



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*F03D 1/0633* (2019.05); *F03D 80/70* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018143280, 09.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.05.2017

Дата регистрации:  
17.03.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
10.05.2016 DE 102016208051.2

(45) Опубликовано: 17.03.2020 Бюл. № 8

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 10.12.2018

(86) Заявка РСТ:  
EP 2017/061071 (09.05.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2017/194545 (16.11.2017)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

КНООП, Франк (DE),  
ГУДЕВЕР, Вилько (DE),  
ХОФФМАНН, Александер (DE),  
МТАУВЕГ, Замер (DE)

(73) Патентообладатель(и):  
ВОББЕН ПРОПЕРТИЗ ГМБХ (DE)

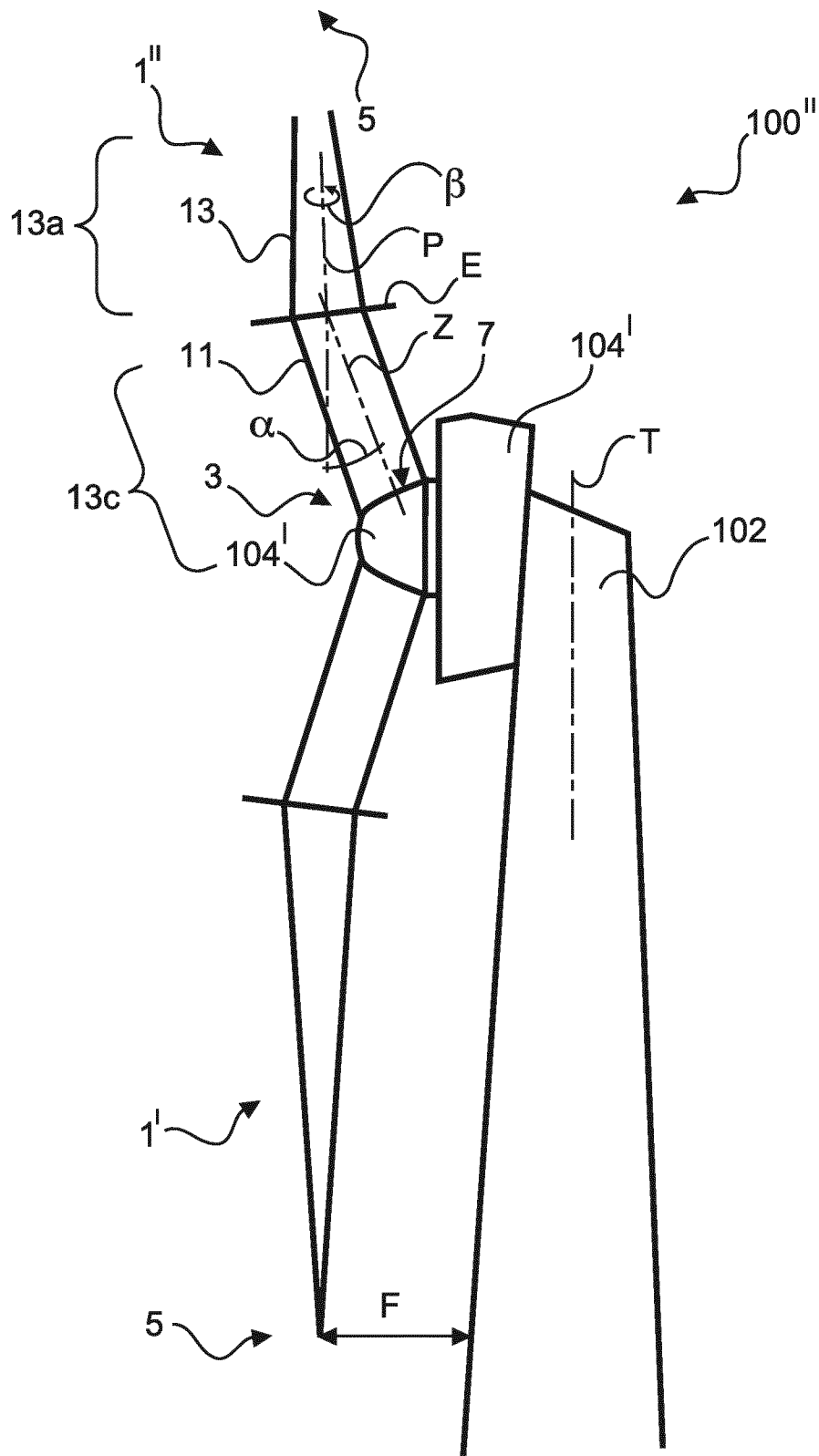
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 2013/330194 A1, 12.12.2013. DE  
102014203508 A1, 27.08.2015. DE 102008037605  
A1, 10.06.2009. RU 2506682 C2, 10.02.2014. SU  
1818485 A1, 30.05.1993.

## (54) РОТОРНАЯ ЛОПАСТЬ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ТАКОЙ РОТОРНОЙ ЛОПАСТЬЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к роторной лопасти ветроэнергетической установки. Роторная лопасть ветроэнергетической установки (1, 1', 1 $\square$ ) содержит комлевую часть лопасти и концевую часть (5) лопасти, расположенный со стороны комлевой части лопасти фланец (7) для крепления роторной лопасти на ступице ротора ветроэнергетической установки и подшипник (9b, 9a) осевого шарнира для регулировки угла ( $\beta$ ) атаки роторной лопасти. Роторная лопасть имеет неподвижный силовой конструктивный элемент (11), на котором выполнен фланец (7), причем подшипник (9b, 9a) осевого шарнира закреплен

на указанном силовом конструктивном элементе (11) и размещен на расстоянии от фланца (7) в направлении концевой части (5) лопасти. Силовой конструктивный элемент (11) между подшипником (9a, b) осевого шарнира и фланцем (11) имеет участок, наклоненный относительно установочной оси (P) таким образом, что эта установочная ось (P) в смонтированном на ветроэнергетической установке состоянии роторной лопасти находится от оси (T) башни ветроэнергетической установки (100') дальше, чем фланец (7). Изобретение направлено на снижение нагрузки на подшипник осевого



ФИГ. 3

RU 2716950 C1

RU 2716950 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F03D 1/06* (2006.01)  
*F03D 80/70* (2016.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F03D 1/0633* (2019.05); *F03D 80/70* (2019.05)

(21)(22) Application: **2018143280, 09.05.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**09.05.2017**

Registration date:  
**17.03.2020**

Priority:

(30) Convention priority:  
**10.05.2016 DE 102016208051.2**

(45) Date of publication: **17.03.2020** Bull. № 8

(85) Commencement of national phase: **10.12.2018**

(86) PCT application:  
**EP 2017/061071 (09.05.2017)**

(87) PCT publication:  
**WO 2017/194545 (16.11.2017)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KNOOP, Frank (DE),  
GUDEWER, Wilko (DE),  
HOFFMANN, Alexander (DE),  
MTAUWEG, Samer (DE)**

(73) Proprietor(s):

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (DE)**

(54) **ROTOR BLADE OF WIND-DRIVEN POWER PLANT AND WIND-DRIVEN POWER PLANTS WITH SUCH ROTARY BLADE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to rotor blade of wind-driven power plant. Rotor blade of wind-driven power plant (1, 1', 1 $\square$ ) comprises root part of blade and end part (5) of blade, flange (7) located on the side of root part of blade for attachment of rotor blade to hub of rotor of wind-driven power plant and bearing (9b, 9a) of axial hinge to adjust rotor blade attack angle ( $\beta$ ). Rotor blade has fixed structural frame element (11), on which flange (7) is made, wherein bearing (9b, 9a) of axial hinge is fixed on said structural frame element

(11) and is located at a distance from flange (7) towards end part (5) of the blade. Structural frame element (11) between bearing (9a, b) of axial hinge and flange (11) has a section inclined relative to mounting axis (P) so that this mounting axis (P) in the rotor blade mounted on wind-driven power plant is located from axis (T) of the wind-driven power plant (100') is further than flange (7).

EFFECT: invention is aimed at reducing the axle hinge bearing load.

15 cl, 4 dwg

RU 2 716 950 C1

RU 2 716 950 C1



Данное изобретение касается роторной лопасти ветроэнергетической установки, причем роторная лопасть имеет комлевую часть лопасти и концевую часть (вершина) лопасти, расположенный со стороны комлевой части лопасти фланец для крепления роторной лопасти на ступице ротора, и подшипник осевого шарнира (подшипник тангажа) для регулировки угла атаки роторной лопасти и для восприятия нагрузок на лопасть.

Данное изобретение касается также ветроэнергетической установки, содержащей генератор, предпочтительно синхронный генератор, ступицу ротора, которая связана с генератором для его привода, и одну или несколько закрепленных на ступице ротора роторных лопастей для привода ступицы ротора.

Роторные лопасти, соответственно, системы роторных лопастей вышеуказанного типа широко известны. Под нагрузкой на лопасть понимаются силы, вызываемые собственным весом роторных лопастей и воздействующей на них ветровой нагрузкой. В известных узлах роторных лопастей подшипники осевого шарнира обычно расположены непосредственно на комлевой части лопасти, причем подшипник осевого шарнира первым кольцом подшипника либо непосредственно, либо через фланец соединяется со ступицей ротора, а на другой стороне вторым кольцом подшипника соединяется с роторной лопастью. Роторная лопасть в целом непосредственно на подшипнике осевого шарнира регулируется по ее углу атаки относительно ветра либо по внешней стороне, либо по внутренней стороне подшипника осевого шарнира, либо посредством иного элемента.

Современные ветроэнергетические установки становятся все больше. Длины серийно выпускаемых роторных лопастей сейчас существенно превышают 50 м. Вследствие связанных с этим значительных масс и значительных сил, воздействующих на роторные лопасти, на подшипники осевого шарнира действуют соответствующие высокие нагрузки. Сюда относятся как радиальные силы и аксиальные силы, так и опрокидывающие моменты. За счет этого создается высокое трение в подшипнике. Для привода движения изменения угла атаки необходимы высокие приводные силы из-за высокого трения и больших масс, а также подлежащих амортизации нагрузок.

Также наблюдается, что присоединение роторных лопастей к ступице ротора связано с высокими расходами, так как для точной посадки роторной лопасти на ступице последняя должна быть точно обработана, что подчас трудно вследствие большой сложности конструктивных элементов ступицы ротора.

Другая проблема, характерная в целом для больших ветроэнергетических установок, заключается в необходимости просвета, т.е. расстояния по горизонтали между плоскостью вращения роторных лопастей и поверхностью башни у ветроэнергетических установок. Поскольку большинство башен на отдельных участках выполнены слегка коническими, то максимальная длина роторной лопасти ограничена.

Вследствие вышеизложенного существует потребность в улучшении известных роторных лопастей.

Таким образом, в основу данного изобретения положена задача максимального устранения недостатков, выявленных в уровне техники и приведенных выше. В частности, перед изобретением стоит задача, усовершенствовать систему роторной лопасти в отношении нагрузки на подшипник осевого шарнира, а также, в частности, сделать возможным снижение затрат на системы роторных лопастей и на ветроэнергетические установки с такими системами роторных лопастей в целом.

Данное изобретение решает стоящую перед ним задачу в роторной лопасти ветроэнергетической установки указанного вначале рода за счет того, что роторная

лопасть имеет силовой конструктивный элемент, на котором выполнен фланец, причем подшипник осевого шарнира закреплен на указанном силовом конструктивном элементе и размещен на расстоянии от фланца в направлении концевой части (вершина) лопасти. Данное изобретение базируется на понимании того, что опрокидывающие моменты, воздействующие на подшипник осевого шарнира под действием силы ветра, являются основной причиной наступающего износа подшипника, а также трения в подшипнике и, тем самым, необходимости больших размеров у подшипника осевого шарнира и приводов изменения угла атаки. Следуя этой установке, данное изобретение направлено на то, чтобы снизить результирующий опрокидывающий момент, действующий на подшипник осевого шарнира. Данное изобретение достигает этой цели за счет того, что подшипник осевого шарнира в направлении концевой части лопасти размещен на расстоянии от фланца. За счет этого на подшипник осевого шарнира действуют, по существу, два момента площади сечения; во-первых, момент площади сечения, который можно свести к силам, распределенным по поверхности, проходящей от подшипника осевого шарнира в направлении концевой части лопасти. Во-вторых, на подшипник осевого шарнира действует контрмомент в другом направлении, который можно свести к силам, распределенным по поверхности, между подшипником осевого шарнира и комлевой частью лопасти. Оба момента частично компенсируются, так что результирующий опрокидывающий момент, который воздействует на подшипник осевого шарнира, значительно снижается по сравнению с обычными решениями, при которых подшипник осевого шарнира на внутреннем конце, со стороны комлевой части лопасти расположен на роторной лопасти. Это дает ряд преимуществ. Вследствие незначительных результирующих опрокидывающих моментов можно использовать подшипники осевого шарнира меньших размеров, что снижает вес гондолы с роторными лопастями, которую несет на себе башня ветроэнергетической установки. Благодаря меньшим размерам подшипника осевого шарнира для регулировки угла атаки должно преодолевать меньшее сопротивление вращения подшипника (трение в подшипнике), и должны перемещаться меньшие массы, вследствие чего могут использоваться приводы изменения угла атаки меньших размеров. В совокупности это ведет к снижению затрат при изготовлении и приобретении предлагаемых изобретением роторных лопастей ветроэнергетических установок и ветроэнергетических установок в целом.

Согласно изобретению указанный силовой конструктивный элемент между подшипником осевого шарнира и фланцем имеет ось силового конструктивного элемента, наклоненную относительно установочной оси таким образом, что установочная ось в смонтированном в ветроэнергетической установке состоянии роторной лопасти размещена относительно оси башни ветроэнергетической установки на большем расстоянии, чем фланец. Можно говорить о том, что роторная лопасть в таком варианте выполнения имеет излом в плоскости установки. Внешняя структура вследствие этого излома выступает вперед от гондолы дальше, чем это происходит у обычной роторной лопасти с углом конуса в плоскости подшипника лопасти. За счет этого увеличивается просвет между роторными лопастями и башней ветроэнергетической установки, что позволяет применять более длинные роторные лопасти, чем известные до сих пор. Угол между установочной осью и осью силового конструктивного элемента предпочтительно лежит в диапазоне от  $1^\circ$  до  $15^\circ$ , более предпочтительно в диапазоне от  $2^\circ$  до  $10^\circ$  и особенно предпочтительно в диапазоне от  $3^\circ$  до  $5^\circ$ .

Под силовым конструктивным элементом согласно изобретению понимается элемент конструкции, который выполнен, например, шишкообразным или стержневым и

предпочтительно по меньшей мере на отдельных участках имеет многоугольное или цилиндрическое поперечное сечение. Предпочтительно этот силовой конструктивный элемент выполнен по меньшей мере на отдельных участках в форме усеченного конуса.

5 Когда в рамках данного изобретения говорится о расстоянии между фланцем и подшипником осевого шарнира, то под этим следует понимать расстояние порядка 0,5 м или более. В предпочтительных вариантах выполнения это расстояние составляет 5 м или более, особенно предпочтительно 10 м или более. Данное изобретение предпочтительно усовершенствовано за счет того, что роторная лопасть имеет также внешнюю структуру, на которой выполнена обтекаемая ветром аэродинамическая  
10 поверхность лопасти, причем эта внешняя структура посредством подшипника осевого шарнира установлена на указанном силовом конструктивном элементе с возможностью поворота вокруг установочной оси. Это позволяет полностью рассчитывать на устойчивость неподвижный, статически закрепленный на ступице ротора (то есть не наклонный) силовой конструктивный элемент, так как аэродинамическую функцию в  
15 основном несет на себе внешняя структура. Нагрузки вводятся в силовой конструктивный элемент и передаются в ступицу в зависимости от используемой схемы опоры. Тем самым, эти нагрузки воздействуют также на силовой конструктивный элемент.

20 Однако, альтернативно или дополнительно этот силовой конструктивный элемент на своей внешней поверхности может быть выполнен аэродинамическим, поскольку он в рабочем режиме обтекается ветром.

В одном предпочтительном варианте выполнения изобретения подшипник осевого шарнира имеет один единственный подшипник, который воспринимает аксиальные, радиальные и изгибные нагрузки между внешней структурой и силовым конструктивным  
25 элементом. Такой подшипник предпочтительно выполнен как подшипник, нагружаемый моментом, или, в частности, как многорядный подшипник с четырехточечным контактом.

В одном альтернативном предпочтительном варианте выполнения подшипник осевого шарнира содержит первый подшипник (первая опора), который воспринимает  
30 по меньшей мере аксиальные нагрузки, предпочтительно по меньшей мере аксиальные нагрузки и радиальные нагрузки, особенно предпочтительно аксиальные, радиальные нагрузки и опрокидывающие моменты, и дополнительно он содержит второй подшипник (вторая опора) в качестве упорного подшипника, который воспринимает радиальные нагрузки. В зависимости от опорной концепции этот второй подшипник, в частности,  
35 при концепции установки с фиксированными и плавающими опорами, а также при опорной установке (О-образная схема или Х-образная схема установки подшипников) предназначен для того, чтобы воспринимать как радиальные, так и аксиальные нагрузки.

В другом предпочтительном варианте выполнения второй подшипник выполнен как поверхность скольжения для восприятия радиальных нагрузок. Эта поверхность  
40 скольжения выполнена предпочтительно на указанном силовом конструктивном элементе и/или на лопасти, например, посредством соответствующего размещения полосы из сплава на основе меди или из антифрикционного металла. Средняя шероховатость  $R_a$  этой поверхности скольжения предпочтительно лежит в области  $R_a$   
45  $\leq 1,0$  мкм, определяемой, например, по ISO 25178:2009. В таком варианте выполнения первый подшипник предпочтительно представляет собой подшипник, нагружаемый моментом, или подшипник с четырехточечным контактом, или альтернативно обычную неподвижную опору, или комбинацию из фиксированной и плавающей опор, тогда как второй подшипники может быть выполнена как упорный подшипник, например,

радиальный подшипник.

Когда выше говорится о вариантах выполнения с первым и вторым подшипниками, то первый подшипник это тот, который размещен на расстоянии от фланца, как охарактеризовано выше. Второй подшипник расположен на комлевой части лопасти ближе, чем первая опора. Предпочтительно второй подшипник расположен относительно плоскости фланца на расстоянии менее 0,5 м, особенно предпочтительно непосредственно в плоскости фланца.

В другом предпочтительном варианте выполнения роторная лопасть имеет плоскость установки, которая в направлении концевой части лопасти размещается на расстоянии от комлевой части лопасти, и роторная лопасть вдоль плоскости установки разделена на не наклонную (или иначе говоря неподвижную) и наклонную (или иначе говоря подвижную) части. Этот вариант выполнения позволяет, с одной стороны, расположить рядом друг с другом силовой конструктивный элемент и указанную внешнюю структуру, причем этот силовой конструктивный элемент, относительно окружного движения роторных лопастей, расположен на ветроэнергетической установке радиально внутри, со стороны ступицы, а на нем, радиально снаружи через подшипник осевого шарнира монтируется внешняя структура.

В первом предпочтительном варианте выполнения эта внешняя структура связана с внутренним кольцом подшипника осевого шарнира. В этом варианте выполнения, например, один конец вала может быть закреплен на внешней структуре, которая устанавливается в подшипнике осевого шарнира и опирается внутри силового конструктивного элемента. Этот конец вала предпочтительно непосредственно или посредством внутреннего кольца подшипника осевого шарнира для регулировки угла установки лопасти внешней структуры приводится в действие моторным приводом изменения угла атаки. Силовой конструктивный элемент в этом варианте выполнения представляет собой полое тело, в которое входит конец вала, и предпочтительно включает в себя часть наружной поверхности роторной лопасти.

Во втором, альтернативном варианте выполнения внешняя структура связана с внешним кольцом подшипника осевого шарнира. Этот вариант выполнения позволяет образовать между внешней структурой и силовым конструктивным элементом область перекрытия (нахлеста), в которой силовой конструктивный элемент располагается внутри внешней структуры. В таком варианте выполнения обращенный к комлевой части лопасти конец области перекрытия задает упомянутую плоскость установки. В этой области перекрытия внешняя структура подобно корпусу уложена поверх силового конструктивного элемента и покрывает его. Область перекрытия может доходить, по существу, вплоть до комлевой части лопасти, причем в таком варианте выполнения лопасть, если смотреть снаружи, работает как обычный, наклоненный подшипник на комлевой части лопасти, но фактически, из-за уравнивания моментов, требует значительно меньшего трения и, следовательно, меньших сил в плоскости тангажа. Этот вариант выполнения имеет еще одно преимущество: если этот силовой конструктивный элемент имеет достаточные размеры для того, чтобы по нему можно было пройти, то роторная лопасть может быть осмотрена изнутри в смонтированном состоянии по меньшей мере вплоть до плоскости установки. Из-за сооружения с применением легких конструкций это не всегда возможно для обычных роторных лопастей, которые обычно изготовлены из волокнистых композиционных материалов. Однако, силовой конструктивный элемент защищает от механической нагрузки, которая могла бы возникнуть при проведении такого осмотра внешней структуры, рассчитанной на малый вес.



Предпочтительно эта внешняя структура выполнена состоящей из нескольких частей и имеет первую часть, проходящую от подшипника осевого шарнира, в частности, от первого подшипника подшипника осевого шарнира вплоть до концевой части лопасти, а также вторую часть, проходящую от этого подшипника осевого шарнира, в частности, от первого подшипника подшипника осевого шарнира вплоть до плоскости установки. Особенно предпочтительно первая часть и вторая часть внешней структуры связаны друг с другом посредством вращающегося кольца, в частности, внешнего кольца (первого) подшипника осевого шарнира, например, за счет того, что они закреплены на противоположных торцевых сторонах внешнего кольца подшипника осевого шарнира на этом подшипнике осевого шарнира. Особенно предпочтительно, если вторая часть внешней структуры почти доходит до плоскости фланца.

В другом предпочтительном варианте выполнения роторная лопасть имеет не наклонную обшивку лопасти, которая проходит между комлевой частью лопасти и внешней структурой, по существу, вплоть до плоскости установки, в частности, примыкая к области перекрытия.

Такая обшивка лопасти предпочтительно тоже может быть выполнена аэродинамически оптимизированной, чтобы для определенного диапазона углов набегания потока в смонтированном состоянии роторной лопасти обеспечить максимально сниженное аэродинамическое сопротивление и минимальное образование турбулентности. Обшивка лопасти могла бы быть также структурно связана с силовым конструктивным элементом или выполнена с ним как одно целое.

Данное изобретение решает также стоящую перед ним задачу в ветроэнергетической установке указанного вначале рода за счет того, что роторные лопасти выполнены по любому из вышеописанных предпочтительных вариантов. За счет меньших нагрузок на подшипники осевого шарнира и на приводы изменения угла атаки можно ожидать надежной эксплуатации при одновременном снижении стоимости ветроэнергетических установок. В отношении других преимуществ и предпочтительных вариантов выполнения предлагаемых изобретением ветроэнергетических установок следует сослаться на вышеописанные варианты выполнения роторных лопастей.

Ветроэнергетическая установка согласно данному изобретению предпочтительно усовершенствована за счет того, что каждая роторная лопасть снабжена приводом изменения угла атаки с приводной шестерней, которая входит в зубчатое зацепление.

Это зубчатое зацепление находится предпочтительно на внешней структуре или на предусмотренном на внешней структуре конце вала, или непосредственно на подвижном кольце подшипника, соответственно, на одном из подшипников подшипника осевого шарнира. Предпочтительно это зубчатое зацепление отформовано на кольце подшипника.

Указанное зубчатое зацепление предпочтительно выполнено вдоль угловой области между  $60^\circ$  и  $270^\circ$ , предпочтительно между  $90^\circ$  и  $180^\circ$ .

Предпочтительно также это зубчатое зацепление имеет несколько следующих друг за другом сегментов, которые вместе покрывают вышеуказанный угловой диапазон.

Данное изобретение ниже будет рассмотрено подробнее на предпочтительных примерах осуществления с учетом прилагаемых чертежей. На них показано следующее.

Фиг.1 - ветроэнергетическая установка в первом примере осуществления, схематично,

Фиг.2a - частичное изображение ветроэнергетической установки по Фиг.1 с роторной лопастью согласно первому примеру осуществления,

Фиг.2b - частичное изображение ветроэнергетической установки по Фиг.1 с роторной лопастью согласно второму примеру осуществления,

Фиг.3 - предлагаемая изобретением ветроэнергетическая установка согласно одному предпочтительному примеру осуществления с предлагаемым изобретением роторной лопастью.

На Фиг.1 показана ветроэнергетическая установка 100 с башней 102 и гондолой 104. На гондоле 104 расположена ступица 106 ротора с тремя роторными лопастями 1 и кожухом 110 обтекателя. Ротор 106 в рабочем режиме силой ветра приводится во вращательное движение и за счет этого приводит в действие генератор в гондоле 104.

На Фиг.2а показана роторная лопасть 1 по Фиг.1, схематичный частичный вид в разрезе. Роторная лопасть 1 имеет комлевую часть 3 лопасти и концевую часть 5 лопасти. На расположенном со стороны комлевой части конце роторная лопасть 1 имеет фланец 7 для крепления на ступице 106 ротора.

Роторная лопасть 1 имеет подшипник 9а осевого шарнира. Подшипник 9а осевого шарнира размещен на расстоянии  $A_1$  от фланца 7. Подшипник 9а осевого шарнира предпочтительно выполнен как нагружаемый моментом или (многорядный) подшипник с четырехточечным контактом. Этот подшипник 9а осевого шарнира закреплен на силовом конструктивном элементе 11 внутренним кольцом подшипника. Этот силовой конструктивный элемент 11 имеет фланец 7 и жестко заанкерен на ступице 106 ротора. На своем внешнем кольце подшипник 9а осевого шарнира жестко связан с внешней структурой 13, так что эта внешняя структура 13 установлена с возможностью поворота относительно силового конструктивного элемента 11 посредством подшипника 9а осевого шарнира. Подшипник 9а осевого шарнира задает установочную ось  $P$ , относительно которой роторная лопасть 1 и, соответственно, ее внешняя структура 13 могут устанавливаться на угол  $\beta$  под углом атаки.

В одном предпочтительном альтернативном варианте указанная опора осевого шарнира дополнительно имеет упорный подшипник 9b, который расположен на расстоянии  $A_2$  относительно фланца 7 на силовом конструктивном элементе 11, и внешняя структура 13 поддерживается дополнительно.

Указанная внешняя структура 13 выполнена предпочтительно как однородная часть, у которой в области 13b получается область перекрытия между силовым конструктивным элементом 11 и внешней структурой 13. В одном предпочтительном альтернативном варианте внешняя структура 13 выполнена состоящей из нескольких частей и имеет первую часть 13а и вторую часть 13b, которые либо соединены между собой, либо связаны друг с другом посредством подшипника 9а.

В области перекрытия между внешней структурой 13 и силовым конструктивным элементом 11 плоскость установки перемещается в направлении фланца 7 к комлевой части 3 лопасти настолько, насколько имеется перекрытие. В показанном примере осуществления на Фиг.2а указанная плоскость установки в случае принятой однородной внешней структуры 13, у которой области 13а и 13b поворачиваются, находилась бы в месте, обозначенном E2.

Принцип действия предлагаемого изобретением опирания с возможностью изменения угла атаки (Pitchlagerung) в дальнейшем поясняется исходя из того, что такое опирание с возможностью изменения угла атаки содержит исключительно указанный подшипник 9а осевого шарнира. На роторную лопасть, с одной стороны, в области 13а внешней структуры действует сила  $F_2$ , а в области 13b действует сила  $F_1$ . Эта сила  $F_1$  имеет плечо  $I_1$  относительно подшипника 9а осевого шарнира, тогда как сила  $F_2$  имеет плечо  $I_2$  относительно подшипника 9а осевого шарнира. Результирующий опрокидывающий момент  $M$  получается из равенства  $M = F_2 \times I_2 - F_1 \times I_1$ . Результирующий опрокидывающий

момент мог бы быть значительно больше, если бы такое опирание с возможностью изменения угла атаки было размещено непосредственно на фланце 7. Тогда этот момент определялся бы произведением силы  $F_1$  на ее расстояние от фланца и произведением силы  $F_2$  на ее расстояние от фланца 7. Это наглядно подтверждает, что в том случае

5 результирующий момент, действующий на ветроэнергетическую установку, был бы во много раз больше, чем результирующий опрокидывающий момент в предлагаемом изобретением решении.

Стабильность роторной лопасти 1 дополнительно повышается благодаря использованию дополнительного подшипника 9b осевого шарнира.

10 На Фиг.2b показан альтернативный представленному на Фиг.2a вариант выполнения роторной лопасти 1' для ветроэнергетической установки 100'. В том варианте выполнения, в котором только область 13a работает как внешняя структура, силовой конструктивный элемент 11 выполнен как полое тело, расположенное не внутри, а

15 снаружи, и работает предпочтительно снаружи как обшивка лопасти 16 между плоскостью E установки и комлевой частью лопасти. Внешняя структура 13a имеет один конец вала 14, который установлен с возможностью поворота в силовом конструктивном элементе 11. Область 13a является наклонной частью роторной лопасти, тогда как между плоскостью E установки и фланцем 7 выполнена не наклонная часть 13c.

20 В примере осуществления по Фиг.2a, 2b установочная ось P примерно соответствует продольной оси роторной лопасти, которая проходит от середины комлевой части 3 лопасти вплоть до середины концевой части 5 лопасти.

В показанном на Фиг.3 примере осуществления это происходит несколько иначе. На Фиг.3 тоже представлена предлагаемая изобретением ветроэнергетическая установка

25 100", однако, роторная лопасть 1" отличается от представленной на Фиг.2. Роторная лопасть 1" тоже имеет комлеву часть 3 лопасти и концевую часть 5 лопасти. На силовом конструктивном элементе 11 выполнен фланец 7 и связан со ступицей 10b ротора. Внешняя структура 13 роторной лопасти 1" тоже может устанавливаться на

30 угол  $\beta$  относительно установочной оси P. Роторная лопасть 1" посредством опирания с возможностью изменения угла атаки (не показано) в плоскости E установки разделена на не наклонную часть 13a и наклонную часть 13c, причем вследствие отсутствия перекрытия не наклонная часть характеризуется силовым конструктивным элементом 11, а наклонная часть характеризуется внешней структурой 13.

35 Существенное отличие от представленного на Фиг.2 заключается в том, что силовой конструктивный элемент 11, который имеет ось Z силового конструктивного элемента, по этой оси Z силового конструктивного элемента отогнут на угол  $\alpha$  относительно установочной оси P, так что внешняя структура 13 и установочная ось P находятся от

40 вертикальной оси T башни 102 ветроэнергетической установки 100' на большем расстоянии, чем фланец 7, расположенный на конце роторной лопасти 1" со стороны комлевой части. За счет этого угла  $\alpha$  роторные лопасти 1" отжимаются дальше от вертикальной оси T башни 102 ветроэнергетической установки 100', вследствие чего просвет F относительно башни при неизменной длине роторной лопасти увеличивается, соответственно, роторная лопасть 1" вплоть до достижения минимального заданного

45 просвета относительно башни может быть выполнена более длинной. К тому же благодаря предлагаемой изобретением конструкции обеспечиваются очень компактные габариты гондолы и, соответственно, машины, обозначенной позицией 104'.

Из вышеизложенного явствует, что при следовании предлагаемому изобретением принципу может быть получена ветроэнергетическая установка, усовершенствованная

в плане ее функционирования в различных нагрузочных ситуациях.

(57) Формула изобретения

1. Роторная лопасть ветроэнергетической установки (1, 1', 1"), содержащая  
 5 комлеву часть лопасти и концевую часть (5) лопасти,  
 расположенный со стороны комлевой части лопасти фланец (7) для крепления  
 роторной лопасти на ступице ротора ветроэнергетической установки и  
 подшипник (9b, 9a) осевого шарнира для регулировки угла ( $\beta$ ) атаки роторной  
 лопасти,

10 отличающаяся тем, что роторная лопасть имеет неподвижный силовой  
 конструктивный элемент (11), на котором выполнен фланец (7), причем подшипник  
 (9b, 9a) осевого шарнира закреплен на указанном силовом конструктивном элементе  
 (11) и размещен на расстоянии от фланца (7) в направлении концевой части (5) лопасти,  
 причем силовой конструктивный элемент (11) между подшипником (9a, b) осевого  
 15 шарнира и фланцем (11) имеет участок, наклоненный относительно установочной оси  
 (P) таким образом, что эта установочная ось (P) в смонтированном на  
 ветроэнергетической установке состоянии роторной лопасти находится от оси (T)  
 башни ветроэнергетической установки (100') дальше, чем фланец (7).

2. Роторная лопасть (1, 1', 1") по п.1, причем роторная лопасть имеет также внешнюю  
 20 структуру (13), на которой выполнена обтекаемая ветром аэродинамическая поверхность  
 лопасти, и эта внешняя структура посредством подшипника (9a, 9b) осевого шарнира  
 установлена на указанном силовом конструктивном элементе (11) с возможностью  
 поворота вокруг установочной оси (P).

3. Роторная лопасть (1, 1', 1") по п.2, причем подшипник осевого шарнира содержит  
 25 один единственный подшипник (9a), который воспринимает аксиальные нагрузки,  
 радиальные нагрузки и опрокидывающие моменты между внешней структурой (13) и  
 силовым конструктивным элементом (11).

4. Роторная лопасть (1, 1', 1") по п.1 или 2, причем подшипник осевого шарнира  
 имеет первый подшипник (9a), который воспринимает, по меньшей мере, аксиальные  
 30 нагрузки, предпочтительно аксиальные нагрузки и радиальные нагрузки, особенно  
 предпочтительно аксиальные нагрузки, радиальные нагрузки и опрокидывающие  
 моменты, и дополнительно имеет второй подшипник (9b) в виде упорного подшипника,  
 который воспринимает, по меньшей мере, радиальные нагрузки.

5. Роторная лопасть (1, 1', 1") по п.4, причем первый подшипник (9a) расположен от  
 35 фланца дальше, чем второй подшипник (9b).

6. Роторная лопасть (1, 1', 1") по любому из пп.1-5, причем роторная лопасть имеет  
 плоскость (E, E2) установки, которая в направлении концевой части (5) лопасти  
 находится на расстоянии от комлевой части (3) лопасти, и эта роторная лопасть вдоль  
 40 установочной плоскости разделена на неподвижную часть (13c) и подвижную часть  
 (13a).

7. Роторная лопасть (1, 1') по любому из предыдущих пунктов, причем между внешней  
 структурой (13a) и силовым конструктивным элементом (11) образована область (13b)  
 перекрытия.

8. Роторная лопасть по п.7, причем на внешней структуре (13a) расположен конец  
 45 (14) вала, который установлен с возможностью поворота посредством подшипника  
 (9a) осевого шарнира в силовом конструктивном элементе (11).

9. Роторная лопасть по п.7, причем силовой конструктивный элемент (11) расположен  
 внутри внешней структуры (13a).

10. Роторная лопасть (1') по любому из предыдущих пунктов, содержащая обшивку (16) лопасти, которая проходит между комлевой частью (3) лопасти и внешней структурой (13а), по существу, вплоть до плоскости (Е) установки.

5 11. Ветроэнергетическая установка (100, 100', 100"), содержащая генератор, предпочтительно синхронный генератор, ступицу (10b) ротора, которая связана с генератором для его привода, и одну или несколько закрепленных на ступице (10b) ротора роторных лопастей (1, 1') для привода ступицы (10b) ротора, отличающаяся тем, что роторные лопасти (1, 1') выполнены по любому из предыдущих пунктов.

10 12. Ветроэнергетическая установка (100, 100', 100") по п.11, причем каждая роторная лопасть (1, 1', 1") снабжена приводом изменения угла атаки с приводной шестерней, которая входит в зубчатое зацепление.

15 13. Ветроэнергетическая установка (100, 100', 100") по п.12, причем зубчатое зацепление расположено на внешней структуре или на предусмотренном на этой внешней структуре конце вала, или непосредственно на подшипнике осевого шарнира, предпочтительно отформовано на кольце подшипника осевого шарнира.

14. Ветроэнергетическая установка (100, 100', 100") по п.12 или 13, причем зубчатое зацепление выполнено вдоль угловой области между  $60^\circ$  и  $270^\circ$ , предпочтительно между  $90^\circ$  и  $180^\circ$ .

20 15. Ветроэнергетическая установка (100, 100', 100") по любому из пп.12-14, причем зубчатое зацепление имеет несколько следующих друг за другом сегментов.

25

30

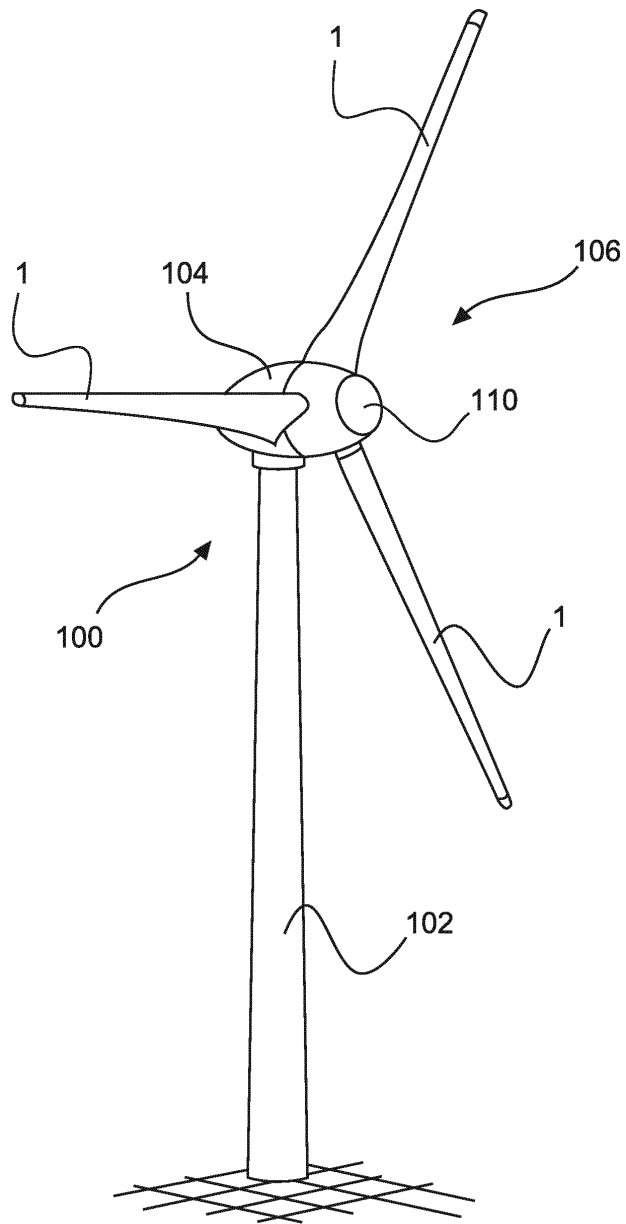
35

40

45

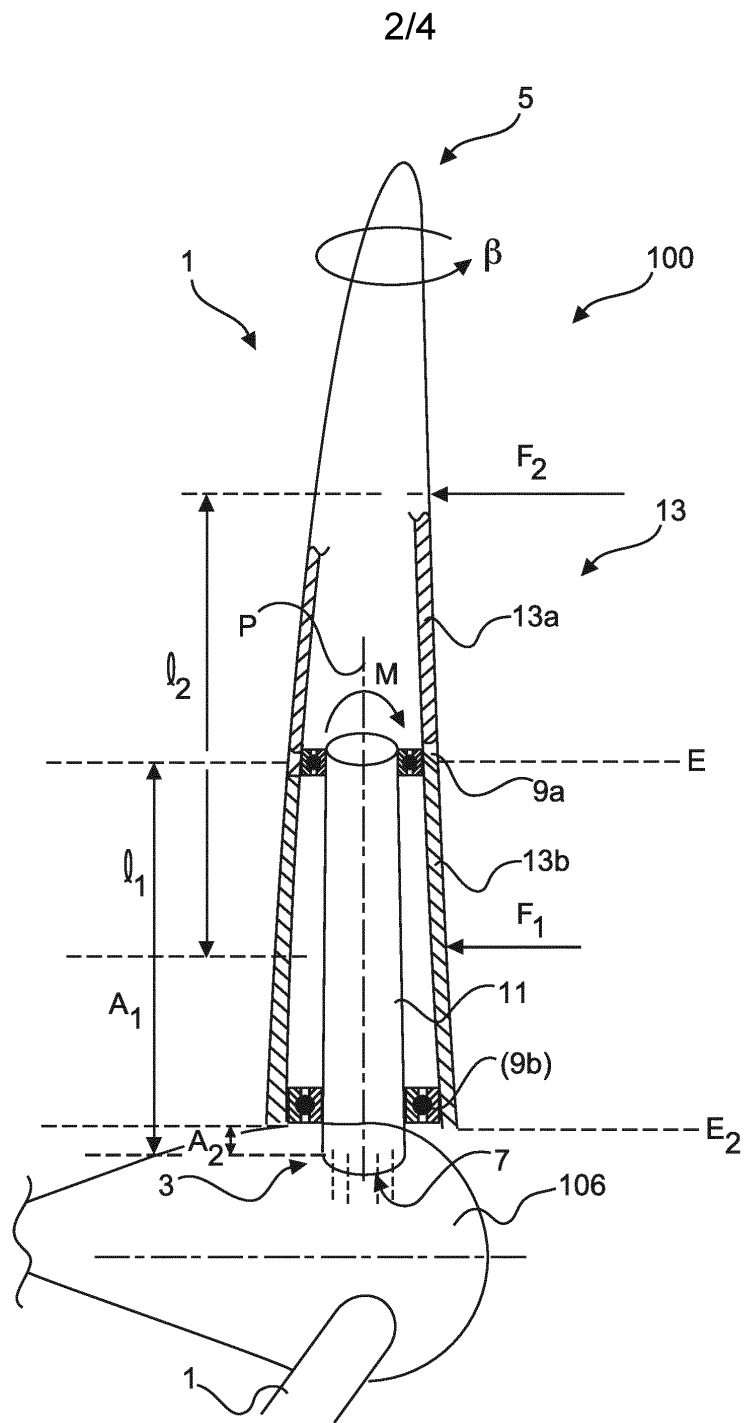
1

1/4

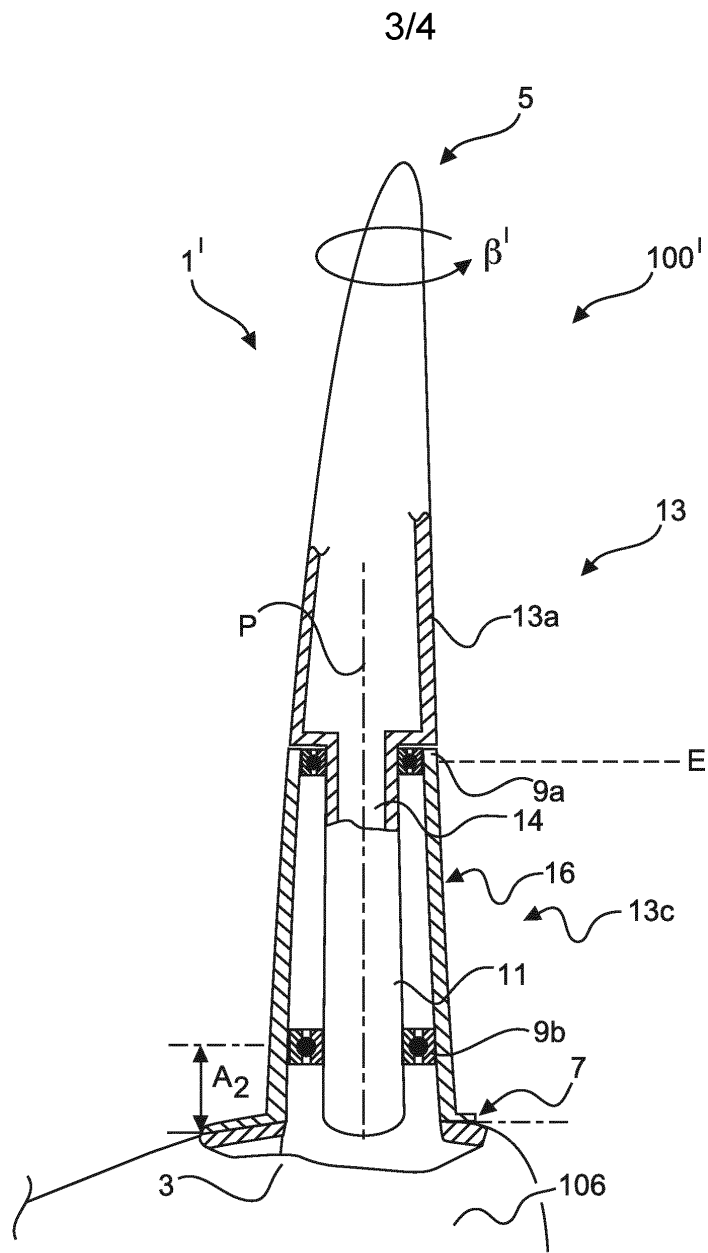


ФИГ. 1

2

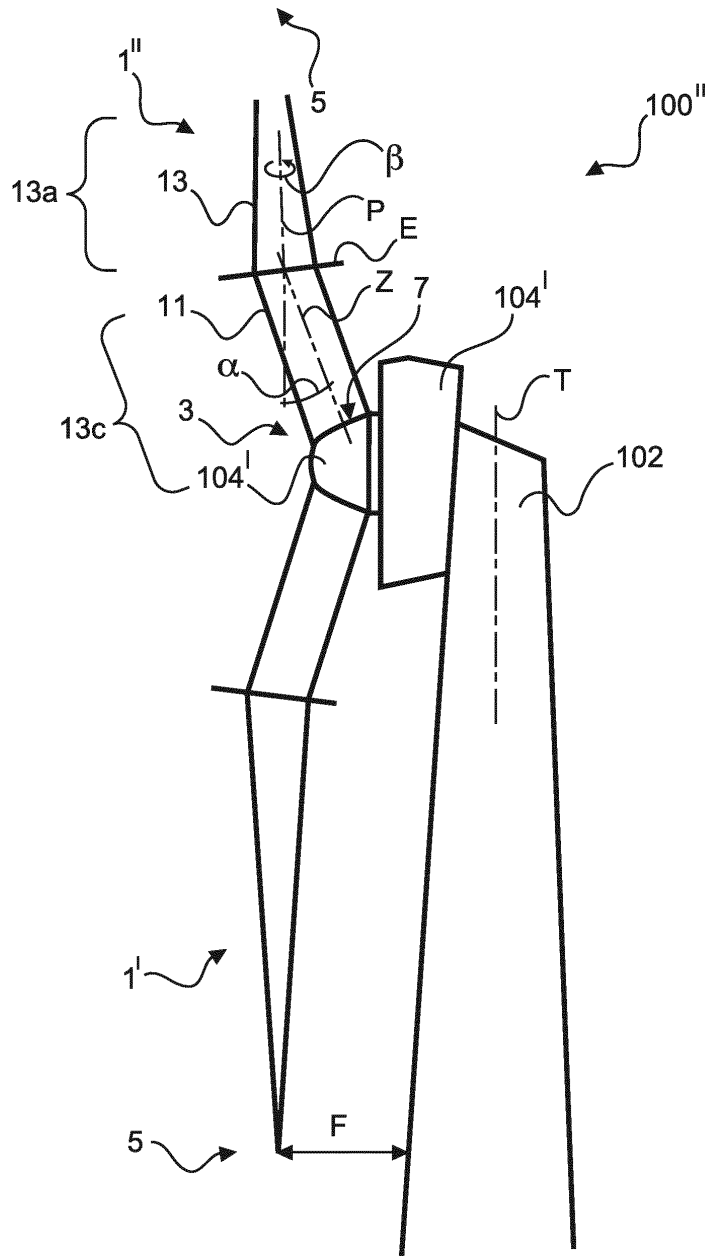


ФИГ. 2а



ФИГ. 2b





ФИГ. 3