



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102893022 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 23

(21) 申请号 201080063018. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 11. 03

F03D 3/06 (2006. 01)

F01D 5/14 (2006. 01)

(30) 优先权数据

12/636, 334 2009. 12. 11 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 08. 02

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CA2010/001777 2010. 11. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02011/069238 EN 2011. 06. 16

(71) 申请人 皮特·詹尼克

地址 加拿大安大略省

(72) 发明人 皮特·詹尼克

(74) 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限

公司 11285

代理人 郑建晖 杨勇

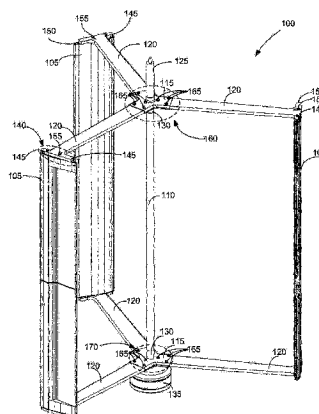
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 10 页

(54) 发明名称

具有自启动能力的垂直轴线风力涡轮机

(57) 摘要

垂直轴线风力涡轮机和垂直轴线风力涡轮机组件包括旋转体和多个叶片。横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括内曲线、外曲线和弦线。外曲线包括第一部分、过渡部分和第二部分。第二部分在纵向方向上长于第一部分与过渡部分的组合长度。第二部分平均厚度小于第一部分平均厚度的一半。过渡部分厚度的平均变化率的大小是第一部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍, 以及是第二部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍。



1. 一种竖直轴线风力涡轮机,包括:  
旋转体,其能够用来绕旋转轴线旋转;以及,  
多个叶片,其联结至旋转体以使旋转体绕旋转轴线旋转,该多个叶片中的每个叶片包括前缘和后缘,其中横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括:  
朝向旋转体的内曲面线;  
背向旋转体的外曲面线;  
内曲面线和外曲面线的位于横截面的第一纵向末端处的第一会合部,在该第一会合部处,前缘与横截面相交;  
内曲面线和外曲面线的位于横截面的第二纵向末端处的第二会合部,在该第二会合部处,后缘与横截面相交,该第二纵向末端与第一纵向末端纵向相对;  
弦线,其在纵向方向上直接从第一会合部延伸到第二会合部;以及,  
横向轴线,其基本垂直于纵向方向,并在横向方向上从内中间点处的内曲面线延伸到外中间点处的外曲面线;  
其中
  - i) 内曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向,外曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向;
  - ii) 在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向与外曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量;
  - iii) 在沿内曲面线的任意点处,内曲面路径方向与内曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量;
  - iv) 在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向的第一分量为正;
  - v) 外曲面线包括从第一会合部延伸到外中间点的第一部分、从外中间点延伸到过渡点的过渡、以及从过渡点延伸到第二会合部的第二部分;
  - vi) 第二部分在纵向方向上长于第一部分与过渡部分在纵向方向上的组合长度;
  - vii) 第二部分平均厚度小于第一部分平均厚度的一半,第一部分平均厚度、第二部分平均厚度和过渡部分平均厚度在横向方向上从外曲面线到内曲面线测得;
  - viii) 过渡部分厚度的平均变化率的大小是第一部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍,以及是第二部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍。
2. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中外曲面线的过渡部分与弦线相交。
3. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中在外中间点处的过渡部分厚度大于第一部分、第二部分和过渡部分中的任一个在沿外曲面线的不同于外中间点的任意点处的厚度。
4. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中在外中间点处的过渡部分厚度大于在过渡点处的过渡部分厚度的两倍。
5. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中第一部分在纵向方向上长于过渡部分在纵向方向上的长度。
6. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中第二部分在纵向方向上的长度大于过渡部分在纵向方向上的长度的三倍。
7. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中叶片的总长度大于过渡部分在纵向

方向上的长度的四倍,叶片的总长度在纵向方向上在内曲面线和外曲面线的第一会合部和第二会合部之间测得。

8. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中叶片在纵向方向上的总长度大于在外中间点处的过渡部分厚度的五倍。

9. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,其中该多个叶片中的每个叶片包括带有碳增强的肋材和圆材的泡沫芯,该芯被覆以碳纤维。

10. 如权利要求 1 所述的竖直轴线风力涡轮机,还包括与旋转体机械连通的发电机。

11. 一种用于将来自风的动能转化成机械能的组件,包括:

旋转体,其能够用来绕旋转轴线旋转;以及,

多个叶片,其能够联结至旋转体以使旋转体绕旋转轴线旋转,该多个叶片中的每个叶片包括前缘和后缘,其中横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括:

内曲面线;

外曲面线;

内曲面线和外曲面线的位于横截面的第一纵向末端处的第一会合部,在该第一会合部处,前缘与横截面相交;

内曲面线和外曲面线的位于横截面的第二纵向末端处的第二会合部,在该第二会合部处,后缘与横截面相交,该第二纵向末端与第一纵向末端纵向相对;

弦线,其在纵向方向上直接从第一会合部延伸到第二会合部;以及,

横向轴线,其基本垂直于纵向方向,并在横向方向上从内中间点处的内曲面线延伸到外中间点处的外曲面线;

其中

i) 该多个叶片中的每个叶片包括联结器,该联结器用于将该叶片联结到旋转体,使得内曲面线朝向旋转体,外曲面线背向旋转体;

ii) 内曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向,外曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向;

iii) 在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向与外曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量;

iv) 在沿内曲面线的任意点处,内曲面路径方向与内曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量;

v) 在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向的第一分量为正;

vi) 外曲面线包括从第一会合部延伸到外中间点的第一部分、从外中间点延伸到过渡点的过渡部分、以及从过渡点延伸到第二会合部的第二部分;

vii) 第二部分在纵向方向上长于第一部分与过渡部分的组合长度;

viii) 第二部分平均厚度小于第一部分平均厚度的一半,第一部分平均厚度、第二部分平均厚度和过渡部分平均厚度在横向方向上从外曲面线到内曲面线测得;

ix) 过渡部分厚度的平均变化率的大小是第一部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍,以及是第二部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍。

12. 如权利要求 11 所述的组件,其中所述联结器阻止以外曲面线朝向旋转体且内曲面线背向旋转体的方式将多个叶片中的每个叶片联结到旋转体。

13. 如权利要求 11 所述的组件,其中外曲面线的过渡部分与弦线相交。
14. 如权利要求 11 所述的组件,其中在外中间点处的过渡部分厚度大于第一部分、第二部分和过渡部分中的任一个在沿外曲面线的不同于外中间点的任意点处的厚度。
15. 如权利要求 11 所述的组件,其中在外中间点处的过渡部分厚度大于在过渡点处的过渡部分厚度的两倍。
16. 如权利要求 11 所述的组件,其中第一部分在纵向方向上长于过渡部分在纵向方向上的长度。
17. 如权利要求 11 所述的组件,其中第二部分在纵向方向上的长度大于过渡部分在纵向方向上的长度的三倍。
18. 如权利要求 11 所述的组件,其中叶片的总长度大于过渡部分在纵向方向上的长度的四倍,叶片的总长度在纵向方向上在内曲面线和外曲面线的第一会合部和第二会合部之间测得。
19. 如权利要求 11 所述的组件,还包括适于与旋转体机械连通的发电机。
20. 一种垂直轴线风力涡轮机,包括:  
旋转体,其能够用来绕旋转轴线旋转;以及,  
多个叶片,其联结至旋转体以使旋转体旋转,其中该多个叶片中的每个叶片包括具有基本对称的部分和非对称部分的翼型体,该非对称部分具有以缺口部分为边界的外曲面,其中横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括:位于横截面的第一纵向末端处的第一端点、位于横截面的第二纵向末端处的第二端点、从第一纵向末端延伸到第二纵向末端的弦线、基本垂直于弦线的横向方向、内曲面线、外曲面线、缺口长度和缺口深度,  
其中
  - i) 在每个叶片的横截面的整个基本对称的部分上,外曲面线与弦线之间的横向距离的平均大小在内曲面线与弦线之间的横向距离的平均大小的 90%和 110%之间;
  - ii) 基本对称的部分的长度包括大于弦线长度的十分之一的长度,基本对称的部分的长度平行于弦线测得;
  - iii) 该多个叶片中的每个叶片的外曲面表面背向旋转体;
  - iv) 在每个叶片的横截面的整个非对称部分上,从弦线到内曲面线的第一偏移的平均值大于从弦线到外曲面线的第二偏移的平均值的三倍,第一偏移朝着旋转轴线为正,第二偏移背向旋转轴线为正;
  - v) 在沿弦线的任意点处,在横向方向上沿内曲面线有且仅有一个对应点,并且横向方向上沿外曲面线有且仅有一个对应点;
  - vi) 缺口长度包括大于横截面的总长度的 70%的长度;
  - vii) 缺口深度包括大于翼型体的最大厚度的 60%且小于翼型体的最大厚度的 80%的深度。

## 具有自启动能力的竖直线风力涡轮机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种动力系统。更具体地,本发明涉及一种竖直线风力动力系统。

### 背景技术

[0002] 可与发电机一同用以发电的风力涡轮机包括水平轴风力涡轮机(HAWT)和竖直线风力涡轮机(VAWT)。两种类型的风力涡轮机都用来将来自风的动能转化成机械能。

### 发明内容

[0003] 本发明第一方面的一个实施方案是一种竖直线风力涡轮机,该竖直线风力涡轮机包括:旋转体,其能够用来绕旋转轴线旋转;以及,多个叶片,其联结至旋转体以使旋转体绕旋转轴线旋转,该多个叶片中的每个叶片都包括前缘和后缘。横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括:朝向旋转体的内曲面线;背向旋转体的外曲面线;内曲面线和外曲面线的位于横截面的第一纵向末端处的第一会合部,在该第一会合部处,前缘与横截面相交;内曲面线和外曲面线的位于横截面的第二纵向末端处的第二会合部,在该第二会合部处,后缘与横截面相交,该第二纵向末端与第一纵向末端纵向相对;弦线,其在纵向方向上直接从第一会合部延伸到第二会合部;以及,横向轴线,其基本垂直于纵向方向,并在横向方向上从内中间点处的内曲面线延伸到外中间点处的外曲面线。

[0004] 内曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向,外曲面线限定从第一会合部到第二会合部的内曲面路径方向。

[0005] 在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向与外曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量。在沿内曲面线的任意点处,内曲面路径方向与内曲面线相切,并包括在纵向方向上延伸的第一分量和在横向方向上延伸的第二分量。在沿外曲面线的任意点处,外曲面路径方向的第一分量为正。

[0006] 外曲面线包括从第一会合部延伸到外中间点的第一部分、从外中间点延伸到过渡点的过渡部分、以及从过渡点延伸到第二会合部的第二部分。第二部分在纵向方向上长于第一部分与过渡部分在纵向方向上的组合长度;第二部分平均厚度小于第一部分平均厚度的一半,第一部分平均厚度、第二部分平均厚度和过渡部分平均厚度在横向方向上从外曲面线到内曲面线测得;并且,过渡部分厚度的平均变化率的大小是第一部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍,以及是第二部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍。

[0007] 在可用于本发明第一方面的叶片的一个变体中,外曲面线的过渡部分与弦线相交。

[0008] 在叶片的另一变体中,在外中间点处的过渡部分厚度大于第一部分、第二部分和过渡部分中的任一个在沿外曲面线的不同于外中间点的任意点处的厚度。

[0009] 叶片的另一变体包括如下这样的外中间点处的过渡部分厚度,该外中间点处的过渡部分厚度大于过渡点处的过渡部分厚度的两倍。

[0010] 在叶片的还一变体中,第一部分在纵向方向上长于过渡部分在纵向方向上的长

度。

[0011] 在叶片的另一变体中,第二部分在纵向方向上的长度大于过渡部分在纵向方向上的长度的三倍。

[0012] 在又一变体中,叶片的总长度大于过渡部分在纵向方向上的长度的四倍,叶片的总长度在纵向方向上在内曲面线和外曲面线的第一会合部和第二会合部之间测得。

[0013] 叶片的再一变体包括如下这样的叶片在纵向方向上的总长度,该总长度大于外中间点处的过渡部分厚度的五倍。

[0014] 在本发明第一方面的一实施方案中,该多个叶片中的每个叶片包括带有碳增强的肋材和圆材的泡沫芯,该芯被覆以碳纤维。

[0015] 本发明第一方面的另一实施方案还包括与旋转体机械连通的发电机。

[0016] 本发明第一方面的又一实施方案是垂直轴线风力涡轮机,该垂直轴线风力涡轮机包括:旋转体,其能够用来绕旋转轴线旋转;以及,多个叶片,其联结至旋转体以使旋转体旋转。该多个叶片中的每个叶片包括具有基本对称的部分和非对称部分的翼型体,该非对称部分具有以缺口部分为边界的外曲面。横向于旋转轴线通过该多个叶片中的每个叶片的横截面包括:位于横截面的第一纵向末端处的第一端点、位于横截面的第二纵向末端处的第二端点、从第一纵向末端延伸到第二纵向末端的弦线、基本垂直于弦线的横向方向、内曲面线、外曲面线、缺口长度和缺口深度。

[0017] 在该实施方案中,在每个叶片的横截面的整个基本对称的部分上,外曲面线与弦线之间的横向距离的平均大小在内曲面线与弦线之间的横向距离的平均大小的 90% 和 110% 之间。基本对称的部分的长度包括大于弦线长度的十分之一的长度,基本对称的部分的长度平行于弦线测得。该多个叶片中的每个叶片的外曲面表面背向旋转体。在每个叶片的横截面的整个非对称部分上,从弦线到内曲面线的第一偏移的平均值大于从弦线到外曲面线的第二偏移的平均值的三倍,第一偏移朝着旋转轴线为正,第二偏移背向旋转轴线为正。在沿弦线的任意点处,在横向方向上沿内曲面线有且仅有一个对应点,在横向方向上沿外曲面线有且仅有一个对应点。缺口长度包括大于横截面总长度的 70% 的长度。缺口深度包括大于翼型体最大厚度的 60% 且小于翼型体最大厚度的 80% 的深度。

[0018] 本发明第二方面的一实施方案针对一种组件,该组件包括本发明第一方面的各部件。另外,多个叶片中的每个叶片包括联结器,该联结器用于将该叶片联结到旋转体,使得内曲面线朝向旋转体,外曲面线背向旋转体。

[0019] 在本发明第二方面的另一实施方案中,联结器阻止以外曲面线朝向旋转体且内曲面线背向旋转体的方式将多个叶片中的每个叶片联结到旋转体。

[0020] 针对第一方面描述的相同的叶片变体可用于本发明的第二方面,并且第一方面的实施方案同等地适用于第二方面。

## 附图说明

[0021] 为了更好地理解本文中描述的系统 and 垂直轴线风力涡轮机,以及为了更清楚地说明可以实现它们,将以示例的方式参照附图,附图中:

[0022] 图 1 是根据本发明一个实施方案的垂直轴线风力涡轮机的立体图;

[0023] 图 2 是依照图 1 的实施方案的第一变体的叶片的剖视图,示出了叶片的轮廓;

[0024] 图 3 是依照图 1 的实施方案的第二变体的叶片的剖视图,示出了叶片的轮廓;

[0025] 图 4 是平行于与竖直轴线相垂直的旋转平面截取的截面的、图 1 的竖直轴线风力涡轮机的剖视图,表示风力涡轮机的下半部;

[0026] 图 5 是在图 1 的竖直轴线风力涡轮机的旋转体的顶端处的叶片和转子臂的交叉部的孤立的放大图;

[0027] 图 6 是在图 1 的竖直轴线风力涡轮机的旋转体的上端处的转子毂和多个转子臂的交叉部的孤立的放大图;

[0028] 图 7 是在图 1 的竖直轴线风力涡轮机的旋转体的下端处的转子毂和多个转子臂的交叉部的孤立的放大图;

[0029] 图 8 是图 1 的竖直轴线风力涡轮机的俯视图;

[0030] 图 9 是图 8 的竖直轴线风力涡轮机沿剖面 A-A 的分解剖视图,其中省略了叶片;

[0031] 图 10 是图 1 的竖直轴线风力涡轮机的分解图,其中省略了叶片。

### 具体实施方式

[0032] 在一个实施方案中,如图 1 中以立体方式所示,VAWT 100 包括三个翼型叶片 105,这三个翼型叶片通过转子毂 115 和转子臂 120 附接到旋转体 110。当来自风的空气遇到 VAWT 100 的叶片 105 时,叶片 105 的运动可导致旋转体 110 绕旋转轴线旋转。旋转体 110 可包括,但不限于,细长杆,旋转轴线可延伸贯穿该细长杆的中心。具有渐缩的端部的杆组件部件 125 和杆组件插入件 130 将一个转子毂 115 固定到旋转体 110 的上端。使用从发电机单元 135 竖直突出的渐缩的杆部件(在图 8—10 中标为 910)和杆组件插入件 130,将接近旋转体 110 的下端的转子毂 115 固定。VAWT 100 可用来将来自风的动能转化成机械能。通过将旋转体 110 联结到发电机单元 135,机械能可用来发电。

[0033] 改良的叶片设计

[0034] 在本发明一实施方案中使用的叶片的变体被设计为具有带前缘和后缘的翼型体。翼型体通常可被限定为任意如下的物体:当该物体被移动通过流体时,产生垂直于该物体的运动的力。用于本发明一实施方案中的一些叶片变体还可被限定为包括对称的翼面,该翼面被改良,使得叶片形成其一部分的涡轮可更容易地从固定位置致动。特别地,通过在原本是对称翼型叶片的部分中提供缺口部分(其横截面图在图 2 和 3 中总体用 201 指代),已将每个叶片 105 的外曲面线 210 由对称进行改良。

[0035] 作为对外曲面进行改良的结果,叶片被制造为具有基本对称的部分和非对称部分。非对称部分是受外曲面改良影响的叶片部分。非对称部分可占叶片的大部分长度;但是,可以期望的是,包括合适长度的基本对称的部分以在涡轮旋转时在叶片的前缘处实现有利的空气动力学特性。在一个实施方案中,基本对称的部分占叶片长度的至少 10%。下面更详细地描述叶片 105。

[0036] 图 2 示出了按照本发明一实施方案的叶片 105 的第一变体的剖视图。每个叶片 105 的剖面由以下项限定:内曲面线 205;外曲面线 210;内、外曲面线的第一会合部 215——其对应于叶片的前缘与如图 2 中表示的叶片的剖面的交叉点;以及,内、外曲面线的第二会合部 220——其对应于叶片的后缘与叶片的剖面的交叉点。第一会合部 215 也可表示为位于叶片的剖面的第一纵向末端的第一端点。类似地,第二会合部 220 也可表示为位于叶片的

剖面的第二末端的第二端点。

[0037] 弦线 221 是直接从第一会合部 215 延伸到第二会合部 220 的直线,在图 2 中被示为虚线。弦线 221 的长度是叶片 105 的剖面的总长度。沿弦线 221 从第一会合部 215 到第二会合部 220 的运动限定正纵向方向 222。相反,沿弦线 221 从第二会合部 220 到第一会合部 215 的运动限定负纵向方向。横向方向 223 被限定为垂直于长度方向 222。横向轴线 224 对应于内曲面线 205 上的内中间点 226 与外曲面线 210 上的外中间点 240 之间的横向路径。下文将更详细地讨论内中间点 226 和外中间点 240。在横向方向 223 上从内曲面线 205 朝外曲面线 210 的运动被认为符号为正。相反,在横向方向 223 上从外曲面线 210 朝内曲面线 205 的运动被认为符号为负。

[0038] 外曲面路径方向由沿外曲面线 210 从第一会合部 215 到第二会合部 220 的运动限定。沿外曲面线 210 的任意给定点处的外曲面路径方向对应于外曲面线 210 在该点处的切线的方向。类似地,内曲面路径方向由沿内曲面线 205 从第一会合部 215 到第二会合部 220 的运动限定;并且,沿内曲面线 205 的任意给定点处的内曲面路径方向对应于内曲面线 205 在该点处的切线的方向。限定外曲面路径方向和内曲面路径方向之一的每一切线可被分解为两个方向分量:在纵向方向 222 上延伸的第一分量;和,平行于横向轴线 224 延伸的第二分量。沿外曲面线 210 的任意点 A 的外曲面路径方向 241——包括它的第一分量 242 和第二分量 243——在图 2 中示出。点 A 处的外曲面路径方向 241 的第一分量 242 为正(即,在正纵向方向上延伸)。在本发明一实施方案中使用的叶片变体的外曲面线 210 被成形为使得对于沿外曲面线 210 的任意点,外曲面路径方向的第一分量为正。

[0039] 如图 2 中所示,外曲面线 210 的形状与内曲面线 205 的形状不同。继续参照图 2,更详细地描述外曲面线 210。外曲面线 210 被分成:第一部分 225;过渡部分 230;和,第二部分 235。第一部分 225 从内、外曲面线在叶片的前缘 215 处的会合部延伸到外中间点 240;过渡部分 230 从外中间点 240 延伸到过渡点 245;第二部分 235 从过渡点 245 延伸到内、外曲面线在叶片 105 的后缘 220 处的会合部。

[0040] 外曲面线 210 的第一部分 225 可以是内曲面线 205 相对于弦线 221 的镜像。换句话说,按照本发明一实施方案使用的一些叶片变体的第一部分 225 关于弦线对称。本领域技术人员将意识到,包括非对称的第一部分的叶片也可用于本发明的不同实施方案中。

[0041] 图 2 的叶片变体是叶片 105 的一个实施例,其中外中间点 240 (即,外曲面线 210 上过过渡部分 230 的起始点)位于外曲面线 210 上叶片最厚的位置。换句话说,叶片 105 的过渡部分 230 在外中间点 240 处的厚度大于叶片 105 在叶片 105 上的任意其它点处的厚度。本领域技术人员将意识到,外中间点 240 不必位于外曲面线 210 上叶片最厚的点处;而是,在本发明的一些实施方案中,外中间点 240 可以沿本应为外曲面线 210 的第一部分 225 的延伸的部分被定位为更接近第一会合部 215,或者更接近第二会合部 220。

[0042] 现在继续参照图 2 描述过渡部分 230。横跨该部分,叶片 105 在相对短的纵向距离上经历相对大的厚度减小。根据在本发明一个实施方案中使用的叶片变体,过渡部分 230 在外中间点 240 处的厚度(该厚度在横向方向 223 上从外中间点 240 到沿内曲面线 205 的标示为内中间点 226 的点测得)大于过渡部分 230 在过渡点 245 处的厚度(该厚度在横向方向 223 上从过渡点 245 到内曲面线 205 测得)的两倍。根据另一叶片变体,外曲面线 210 的第一部分 225 在纵向方向 222 上的长度(即,内、外曲面线在叶片的前缘 215 处的会合部与



横向轴线 224 之间的距离) 大于外曲面线 210 的过渡部分 230 在纵向方向 222 上的长度。

[0043] 与外曲面线 210 的第二部分 235 (或叶片的尾端) 相比, 以及与叶片的总长度相比, 过渡部分 230 相对短。根据在本发明一实施方案中使用的叶片变体, 外曲面线 210 的第二部分 235 在纵向方向 222 上的长度可以大于外曲面线 210 的过渡部分 230 在纵向方向 222 上的长度的三倍。根据另一变体, 叶片在纵向方向 222 上的总长度大于外曲面线 210 的过渡部分 230 在纵向方向上的长度的四倍。根据又一变体, 外曲面线 210 的第二部分 235 在纵向方向 222 上的长度长于外曲面线 210 的第一部分 225 和过渡部分 230 在纵向方向 222 上的组合长度。在另一变体中, 叶片的第二部分 235 和过渡部分 230 的组合长度——该组合对应于缺口部分 201 的缺口长度——占叶片总长度 (或叶片剖面) 的超过 70%。

[0044] 叶片的一些变体还可被描述为与其宽度相比是相对长的。例如, 根据一些叶片变体, 叶片 105 的总长度可以大于在外中间点 240 处测得的过渡部分 230 的厚度的五倍。

[0045] 现在继续参照图 2, 进一步描述过渡部分 230。横跨过渡部分 230, 叶片的外曲面线 210 的斜率经历其最急剧的变化, 其中最大的瞬时斜率梯度出现在外中间点 240 处。在根据本发明一实施方案的叶片变体中, 过渡部分厚度的平均变化率的大小是第一部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍和第二部分厚度的平均变化率的大小的至少两倍。当沿过渡部分 230 从外中间点 240 移动到过渡点 245 时, 外曲面线 210 的斜率变得平坦, 接近内曲面线 205 在如下点处的斜率: 该点在横向方向 223 上与外曲面线 210 的过渡点 245 对准。

[0046] 本发明的各个实施方案可以包括具有直线过渡部分 (即, 由外中间点 240 和过渡点 245 之间的直线限定的过渡部分) 的叶片, 或具有以变化的弯曲度限定的过渡部分 230 的叶片。在过渡部分 230 可用弧表示的情况下, 可获得期望的结果。图 3 的剖面图示出了根据本发明一实施方案的叶片 105 的第二变体。为清楚起见, 用相同的参考标号标示图 2 和 3 的变体的相似特征。图 2 和 3 的变体之间的主要区别在于过渡部分 230 的弯曲度——图 3 中叶片变体的过渡部分 230 的弯曲度大于图 2 的叶片变体的过渡部分 230 的弯曲度。在本发明的一些实施方案中, 外曲面线 210 的过渡部分 230 可以与弦线 221 相交。将意识到, 在一些实施方案中, 外曲面线 210 的过渡部分 230 可以不与弦线 221 相交。

[0047] 如前面提到的, 对于沿外曲面线 210 的任意点, 外曲面路径方向的第一分量 242 (即, 纵向分量) 为正。因此, 沿过渡部分 230 从外中间点 240 到过渡点 245 的运动总是产生正的第一分量 242。外曲面路径方向的第一 (即, 纵向) 分量 242 沿整个过渡部分 230 为正的的实际含义是, 外曲面线 210 不包括任何“露背 (scooped-back)” 部分的情况。换句话说, 对于沿弦线的每个点, 沿外曲面线在横向方向上有且仅有一个对应点。具有该设计的叶片变体 105 的优点是, 避免了易于在叶片的“露背” 部分中形成的湍流气穴。因此, 根据本发明一实施方案的非露背叶片变体可以展现优秀的空气动力学特性。

[0048] 继续参照图 2, 在外曲面线 210 的整个第二部分 235 (即, 在过渡点 245 与内、外曲面线在后缘 220 处的会合部之间), 叶片的外曲面线 210 的斜率保持相对恒定。因此, 叶片的第二部分 235 的厚度也保持相对恒定。作为横跨叶片 105 的过渡部分 230 的相对大的厚度梯度的结果, 叶片 105 的第二部分 235 的厚度与叶片 105 的第一部分 225 的厚度相比较小。根据本发明一实施方案的一个叶片变体可以包括平均厚度小于第一部分 225 平均厚度一半的第二部分 235。

[0049] 与横跨叶片变体的长度的相对厚度有关, 缺口深度对应于外中间点 240 与过渡点

到横向轴线的纵向投影 248 之间的横向距离。在根据本发明一实施方案的叶片变体中(过渡部分 230 始于叶片 105 的最大厚度处),叶片 105 的缺口部分 201 的缺口深度在叶片 105 的最大厚度的 60%和 80%之间。

[0050] 在另一实施方案中,叶片的第一部分可以构成叶片的基本对称的部分,过渡部分和第二部分的组合可构成叶片的非对称部分。参照图 2,当在从弦线朝旋转体 110 的方向上运动时,弦线 221 与内曲面线 205 之间的第一偏移被限定为正。类似地,当在从弦线背向旋转体 110 运动时,弦线 221 与外曲面线 210 之间的第二偏移被限定为正。横跨叶片的非对称部分(其中外曲面线 210 接近弦线 221),第一偏移大于第二偏移。在一个实施方案中,在非对称部分上的第一偏移的平均值大于在非对称部分上的第二偏移的平均值的三倍。

[0051] 叶片取向

[0052] 现在参照图 4 描述叶片的物理取向。叶片 105 被安装在垂直轴线风力涡轮机 100 上,使得改良的外曲面 210 背向旋转体 110。因此,内曲面 205 朝向旋转体。该取向的优点是,当叶片背向气流的方向取向时(即,当叶片 105 上的气流在接触前缘 215 之前接触叶片 220 的后缘时),该取向增加形阻力(form drag)。

[0053] 改良的叶片 105 可允许涡轮机 100 克服惯性和转子阻力,且在相对低的风速下开始转动(即,启动)。这一直是基于翼面的(a. k. a. Darrieus)风力涡轮机的缺点:叶片上的气流由于叶片的运动而被矢量地添加到外部风力。该合成的气流在翼面上产生净力,该净力可被向内投射以一定距离通过涡轮轴,以提供一个正扭矩到杆,使得在涡轮机一直在旋转的方向上使涡轮机旋转。在一个典型的基于翼面的风力涡轮机中,当转子静止时,仅有的气流由于外部风力而产生,并且产生最小限度的净旋转力;即使风速相对高,转子也必须一直旋转以产生显著的扭矩。因而,该设计通常不会自启动。通过在翼面最宽点处对叶片 105 的外曲面 210 进行改良,得到的叶片可在启动时产生相对高的扭矩输出,然而在涡轮机的转速增加时仍可维持相对有效率的空气动力学特性。

[0054] 叶片与转子臂之间的连接

[0055] 用来在垂直轴线风力涡轮机运行期间将叶片保持在固定位置的联结器可以是转子臂 120。图 5 示出了图 1 中虚线椭圆 140 内的元件的放大图,表示根据本发明一实施方案转子臂 120 与叶片 105 的机械联结的详细视图。每个转子臂 120 具有倾斜的前缘 145 和倾斜的后缘 150,并且在转子臂的两个附接点中的一个处具有槽 155。槽 155 允许在一俯仰角范围内安装不同尺寸的叶片。一旦叶片被定位以实现期望的俯仰角,它就被固定就位。在一个实施方案中,槽被配置为适应 15 度的俯仰容差用于调节目的,由此可安装叶片的最小俯仰角是朝中心杆 6 度。本领域技术人员将意识到,转子臂上的槽 155 可以被配置为适应变化范围的俯仰角。

[0056] 每个叶片 105 在两个末端都包括两个螺纹连接点。每个连接点能够接收用来将转子臂 120 联结到叶片 105 的螺栓和垫圈组件。

[0057] 如上文论及的,安装时,叶片的取向使得内曲面 205 朝向转子体 110,外曲面 210 背向转子体 110。在一个实施方案中,转子臂被构造为阻止以外曲面 210 朝向转子体 110 且内曲面 205 背向转子体 110 的方式连接叶片 105。

[0058] 转子体与转子臂之间的连接(使用转子毂)

[0059] 图 6 和 7 分别示出了图 1 中虚线椭圆 160 和 170 内的元件的放大图,表示根据本

发明一实施方案用来将转子臂 120 分别联结到转子体 110 的上端和下端的转子毂 115 的详细视图。

[0060] 参照图 9 和 10, 在本发明一实施方案中, 转子毂 115 用来将多个转子臂 120 联结到转子体 110。每个转子毂 115 适于与渐缩的杆组件部件配对。位于转子体 110 上端的转子毂 115 与一个具有渐缩的端部的杆组件部件 125 配对 (mate), 位于转子体 110 下端的转子毂 115 与一个具有从发电机单元 135 突出的渐缩的端部的杆组件部件 910 配对。

[0061] 转子毂 115 和渐缩的杆组件部件 125、910 可被制造为包括一个将渐缩的杆组件部件 125、910 固定在转子毂 115 内的装置。这样的装置的示例包括使用销子 / 销座组合、使用定位螺钉、使用在所述部件中的每个上的配对的阳 / 阴螺纹部分。本领域技术人员将意识到, 用于将渐缩的杆组件部件 125、910 固定在其相应的转子毂内的装置不限于上文列出的示例。

[0062] 两个杆组件部件 125、910 都适于与杆组件插入件 130 联结, 该杆组件插入件 130 又适于联结到旋转体 110 的两个末端之一。杆组件部件 125、910 和杆组件插入件 130 被制造为包括将杆组件插入件 130 固定在杆组件部件 125、910 内的装置。这样的装置的示例包括, 但不限于, 上文提到的那些用于将渐缩的杆组件部件 125、910 固定在转子毂 115 内的装置示例。杆组件插入件 130 可用粘合剂和一系列铆钉 (图中未示出) 联结到旋转体 110。

[0063] 每个转子毂 115 适于接收三个转子臂 120, 并包括多个孔, 这多个孔与贯穿转子臂的整个厚度形成的相同数量的孔排齐。当转子臂 120 被转子毂 115 接收且转子毂的多个孔与转子臂的孔对准时, 可将螺母、螺栓和垫圈组件 165 与这多个孔中的每个结合使用, 以将转子毂 115 和转子臂 120 紧固在一起。

[0064] 材料

[0065] 如上文所述, 本发明各实施方案的一个优点是, VAWT 100 重量轻。现在将讨论构成各个部件的材料。

[0066] 在本发明一示例性实施方案中, 转子体 110 包括碳纤维管。每个转子毂 115 完全由碳纤维构造。每个转子臂 120 包括覆有三层碳纤维的轻木木芯。每个叶片 105 包括既具有碳增强肋材又具有碳增强圆材的泡沫芯。然后, 泡沫芯的外层覆有两层碳纤维。旋转体的碳纤维管、转子毂、转子臂、以及覆盖叶片的泡沫芯的外层的碳纤维层均用环氧树脂浸渍。

[0067] 将重量轻的材料诸如碳纤维用于根据本发明多个不同实施方案的垂直轴线风力涡轮机的大多数部件有助于降低垂直轴线风力涡轮机的总重量, 从而降低启动涡轮机的旋转所必需的风速。本领域技术人员将意识到, 也可通过将具有与碳纤维类似的强度的替代的重量轻的材料用于根据本发明多个不同实施方案的涡轮机 100 的多个部件, 来实现期望的结果。

[0068] 将意识到, 根据本发明实施方案的垂直轴线风力涡轮机的部件可以完全组装被出售, 或者可以待由最终用户组装的单独部件被出售。

[0069] 将意识到, 尽管出于说明的目的在本文中描述了本发明的具体实施方案, 但可作出各种改变而不偏离本发明的实质和范围。因此, 保护范围仅由接下来的权利要求及其等同物限定。

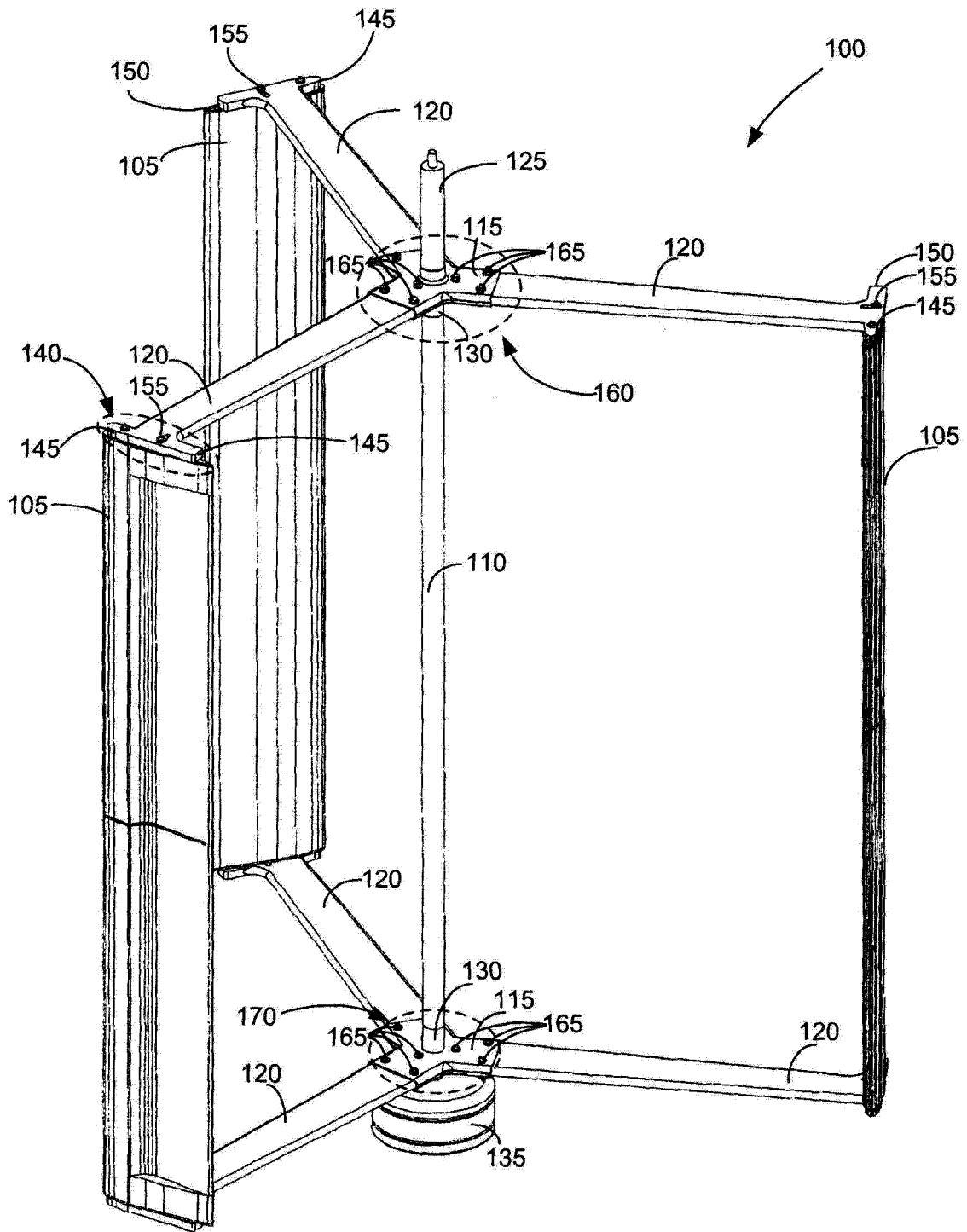


FIG. 1

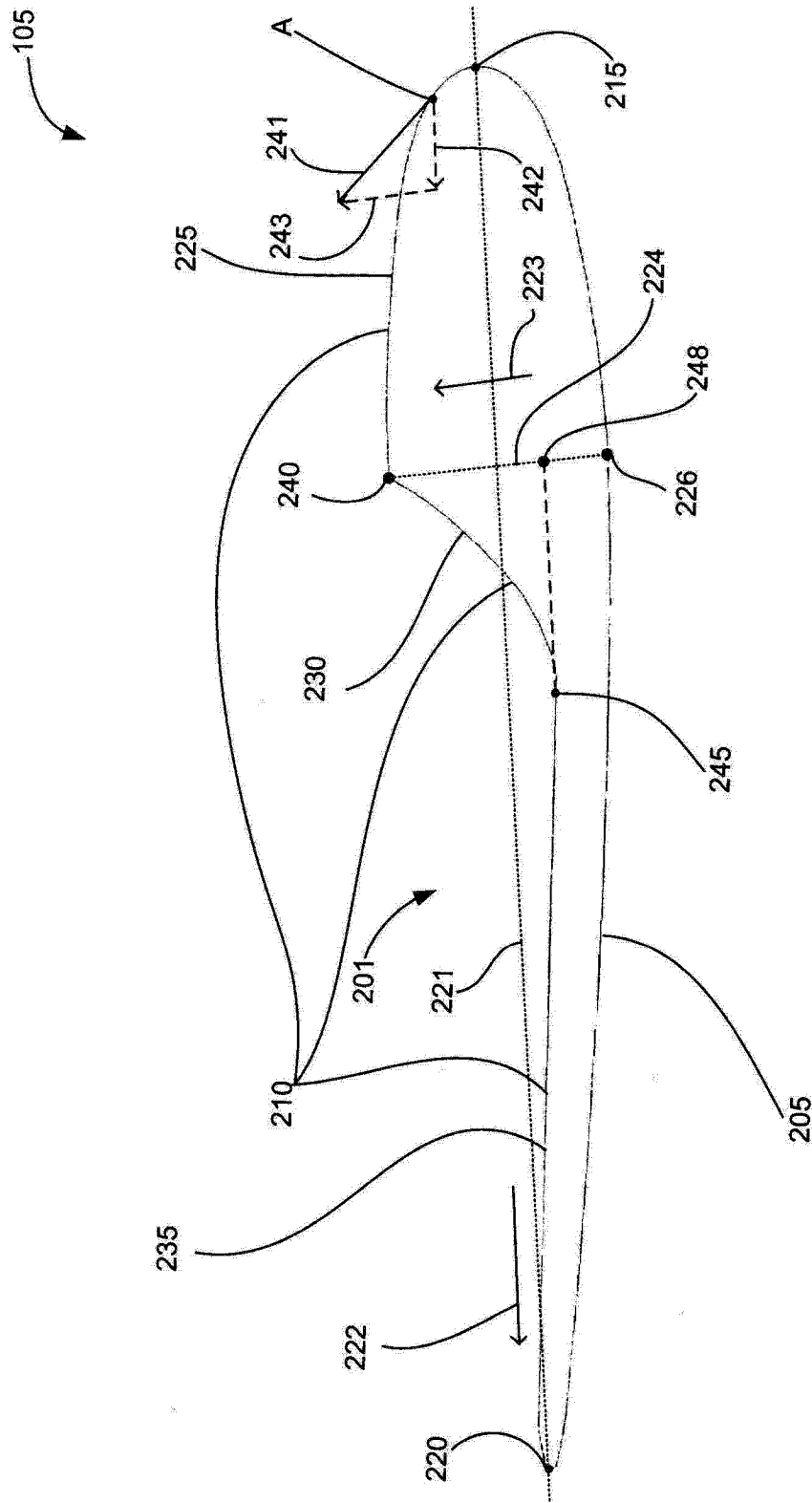


FIG. 2



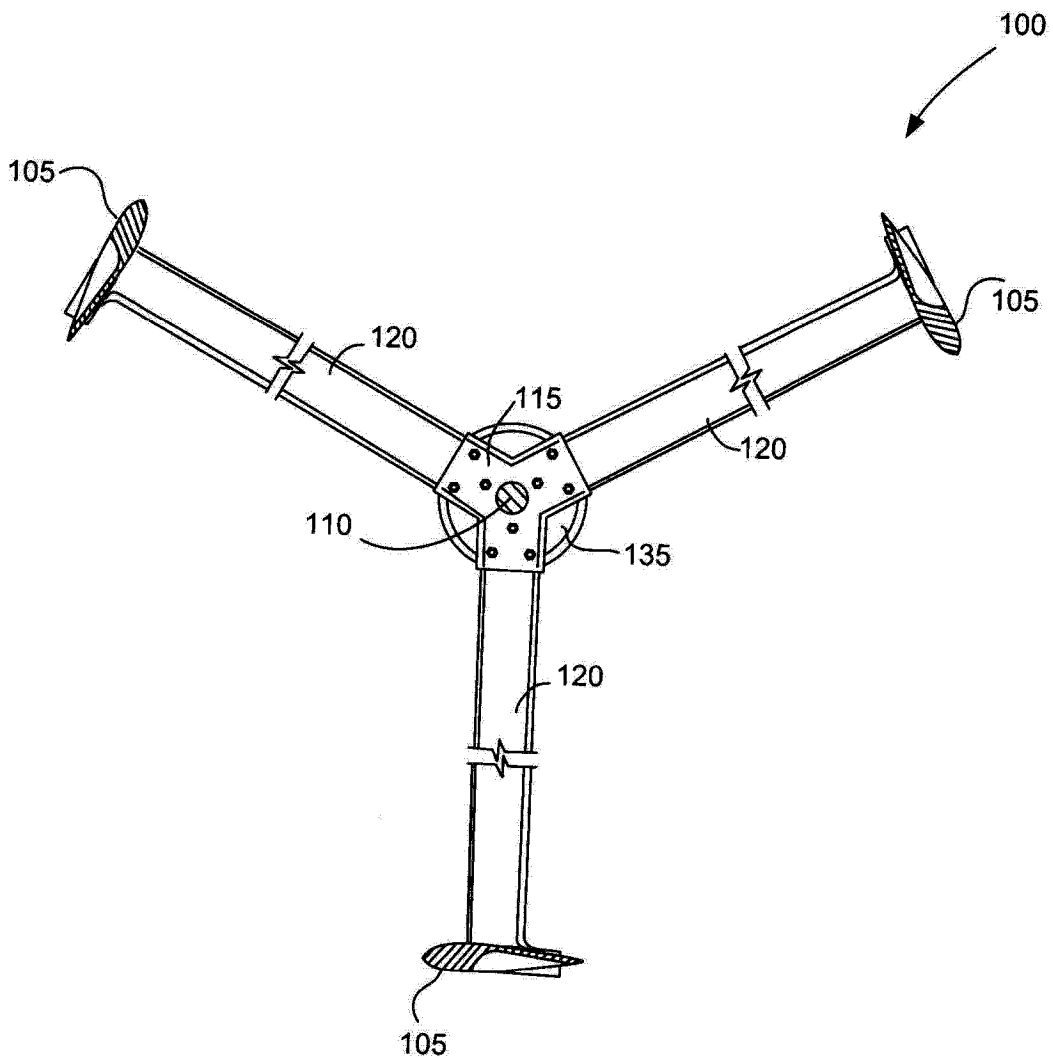


FIG. 4

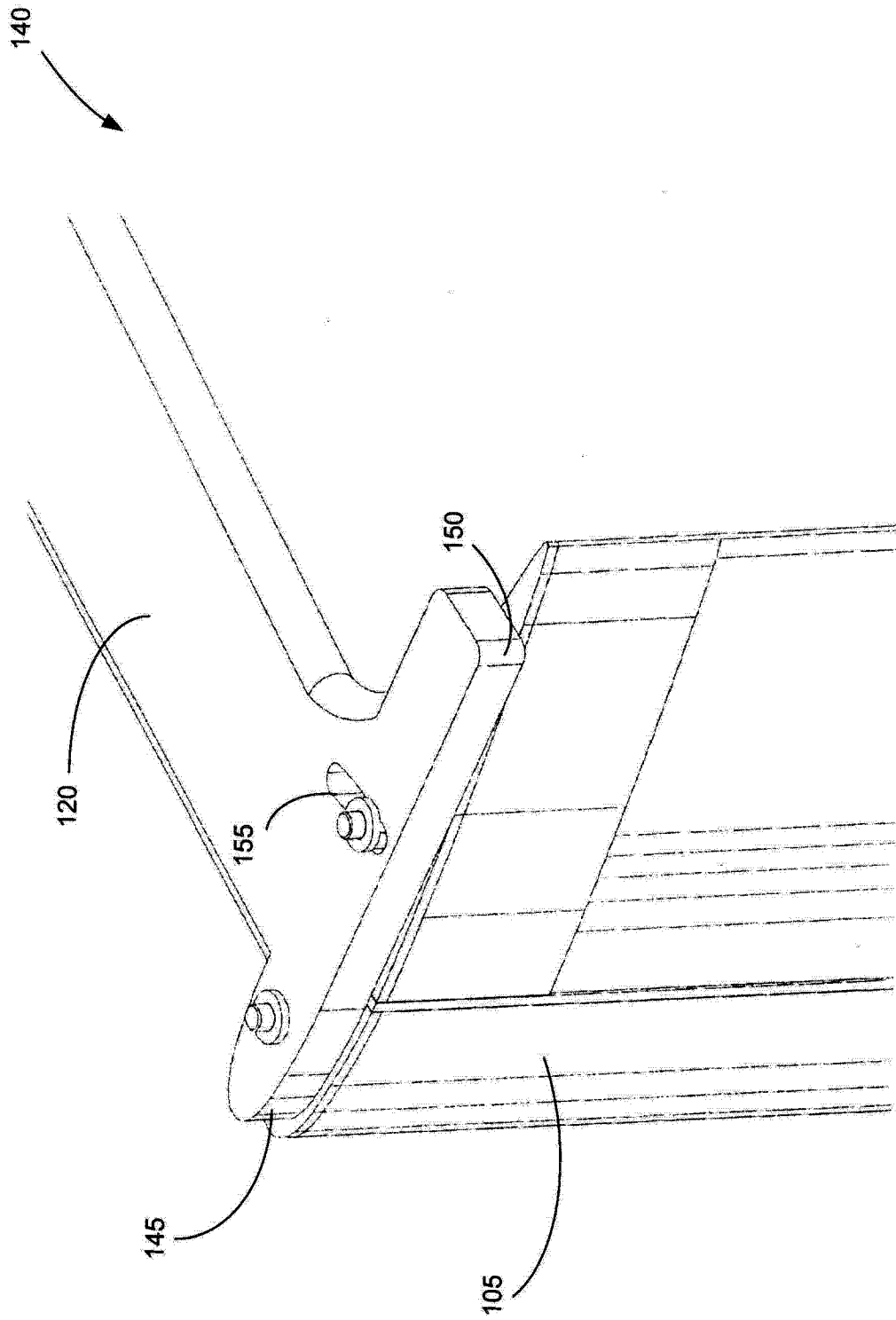


FIG. 5





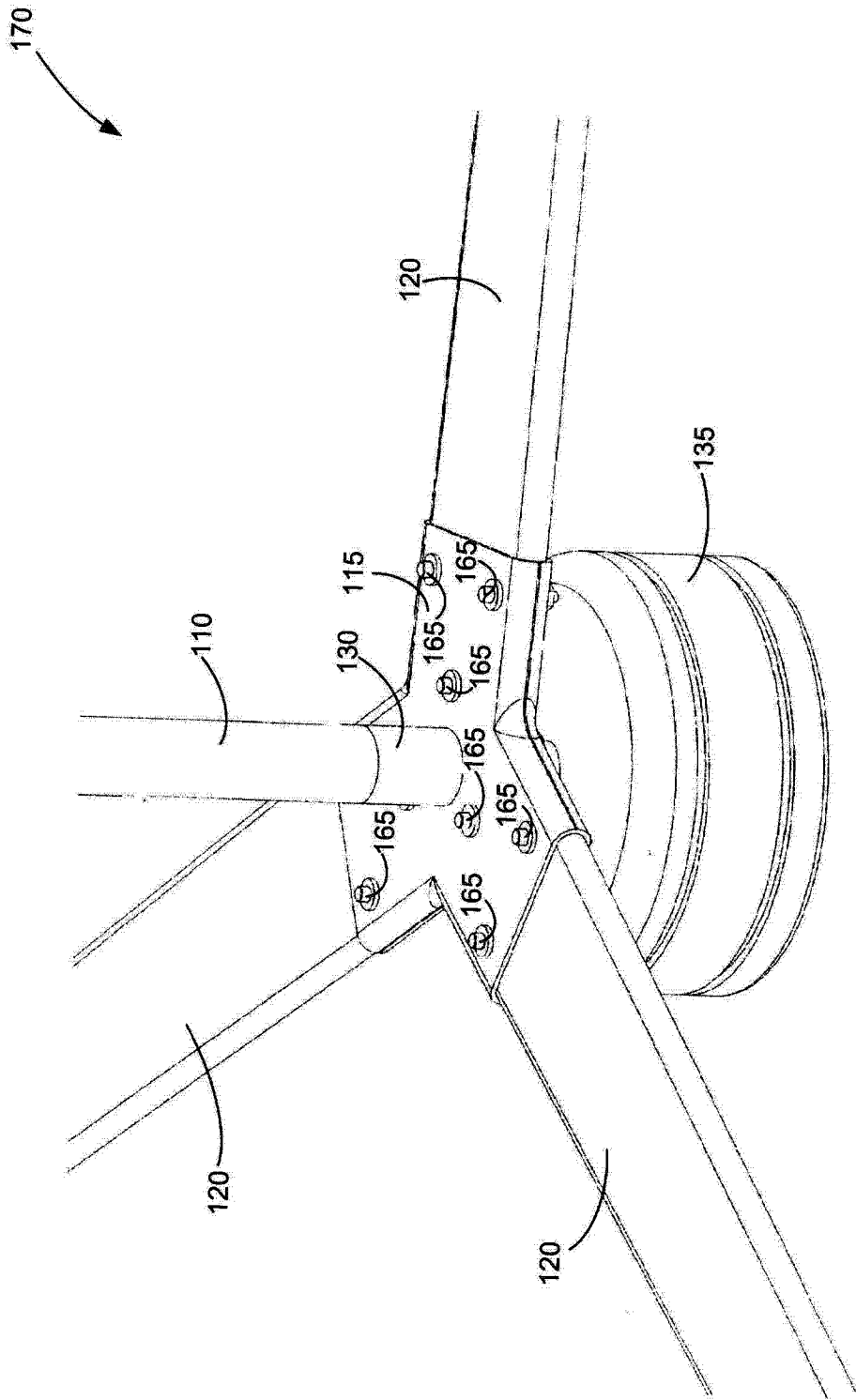


FIG. 7

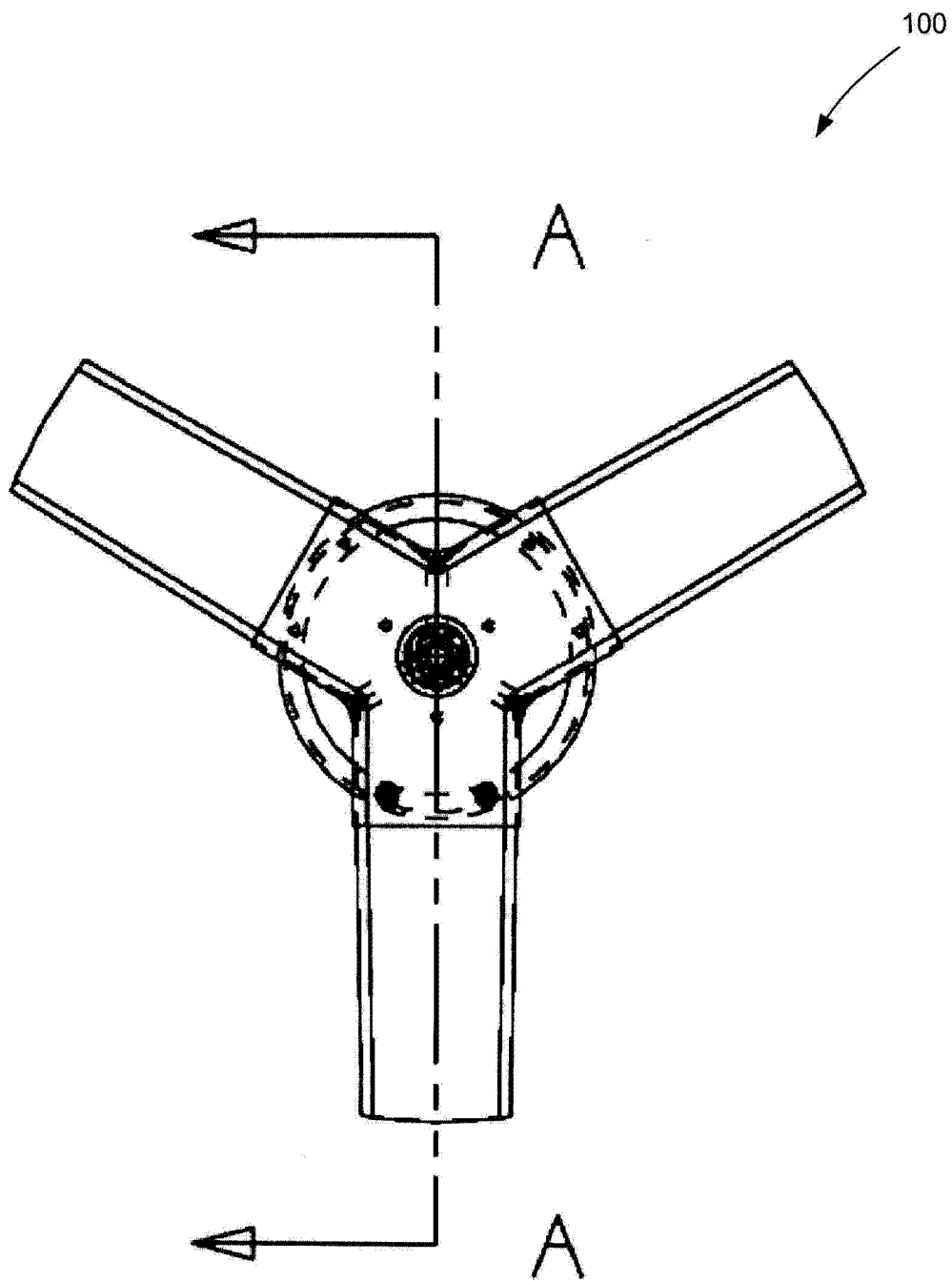


FIG. 8

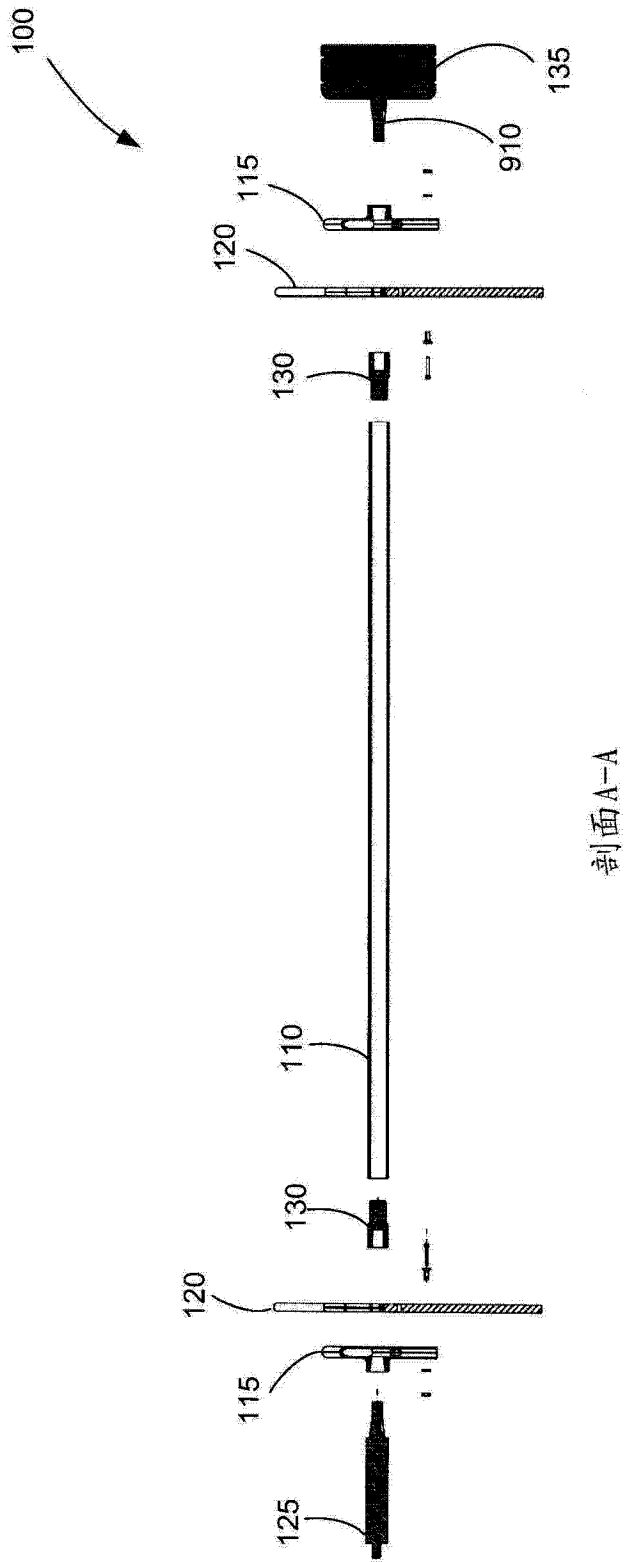


FIG. 9

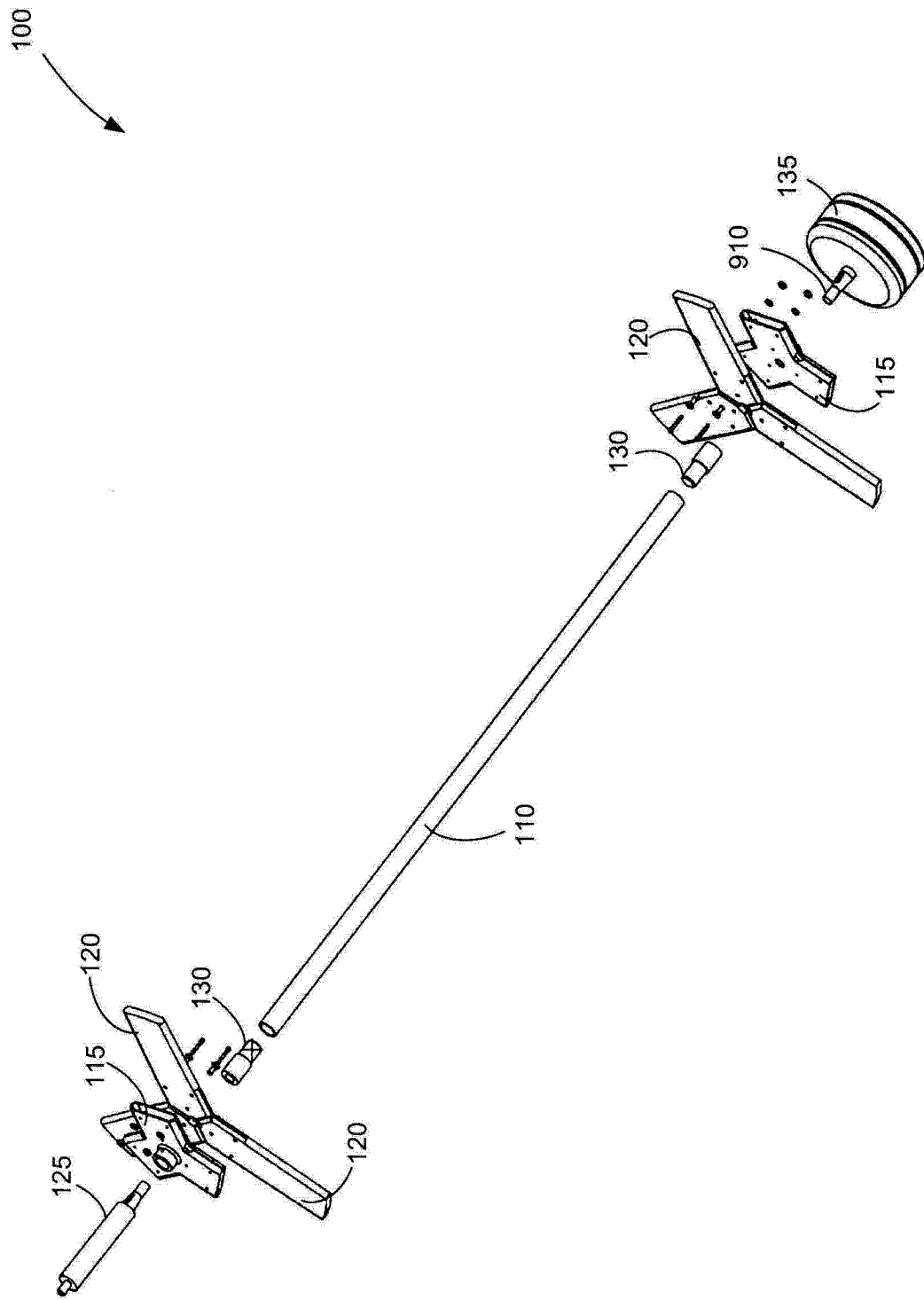


FIG. 10