 профиля образует с плоскостью 204 вращения установочный угол α . Установочный угол α несколько меньше, чем в области комля 102 лопасти ротора, и находится между 0° и 30° . Точка пересечения хорды 110 профиля и плоскости 204 вращения снова соответствует средней точке 112 хорды профиля. Толщина D профиля несколько короче, чем толщина D профиля в разрезе А-А на фиг. 3А. От повторного описания идентичных признаков предыдущей фигуры здесь отказываются.

Фиг. 3С показывает вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти 100 ротора в разрезе С-С с фиг. 1. Разрез С-С находится на участке лопасти 100 ротора, который находится, примыкая, или, по меньшей мере, в непосредственной близости от наружной кромки 104 лопасти ротора. Хорда 110 профиля в этой области несколько длиннее, чем в области среднего разреза В-В, и существенно длиннее, чем на разрезе А-А в области комля 102 лопасти ротора. Сама хорда 110 профиля выполнена практически параллельной к плоскости 204 вращения. Установочный угол α составляет примерно 0° . Толщина D профиля еще несколько короче, чем толщина D профиля в разрезе А-А на фиг. 3А, и чем толщина D профиля в разрезе В-В на фиг. 3В. От повторного описания идентичных признаков предыдущих фигур здесь отказываются.

Фиг. 3D показывает вид поперечного сечения соответствующей изобретению лопасти 100 ротора в разрезе D-D с фиг. 1. Разрез D-D находится на участке лопасти 100 ротора, который находится, непосредственно примыкая к наружной кромке 104 лопасти ротора. Хорда 110 профиля в этой области равным образом длиннее, чем в области среднего разреза В-В, и длиннее, чем на разрезе А-А в области комля 102 лопасти ротора. Хорда 110 профиля и плоскость 204 вращения образуют вместе установочный угол α , который по сравнению с предыдущими фиг. 3А и 3В имеет отрицательный знак. Установочный угол α составляет здесь примерно -10° , так как установочный угол α проходит под плоскостью 204 вращения. Толщина D профиля еще несколько короче, чем толщина D профиля в разрезе В-В на фиг. 3В. В области задней кромки 108 находится деформированный вверх участок, который представляет собой часть концевой крылышка 120 в разрезе D-D. От повторного описания идентичных признаков предыдущих фигур здесь отказываются.

Фиг. 4 показывает вид сбоку соответствующей изобретению лопасти 100 ротора с взглядом Е-Е с фиг. 1. На виде сбоку лопасть 100 ротора показывает выполненное вдоль (непоказанной) продольной оси 124 лопасти искривление. Искривление выполнено таким образом между комлем 102 лопасти ротора и наружной кромкой 104 лопасти ротора, и на него наложена крутка, которая возникает благодаря различным установочным углам α согласно видам А-А по D-D сечений на фиг. 3А по 3D. На наружной кромке 104 лопасти ротора расположено концевое крылышко 120, которое находится только в области участка 118 задней кромки (не показан) и потому видно на виде сбоку лишь частично.

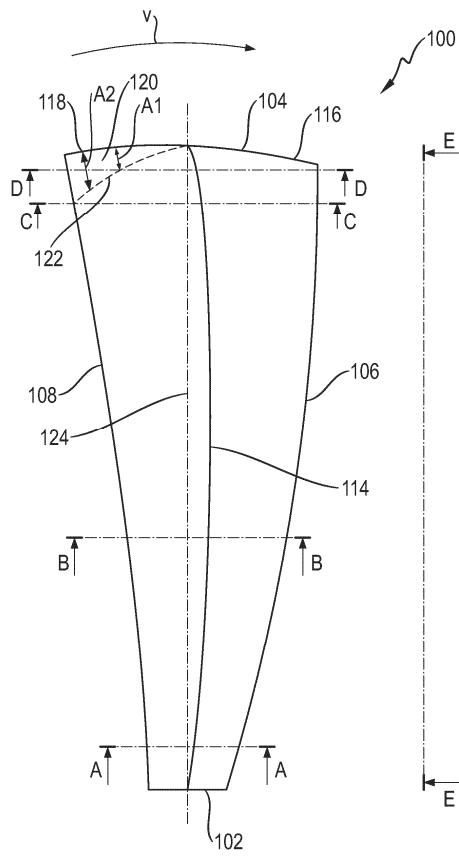
Фиг. 5 показывает схематичный вид соответствующего изобретению венца 200 ротора. Ротор 200 включает в себя в целом шесть лопастей 100 ротора. Направление v вращения схематично обозначено стрелками направления, и окружность 202 вращения схематично обозначена на периметре венца 200 ротора. Ротор 200 включает в себя ровно шесть лопастей 100 ротора, так как вследствие этого коэффициент полезного действия наиболее высок. Это связано с оптимальным расстоянием между двумя следующими друг за другом лопастями 100 ротора. Текучая среда может таким образом после оставления задней кромки 108 одной лопасти 100 ротора достаточно успокаиваться, вследствие чего возникают наиболее оптимальные условия для передней кромки последующей лопасти 100 ротора. Это создает условия для оптимальных условий обтекания и повышает таким образом коэффициент полезного действия ветряной турбины.

Подводя итоги, следует отметить, что варианты осуществления соответствующей изобретению лопасти ротора могут друг с другом комбинироваться. Ни один из раскрытых признаков не исключает комбинации с другим признаком, и отдельные комбинации признаков взаимодействуют друг с другом и образуют синергетические эффекты. Например, толщина D профиля уменьшается от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора. Это подробно описано на фиг. 3А по 3D. Кроме того, на фиг. 3А по 3D описано, что хорды 110 профиля увеличиваются в своей длине. Для того чтобы реализовывать переход с минимальным трением от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора, отношение толщины D профиля к длине хорды 110 профиля почти постоянно от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора. Например, вследствие этого уменьшается усилие всасывания на внешнем конце, вследствие чего может сокращаться образование перепадов давления. Другой пример синергетического эффекта обнаруживается благодаря крутке лопасти 100 ротора. Крутка непрерывно проходит от комля 102 лопасти ротора к наружной кромке 104 лопасти ротора и разъяснена при помощи установочных углов α между хордой 110 профиля и плоскостью вращения на соответствующих разрезах А-А по D-D. В итоге соответствующий изобретению ротор наиболее эффективен в качестве так называемого тихоходного колеса турбины, так как может также реализовываться коэффициент быстроходности до 1,5. Дополнительно серповидное исполнение наиболее предпочтительно в сочетании с искривлением лопасти ротора. Благодаря искривлению и форме серпа достигается высокий уста-

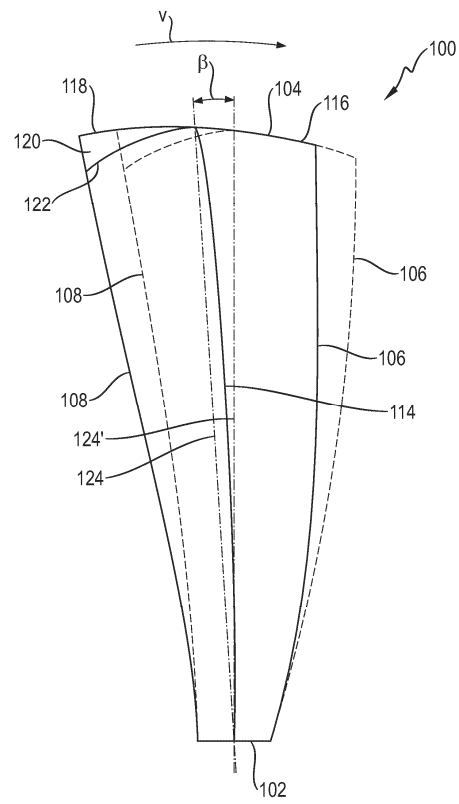
новочный угол α в области комля 102 лопасти ротора. Это является целесообразным в частности для функции самостоятельного запуска лопасти ротора. Благодаря необходимой функции сопротивления лопасти во внешней области лопасти ротора установочный угол α сокращается с продвижением наружу, чему оказывается дополнительное содействие за счет формы серпа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

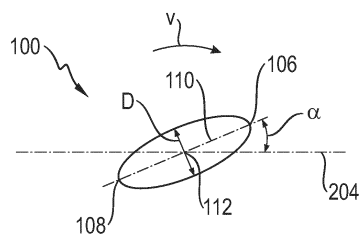
1. Лопасть (100) ротора для ветряной турбины, содержащая:
комель (102) лопасти ротора,
наружную кромку (104) лопасти ротора,
переднюю кромку (106) и заднюю кромку (108), причем передняя кромка (106) и задняя кромка (108) определяют хорду (110) профиля, длина которой увеличивается от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора, причем
средние точки (112) хорды профиля определяют проходящую от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора среднюю линию (114) лопасти ротора, и
средняя линия (114) лопасти ротора разделяет наружную кромку (104) лопасти ротора на участок (116) передней кромки и участок (118) задней кромки,
отличающаяся тем,
что на наружной кромке (104) лопасти ротора расположено концевое крылышко (120), которое проходит только вдоль участка (118) задней кромки.
2. Лопасть (100) ротора по п.1, отличающаяся тем, что расстояние (A) между участком (118) задней кромки и основанием (122) концевого крылышка (120) увеличивается от средней линии (114) лопасти ротора в направлении задней кромки (108).
3. Лопасть (100) ротора по п.2, отличающаяся тем, что основание (122) концевого крылышка (120) выполнено округлым в плоскости лопасти ротора.
4. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что округлое основание (122) концевого крылышка (120) является частью окружности (202) вращения лопасти (100) ротора.
5. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что толщина (D) профиля уменьшается от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора.
6. Лопасть (100) ротора по п.5, отличающаяся тем, что отношение толщины (D) профиля к длине хорды (110) профиля почти постоянно от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора.
7. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что лопасть (100) ротора имеет на комле (102) лопасти ротора установочный угол (α) по меньшей мере в 30° .
8. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-7, отличающаяся тем, что лопасть (100) ротора имеет на наружной кромке (104) лопасти ротора установочный угол (α) максимум 5° .
9. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-8, отличающаяся тем, что установочный угол (α) на наружной кромке (104) лопасти ротора на передней кромке (106) больше нуля, а на задней кромке (108) меньше или равен нулю.
10. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-9, отличающаяся тем, что лопасть (100) ротора имеет крутку, которая выполнена непрерывной от комля (102) лопасти ротора к наружной кромке (104) лопасти ротора.
11. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-10, отличающаяся тем, что передняя кромка (106) и задняя кромка (108) выполнены серповидными.
12. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-11, отличающаяся тем, что средняя линия (114) лопасти ротора имеет относительно продольной оси (124) лопасти в направлении вращения наклонение.
13. Лопасть (100) ротора по п.12, отличающаяся тем, что наклонение средней линии (114) лопасти ротора включает в себя угол (β) наклона между 1° и 10° , в частности между 2° и 6° , в частности между 3° и 4° .
14. Лопасть (100) ротора по любому из пп.1-13, отличающаяся тем, что лопасть (100) ротора имеет выполненное на продольной оси (124) лопасти искривление.
15. Ротор (200) для ветряной турбины, включающий в себя множество лопастей (100) ротора по любому из пп.1-14.
16. Ротор (200) по п.15, отличающийся тем, что ротор (200) включает в себя по меньшей мере 2 и максимум 8 лопастей (100) ротора, в частности 6 лопастей (100) ротора.
17. Ротор (200) по п.15 или 16, отличающийся тем, что ротор (200) имеет коэффициент быстроходности максимум 7, в частности максимум 4, в частности 1,5.
18. Ветряная турбина (300), включающая в себя лопасть (100) ротора по любому из пп.1-14.



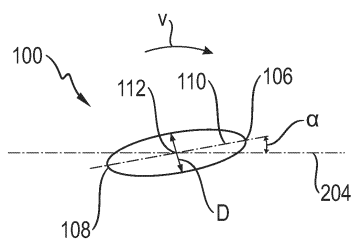
Фиг. 1



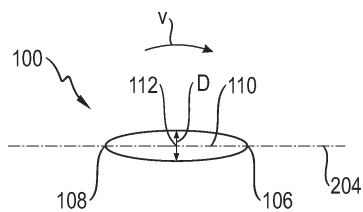
Фиг. 2



A

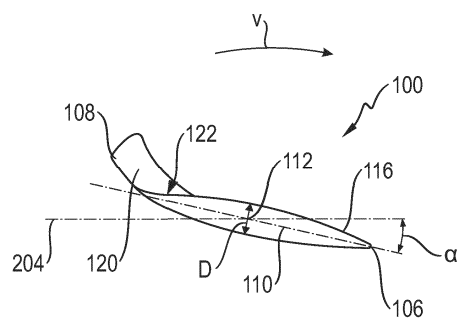


B

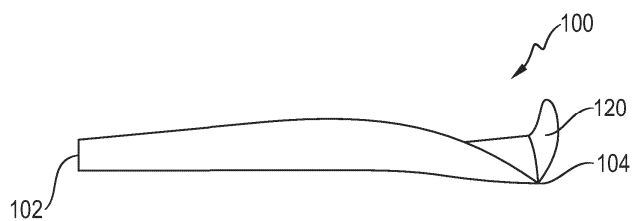


C

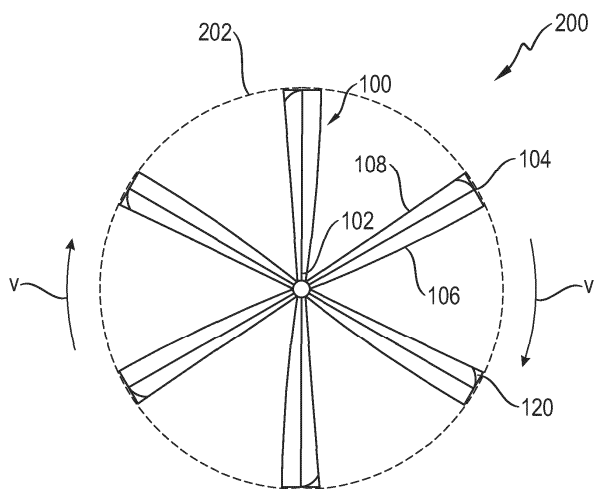
Фиг. 3А-С



Фиг. 3D



Фиг. 4



Фиг. 5

