ADAPTADORES DE COJINETES PARA SEGUIDORES DE EJE ÚNICO

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad a las solicitudes provisionales de patente de Estados Unidos, n.os 62/875.924 presentada el 18 de julio de 2019, titulada "Bearing adapters for single-axis trackers supported by truss foundations", y 62/814.789, presentada el 6 de marzo de 2019, titulada "Bearing housing assemblies and related systems and methods for A-frame foundation supporting mechanically balanced single-axis trackers", cuyas divulgaciones se incorporan por referencia en el presente documento en su totalidad.

ANTECEDENTES

La energía solar es una de las fuentes de energía potenciales más grandes de la Tierra. Por encima de la atmósfera, la irradiación solar por unidad de área es de 1,361 kilovatios por metro cuadrado. Al nivel del mar, la densidad de energía utilizable se reduce a 250 vatios por metro cuadrado. Usando un modelo bidimensional para aproximar la Tierra, 250 vatios/metro cuadrado*π*6 371 000 metros^2 produce aproximadamente 32 000 tera (billones de) vatios de energía que golpean continuamente la superficie de la Tierra. Suponiendo que el sol continúe quemando y emitiendo fotones durante mil millones de años más, la supervivencia de la vida humana depende en última instancia de aprovechar esta fuente esencialmente ilimitada de energía limpia.

El principal impedimento para la adopción solar a gran escala hasta ahora ha sido el coste. A diferencia de otras fuentes de energía, los costes de energía solar se cargan por adelantado mientras que los costes operativos son comparativamente bajos. Las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles requieren costes iniciales, así como costes de pago por uso por el consumo de combustible. Desafortunadamente, no todos los costes actuales se reflejan en el precio de la energía generada a partir de fuentes de combustibles fósiles. Estas fuentes de energía "sucias" tienen importantes costes externos derivados de las emisiones de CO_2 que, en ausencia de un impuesto al carbono, aún no se reflejan en el coste para los consumidores. Asimismo, las empresas de servicios públicos arraigadas y los productores de combustibles fósiles han presionado eficazmente para obstaculizar el progreso de la energía solar, incluso en los estados con mayor potencial solar.

A pesar de estos factores adversos, el coste de la energía solar ha bajado lo suficiente como para que incluso cuando se combina con el almacenamiento de energía, es equivalente o menos costoso que el carbón, el petróleo e incluso el gas natural. En el contexto del mercado de la electricidad, la diferencia del coste relativo entre fuentes competidoras se cuantifica en términos de coste por unidad de energía, normalmente un kilovatio hora (kWh). Las matrices solares a gran escala, las denominadas matrices a "escala de servicios públicos", pueden tener de decenas a cientos de megavatios de capacidad de generación de energía, lo que

las coloca en la misma escala que las pequeñas centrales eléctricas de carbón y gas natural. Estas matrices normalmente generan energía que se alimenta a la red y se vende a precios al por mayor del orden de unos pocos centavos por kWh. El desarrollo de proyectos solares a escala de servicios públicos se financia mediante los denominados contratos de compra de energía (PPA, por sus siglas en inglés, power purchase agreements). Con un PPA, un comprador (por ejemplo, empresa de servicios públicos, un operador de red, etc.) acuerda comprar toda la energía generada por el sistema a una tasa fija durante la vida operativa de la matriz (por ejemplo, 30 años). Esto posibilita que un banco u otro inversor valoren con precisión el flujo futuro previsto y preste dinero para financiar la construcción de la matriz.

Las plantas de energía solar a escala de servicios públicos se configuran predominantemente como matrices montadas en el suelo de inclinación fija o seguidores de eje único. Las matrices de inclinación fija están dispuestas en filas de paneles orientados de este-oeste inclinados hacia el sur en un ángulo dictado por la latitud del sitio de la matriz- cuanto más lejos del ecuador, más pronunciado será el ángulo de inclinación. Por el contrario, los seguidores de eje único se instalan en filas de norte-sur con los paneles solares fijados a un eje giratorio denominado tubo de torsión que mueve los paneles de una orientación este a una orientación oeste durante el transcurso de cada día, siguiendo la progresión del sol a través del cielo. A los fines de esta divulgación, tanto los seguidores de inclinación fija como los de eje único se denominan colectivamente matrices solares axiales.

La mayoría de los fabricantes de seguidores de eje único usan una de dos configuraciones posibles para fijar el tubo de torsión a la cimentación del monopilote. La más común fija el elemento de soporte del tubo de torsión (por ejemplo, la carcasa de cojinete, el soporte de carcasa de cojinete, etc.) a la parte superior, el ala o los lados de una fila de pilotes en H estándar. El cojinete rodea el tubo de torsión y el tubo gira dentro de él como un árbol dentro de un cojinete de rueda. Los monopilotes habitualmente tienen orificios o ranuras formados en un extremo, en cada ala o en el alma, de modo que los elementos de soporte del tubo de torsión se pueden fijar y ajustar fácilmente en la dirección vertical y, en algunos casos, incluso en la horizontal para alinear el tubo de torsión con los otros pilotes y carcasas de cojinete en la fila. Un sistema disponible comercialmente que usa tal configuración ascendente es el seguidor de eje único DuraTrack HZ de ARRAY TECHNOLOGIES, INC. de Albuquerque, NM. En el sistema DuraTrack, el tubo de torsión gira directamente alrededor de su eje dentro de un cojinete que se asienta en la parte superior de un pilote en H. Muchos otros fabricantes de seguidores usan este mismo diseño ascendente.

Aunque se emplea con menos frecuencia, al menos un fabricante de seguidores ha comercializado sucesivamente un seguidor con una configuración descendente donde el tubo de torsión cuelga mediante una abrazadera del pasador de bisagra que permite que todo el tubo oscile como un péndulo en vez de girar alrededor de su propio eje. El motor de accionamiento está desplazado del centro del tubo de torsión para alinearse con el centro de rotación del sistema que, en este sistema, es un pasador de cojinete. Conocido comercialmente como el seguidor de eje único NX Horizon de NEXTRACKER INC. de Fremont, California, este seguidor afirma estar equilibrado mecánicamente, lo que significa que la cantidad de par de torsión requerida para mover el tubo de torsión es la misma en todos los ángulos

del panel. Los sistemas ascendentes requieren más par de torsión para resistir la gravedad a medida que el ángulo de los módulos con respecto al suelo se vuelve más pronunciado, pero en el sistema equilibrado el par de torsión requerido permanece constante y se reducen los momentos de vuelco. Sin embargo, debido a que el tubo de torsión cuelga, oscila a través de un arco y, por lo tanto, necesita espacio libre en la dirección este-oeste de la estructura que sostiene el tubo- una restricción que no está presente en los sistemas ascendentes. Para adecuarse, NEXTracker fija un par de abrazaderas en ángulo recto a la cara exterior de cada ala del pilote en H para proporcionar una plataforma de montaje horizontal con una anchura mayor que la proporcionada por el pilote en H solo. Luego, se monta un conjunto de carcasa de cojinete en forma de U invertida en esta plataforma horizontal y el tubo de torsión se cuelga de un pasador de cojinete asentado en un cojinete en el centro de la U invertida.

Excluyendo los costes de adquisición de tierras, los costes generales del proyecto para matrices a escala de servicios públicos pueden incluir la preparación del sitio (construcción de carreteras, nivelación, conexiones de red y agua, etc.), cimentaciones, seguidor o hardware de inclinación fija, paneles solares, inversores y conexiones eléctricas (conducto, cableado, zanjas, interfaz de red, etc.). Muchos de estos costes se han reducido en los últimos años debido a la innovación continua y a las economías de escala, sin embargo, un área que se ha ignorado en gran medida son las cimentaciones. Las cimentaciones proporcionan una interfaz estructural uniforme que acopla el sistema al suelo. Al instalar un seguidor de eje único convencional, después de que se haya preparado el sitio, se hincan normalmente monopilotes verticales en el suelo a intervalos regulares dictados por el fabricante del seguidor y el plano del sitio; los componentes del sistema de seguidor se fijan posteriormente a la cabeza de esos pilotes. Más a menudo, los monopilotes usados para soportar el seguidor tienen un perfil en forma de H, pero también pueden tener forma de C o incluso de caja. En las matrices de seguidor de eje único a gran escala convencionales, la adquisición y la construcción de las cimentaciones pueden representar hasta el 5-10 por ciento del coste total del sistema. A pesar de esta parte relativamente pequeña del coste total, cualquier ahorro en acero y mano de obra asociado con las cimentaciones representará una cantidad significativa de dinero en una gran cartera de proyectos solares. También, los acuerdos de desarrollo de seguidores a menudo se cierran un año o más antes de que se incurra realmente en los costes de instalación, por lo que cualquier ahorro en cimentación posterior al acuerdo que se pueda realizar se sumará a las ganancias ya incluidas en los cálculos que respaldaron la construcción del proyecto.

Una de las razones por las que los monopilotes siguen dominando el mercado de las cimentaciones de seguidores de eje único es la simplicidad. Es relativamente fácil hincar monopilotes en el suelo a lo largo de una línea recta con la tecnología existente, sin embargo, el diseño es inherentemente ineficiente. La física de un monopilote exige que se sobredimensione porque los miembros estructurales individuales no son buenos para resistir las fuerzas de flexión. Cuando se usa para soportar un seguidor de eje único, las mayores fuerzas sobre la cimentación no provienen del peso de los componentes, sino más bien de la fuerza lateral combinada del viento que golpea los paneles solares. Esta fuerza lateral se convierte en la cimentación como un momento flector. La magnitud de esta fuerza

es mucho mayor que la carga estática atribuible al peso de los paneles y componentes del seguidor. Actúa como un brazo de palanca que intenta flexionar el pilote, y cuanto más largo es el brazo de palanca, mayor será la magnitud de la fuerza. Muchas empresas de seguidores especifican una altura mínima de cimentación de 101,6 cm (40 pulgadas) o más. Por lo tanto, en el contexto de los seguidores de eje único, las cimentaciones de monopilotes deben sobredimensionarse e hincarse profundamente en el suelo para soportar cargas laterales.

Una alternativa propuesta a las cimentaciones de monopilotes es usar un par de patas en ángulo moderado para formar una cimentación de bastidor en A o en forma de entramado. Las cimentaciones de entramado tienen el potencial de aumentar las instalaciones solares a escala de servicios públicos al reducir los costes en relación con los monopilotes. Una razón de esto es que las cimentaciones de entramado convierten las cargas laterales sobre el seguidor en fuerzas axiales de tensión y compresión en las patas del entramado en vez de flexión. Debido a que los miembros estructurales simples son pobres para resistir la flexión en relación con su capacidad para resistir fuerzas axiales, se debe usar acero más pesado y grueso al soportar un seguidor de eje único con monopilotes en relación con las cimentaciones de entramado. También, debido a que las patas del entramado resisten cargas laterales principalmente con tensión y compresión en las patas, las patas no necesitan hincarse tan profundamente como un monopilote equivalente. Además de ahorrar acero, esto reduce las posibilidades de encontrar rocas debajo de la superficie. El proceso de mitigación de monopilotes para superar un rechazo debido a la roca es casi diez veces más caro que simplemente derribar un monopilote en el suelo, por lo que cualquier reducción en los rechazos ahorrará costes de instalación del proyecto.

Para finalizar, para algunos seguidores, la integración del seguidor a la cimentación tiene el potencial de reducir aún más los costes en relación con los pilotes en H. Es posible que el hardware del vértice que une las patas del entramado adyacentes para formar la estructura en forma de bastidor en A también constituya una porción del seguidor, reduciendo así el recuento total de piezas. Específicamente, al unir patas del entramado adyacentes con el mismo componente que proporciona el cojinete para el miembro giratorio del seguidor (es decir, el tubo de torsión, el pasador de cojinete, etc.), el seguidor y la cimentación combinados se pueden fabricar y construir de manera menos costosa. Para ese fin, es un objeto de diversas realizaciones de esta divulgación proporcionar adaptadores de cojinetes que proporcionen una cimentación de entramado o de bastidor en A para aplicaciones de seguidores de eje único, optimizando así la cantidad de acero y la profundidad de encastración necesaria para una pata de diámetro dado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1A muestra una porción de un seguidor de eje único de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la figura 1B muestra componentes de una pata del entramado que se pueden usar con diversas realizaciones de la invención;

la figura 2 muestra un adaptador de cojinete de acuerdo con diversas

realizaciones de la invención;

las figuras 3A-C muestran otro adaptador de cojinete que se puede usar con una cimentación de entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la figura 4A muestra otro adaptador de cojinete que se puede usar con una cimentación de entramado de acuerdo con otras realizaciones de la invención;

las figuras 4B y 4C muestran un adaptador de cojinete con una abertura de cojinete en forma de catenoide;

la figura 5 muestra un adaptador de cojinete en forma cardioide y una cimentación de entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

las figuras 6A-C muestran diversas vistas del adaptador de cojinete de forma cardioide de la figura 5;

la figura 7 muestra el adaptador de cojinete de la figura 5 superpuesto sobre un conjunto de carcasa de cojinete de la técnica anterior;

la figura 8 muestra otro adaptador de cojinete y otra cimentación de entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención; y

las figuras 9A-C muestran diferentes vistas del adaptador de cojinete de la figura 8;

la figura 10 muestra el adaptador de cojinete de la figura 8 superpuesto sobre un conjunto de carcasa de cojinete de la técnica anterior.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La siguiente descripción está destinada a transmitir una comprensión profunda de las realizaciones descritas proporcionando una serie de realizaciones específicas y detallesque involucran cimentaciones de bastidor en A usadas para soportar seguidores solares de eje único. Debe apreciarse, sin embargo, que la presente invención no está limitada a estas realizaciones y detalles específicos, que son únicamente a modo de ejemplo. Se entiende además que un experto en la materia a la vista de los sistemas y métodos conocidos, apreciaría el uso de la invención para los fines previstos.

Pasando a la figura 1A, esta figura muestra una porción de un sistema 100 de seguidor de eje único soportado por una cimentación 10 de bastidor en A de acuerdo con diversas realizaciones de ejemplo de la invención. La porción 100 mostrada incluye una cimentación 10 de bastidor en A parcial fijada a un adaptador de cojinete 15 que soporta una sección del tubo de torsión 20 suspendido. La expresión "adaptador de cojinete" se usa genéricamente en el presente documento para referirse a estructuras que realizan la función de un adaptador y de un conjunto de cojinete de seguidor. Es decir, junta estructuralmente los extremos libres sobre el suelo de las patas del entramado adyacentes, además de proporcionar un cojinete para recibir un miembro giratorio que permite que el tubo de torsión se mueva. En el ejemplo de la figura 1, el miembro giratorio es un pasador de cojinete desde el que se conecta de manera giratoria el tubo de torsión. En otras realizaciones, el miembro giratorio puede ser el propio tubo de torsión. En tales realizaciones, la abertura de cojinete será mucho más grande para acomodar el tubo de torsión, y el adaptador de cojinete no necesita ser tan ancho o alto porque el tubo de torsión gira en su lugar en vez de oscilar como un péndulo alrededor del

cojinete.

Las patas del bastidor en A se han cortado para enfocar los elementos que son el tema de la presente divulgación. En este ejemplo, el tubo de torsión 20 está suspendido del pasador de bisagra 16 pasando a través del adaptador de cojinete 15 abrazaderas de bisagra 18. Diversos módulos fotovoltaicos 110 están fijados a la sección del tubo de torsión 20 mediante abrazaderas de sujeción en C que unen el bastidor de cada módulo al tubo de torsión. Para facilitar la ilustración, solo se muestra una porción de la matriz. En una instalación real, habría varios de tales cimentaciones y adaptadores de cojinetes espaciados a lo largo del tubo de torsión 20 y al menos un motor o acoplamiento de transmisión para mover el conjunto giratorio, manteniendo así los paneles al sol (es decir, normales al sol) durante todo el día. El seguidor que se muestra en la figura 1A es un sistema descendente tal como el fabricado y vendido por NEXTRACKER INC, de Freemont, California donde, como se ha analizado anteriormente, el tubo de torsión está suspendido de un pasador por encima del tubo en vez de descansar en un cojinete circular que se asienta sobre la cimentación. En este ejemplo, se muestra un adaptador de cojinete único que no solo proporciona un cojinete para suspender el tubo de torsión y delimita la magnitud de la oscilación este y oeste del tubo, sino que también, como se analiza con mayor detalle en el presente documento, completa el bastidor en A interconectando los extremos libres de cada pata del entramado para formar una cimentación de entramado rígida de bastidor en forma de A. En diversas realizaciones, esta conexión se ve afectada insertando una porción del adaptador de cojinete en cada pata y engarzándola en su lugar.

En este ejemplo, el adaptador de cojinete 15 tiene una forma cardioide. La forma cardioide se caracteriza por un par de brazos simétricos en forma de S que siguen caminos opuestos en forma de S y se encuentran en el medio en una cúspide. El extremo distal de cada brazo en forma de S está espaciado y en ángulo para que coincida con el ángulo y la distancia entre las patas adyacentes de la cimentación de bastidor en A. Debe apreciarse que también pueden ser posibles otras formas.

La figura 1B muestra los componentes del sistema 10 de cimentación de entramado. Incluyen un par de anclajes de tornillo 11, un par de patas superiores 13 y un acoplador de transmisión 12 en el extremo superior del anclaje de tornillo. El acoplador 12 se usa para introducir el anclaje de tornillo en el suelo de apoyo, así como para unir la pata superior al anclaje de tornillo. En algunas realizaciones, este acoplador o collar se puede soldar a la cabeza de cada pilote de base. En otras realizaciones, se puede fijar en el campo antes o después de hincar el pilote. El acoplador puede tener dientes formados en él para posibilitar que se engrane con el cabezal de accionamiento de una máquina de accionamiento giratoria para transferir el par de torsión al pilote mientras está accionada. Una vez que el par de pilotes de base adyacentes se hincan en la ubicación de cimentación deseada, los pilotes superiores o de extensión se acoplan a sus respectivos pilotes de base. En diversas realizaciones, esto se logra insertando un extremo de cada pilote superior sobre el acoplador o collar hasta que descanse sobre el reborde del acoplador. Las superficies inclinadas alternas del acoplador permiten que el pilote superior se ajuste axialmente de modo que ambos estén en el mismo plano y apunten al punto de trabajo deseado. Una vez que se logra la alineación correcta, se puede usar una

herramienta de engarzado para engarzar la porción del pilote superior sobre el canal formado en el acoplador para bloquear el pilote superior al pilote de base y para preservar la orientación de los pilotes superiores. Luego, el conjunto de carcasa de cojinete se fija a los extremos libres del pilote superior para completar el bastidor en A, tal y como se analiza con mayor detalle a continuación.

Como se muestra, el anclaje de tornillo 11 incluye una forma de rosca externa en el extremo inferior. En diversas realizaciones, tal anclaje de tornillo se hinca en el suelo con un destornillador giratorio hasta que el extremo accionado está en el nivel o cerca del mismo. En diversas realizaciones, las patas 10 adyacentes se hincan en ángulos recíprocos entre sí. Por ejemplo, los pilotes se pueden hincar a ±60 grados, inclinándose una hacia la otra. En otras realizaciones, pueden hincarse en ángulos recíprocos en un intervalo que va desde 55 grados a 72,5 grados. En diversas realizaciones, se puede fijar un acoplador articulado a la cabeza de cada pilote de base. Debe apreciarse que aunque en las figuras se muestra un collar de engarce articulado, se pueden usar otras técnicas para acoplar los pilotes superiores a sus respectivos pilotes de base sin apartarse del espíritu o alcance de la invención.

La figura 2 muestra una vista frontal del adaptador de cojinete 30 de la figura 1 de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. El adaptador de cojinete 30 comprende un miembro de forma generalmente cardioide formado con una cúspide central 32 y un par de brazos 34 simétricos en forma de S opuestos que se proyectan hacia y lejos de la cúspide 32. En diversas realizaciones, el adaptador 30 puede estar formado por acero de colada. En otras realizaciones, el conjunto se puede conformar en frío, tal como mediante un proceso de estampación. En diversas realizaciones, un cojinete tal como el cojinete 33 está ubicado en o cerca de la cúspide 32 a lo largo de la línea media vertical del conjunto. En este contexto, "vertical" se refiere a la orientación del conjunto cuando se instala con la cúspide en la parte superior y el extremo distal de cada brazo en forma de S en la parte inferior. En este ejemplo, el cojinete 32 consiste en un rebaje tubular que pasa completamente a través del cuerpo del adaptador 30. Cada brazo 34 en forma de S se extiende alejándose de la cúspide 32, luego se curva hacia él antes de curvarse para coincidir con el espacio y el ángulo de las patas 10 del bastidor en A. Como se ha analizado anteriormente, el extremo terminal de los brazos 34 puede curvarse hacia abajo y alejarse de la línea media en un ángulo en un intervalo de 17,5 grados a 35 grados para coincidir con el ángulo de las correspondientes patas de entramado 10, que están orientadas en un ángulo en un intervalo de 55 grados a 72,5 grados.

En diversas realizaciones, y como se muestra en el presente documento, aunque los brazos 34 en forma de S son simétricos, sus características distales no lo son. La razón de esto es que si ambos brazos tienen extremos que tienen la misma longitud, puede que no sea posible insertar simultáneamente los extremos en sus respectivas patas superiores 13 en ángulo incluso antes de que se engarcen a los anclajes de tornillo 11. Por lo tanto, en el ejemplo de la figura 2, un brazo termina en un manguito de engarce 35 soldado que se extiende varias pulgadas más allá del extremo del brazo 34 pero a lo largo del mismo eje. En diversas realizaciones, y como se muestra, el manguito de engarce 34 soldado está soldado al extremo del brazo e incluye una junta de engarce próxima a su extremo distal. La

junta de engarce se caracteriza por una sección de diámetro más estrecho que deja espacio para que el pilote superior se engarce hacia ella. La porción de extremo 36 del brazo opuesto es relativamente más corta e incluye un manguito con características de bloqueo por torsión. En este caso, se muestran características hembra, pero en otras realizaciones se pueden usar características macho, o incluso una combinación de características macho y hembra. Se usa un manguito 37 con bloqueo por torsión independiente para interconectar el manguito 36 de bloqueo por torsión relativamente más corto con su pata superior 13 y, por extensión, el adaptador de cojinete 30 con la cimentación de entramado 10.

La instalación de los componentes que se muestran en las figuras 1A/B y 2 se logra como sigue. Los anclajes de tornillo 11 y las patas superiores 13 se instalan de la manera analizada anteriormente en el contexto de la figura 1B. Luego, el manguito de engarce 35 soldado relativamente largo del adaptador de cojinete 30 se inserta en el extremo libre de una de las patas superiores. En diversas realizaciones, el manguito de engarce 35 tendrá un diámetro exterior ligeramente más pequeño que el diámetro interior de la pata superior 13 para posibilitar un encaje suave con una holgura mínima. El manguito de engarce 35 puede tener un diámetro uniforme, lo que posibilita que el conjunto se gire 360 grados dentro de la pata superior 13 para girar el adaptador 30 de manera que no estorbe mientras se configura el otro lado.

A continuación, el manguito de engarce 37 con bloqueo por torsión independiente se inserta en el extremo libre de la otra pata superior de modo que el extremo de la junta de engarce quede hacia abajo. En diversas realizaciones, el tope de choque 38 se forma en el manguito 37 para impedir que desaparezca hacia abajo en la pata superior 13. Una vez insertado, el adaptador 30 se gira de modo que el manguito 36 con bloqueo por torsión relativamente más corto apunte al manguito 37 independiente insertado. El manguito 37 se desliza luego axialmente hacia arriba dentro de la pata hasta que traba el manguito 36 con bloqueo por torsión relativamente más corto. Las características macho y hembra están correctamente orientadas, el manguito 37 independiente se deslizará hacia el brazo 34. Una vez completamente insertado, el manguito 37 independiente se gira entonces en sentido horario o en sentido antihorario, hasta que las características macho se asienten firmemente contra sus respectivos topes. En este punto, el ajuste granular entre el adaptador 30 y las patas superiores 13 se puede realizar levantando o empujando hacia abajo el adaptador de cojinete 30 hasta que el cojinete 33 esté alineado con el punto de trabajo deseado y/o con otros cojinetes en la misma fila. La instalación se completa engarzando cada pata superior 13 sobre las juntas de engarce formadas en cada uno de los manguitos de engarce 37/35 independientes y soldados. Las juntas de engarce conservarán el conjunto en la orientación deseada. El engarzado se puede realizar con un dispositivo de engarzado portátil motorizado o un engarzador articulado fijado a la máquina usada para instalar los pilotes de base.

Pasando a las figuras 3A-C, estas figuras muestran el adaptador de cojinete 40 de acuerdo con diversas otras realizaciones de la invención. Como en la realización de ejemplo que se muestra en la figura 2, el adaptador 40 también se caracteriza por una estructura de forma cardioide con una cúspide 42 posicionada centralmente y un par de brazos 44 simétricos en forma de S opuestos que se

curvan hacia y lejos de la cúspide. Un cojinete integral 43 posicionado debajo de la cúspide 42 y consiste en una abertura axial que pasa a través del adaptador 40. Como se analiza en el presente documento, el adaptador 40 se puede formar a partir de una o más piezas coladas, mediante estampación o mediante algún otro proceso. En esta realización, cada brazo 44 en forma de S termina en un brazo de engarce 45/46. Los brazos de engarce 45/46 se pueden formar a partir de la misma pieza colada que el adaptador 40 o pueden formarse por separado y soldarse después de que se forme el conjunto 40. En este ejemplo, un brazo 46 está etiquetado como el brazo de engarce corto y el otro como el brazo de engarce 45 largo. La razón para tener brazos de diferentes longitudes es la misma que se ha analizado anteriormente en el contexto de la figura 2- es decir, para posibilitar el encaje simultáneo con las patas superiores 13 fijas. Como se muestra en las figuras 3A y B, los brazos de engarce 45/46 incluyen una pluralidad de características de engarce. En estas figuras, las características de engarce consisten en una pluralidad de nervios y huecos alternados, así como caras planas que proporcionan espacio libre para que la pata superior 13 se enfunde hacia el brazo de engarce. Esta realización también incluye un manguito de engarce 47 independiente. Al igual que el manguito de engarce 37 de la realización de la figura 2, el manguito de engarce 47 incluye una junta de engarce próxima a un extremo. A diferencia del manguito 37, no existen características de bloqueo por torsión porque el manguito encaja directamente sobre el brazo de engarce 46 corto del adaptador 40 y se engarza en su lugar.

La instalación del sistema es similar a la del adaptador 30 de la figura 2. Después de instalar los anclajes de tornillo 11 y las patas superiores 13, puede comenzar la instalación del adaptador de cojinete 40. En esta realización a modo de ejemplo, la instalación comienza insertando el brazo de engarce 45 largo en un extremo libre de una de las patas superiores. En diversas realizaciones, el diámetro exterior del brazo de engarce 45 se hace ligeramente más pequeño que el diámetro interior de la pata superior 13 para permitir que el brazo entre fácilmente pero sin demasiada holgura. Una vez dentro, el adaptador 40 se puede girar de manera que no estorbe para permitir el acceso al extremo libre de la pata superior adyacente. El extremo del manguito de engarce 47 que contiene la junta de engarce se desliza en el extremo libre de la pata superior hasta la abertura de la pata del tope de choque 48. Luego, el adaptador 40 se gira y se vuelve a poner en juego para que el brazo de engarce 46 más corto apunte al manguito de engarce 47 independiente. Luego, el manguito 47 se vuelve a deslizar hacia arriba hasta que cubre al menos una porción del brazo de engarce 46 corto. Luego, se nivela el adaptador de cojinete 40 y el cojinete 43 se alinea con la altura y la posición este-oeste del punto de trabajo deseado. Una vez alineado, la pata superior 13 se engarza sobre el área de la junta de engarce del manguito de engarce 47 y directamente sobre el manguito a lo largo de la porción del manguito que se solapa con el brazo de engarce 46 corto. Para finalizar, la otra pata se engarza para trabar el brazo de engarce 45 largo, manteniendo así la orientación del adaptador de cojinete con el punto de trabajo de la cimentación de entramado.

Pasando ahora a las figuras 4A-C, estas figuras muestran características de un adaptador de cojinete, en este caso, el adaptador 30 que se muestra en la figura 2, que puede usarse con diversas realizaciones de la invención. Aunque la carcasa

de cojinete mostrada en la figura 4A coincide con la de la figura 2, debe apreciarse que el adaptador 40 de las figuras 3A-C, o incluso otros adaptadores, también se pueden usar con las diversas realizaciones mostradas en las figuras 4A-C. De hecho, estas características también se pueden usar con diversos otros tipos de seguidores de estilo descendente o incluso ascendente. Comenzando con la figura 4A, esta figura muestra una vista frontal del adaptador de cojinete 30 a modo de ejemplo. Como los otros adaptadores, tiene forma sustancialmente cardioide con brazos 34 en forma de S simétricos opuestos. La línea A-A que biseca el medio del adaptador 30 pasa a través de la cúspide 32 y del cojinete 33 debajo de esta. La figura 4B muestra una vista en sección transversal interna tomada a lo largo de la línea de bisectriz A-A y la figura 4C es un primer plano de las superficies de cojinete 33A en el interior del adaptador 30. Como se ve en las figuras 4B y 4C, el cojinete 33 en el adaptador 30 es una abertura que pasa completamente a través del adaptador 30 que proporciona una superficie de cojinete para que un pasador de cojinete gire dentro. Las superficies de cojinete 33A juntas forman una abertura en forma de catenoide. En la vista en sección transversal, esto aparece como un par de superficies generalmente convexas, lo que indica que el diámetro es más estrecho en el medio y se hace más grande viajando hacia la abertura de cojinete en ambos lados. Aunque esta superficie se muestra con forma de catenoide, en algunas realizaciones, la superficie puede tener la forma de una rampa que sube desde cualquier abertura hasta un vértice en el medio. Cuando el pasador de cojinete se inserta en el cojinete 33, las superficies de cojinete 33A curvadas convexas permiten que el pasador se articule varios grados en cualquier dirección dentro del cojinete. En diversas realizaciones, esto puede aliviar la tensión y el esfuerzo en el tubo de torsión, las abrazaderas de soporte del tubo de torsión e incluso la cimentación, debido a la desalineación de adaptador de cojinete a adaptador de cojinete. Una superficie de cojinete con un diámetro uniforme requiere que cada carcasa de cojinete esté orientada de manera sustancialmente idéntica. Conseguir eso puede ser difícil en condiciones del mundo real donde los anclajes se hincan con equipo pesado en tierra en terrenos de diferente grado y contenido de humedad. La abertura de cojinete en forma de catenoide de acuerdo con esta realización debería extender la vida útil del sistema de seguidor al permitir que el pasador de cojinete gire sin intentar mover el cojinete o la cimentación para alinearlo ni intentar doblar el tubo de torsión para compensar la desalineación. La línea discontinua en la figura 4B muestra diferentes orientaciones posibles del pasador de cojinete dentro del cojinete en forma de catenoide.

Pasando ahora a la figura 5, esta figura muestra una cimentación de entramado y un sistema 200 de adaptador de cojinete a modo de ejemplo de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Como en otras realizaciones, la cimentación de entramado consiste en un par de patas de entramado 10 que se extienden por debajo y por encima del suelo. Cada pata 10 consiste en un anclaje de tornillo 11 que se hinca casi por completo en el suelo y una pata superior 13 que extiende sustancialmente el eje de su correspondiente anclaje de tornillo. El acoplador 12, fijado a la cabeza del anclaje de tornillo o integrado en ella, sirve como plataforma sobre la que se fija la pata superior. Una junta de engarce, pasador, roscas u otro sujetador mecánico adecuado se puede usar para unir las patas superiores 13 a sus respectivos anclajes de tornillo 11. Las patas superiores 13

terminan como tubos abiertos. El adaptador de cojinete 50 es el miembro de forma cardioide en la parte superior del entramado. Incluye un par de porciones de conexión 52 que se reciben en las patas superiores 13 adyacentes antes de que las patas se engarcen o aseguren de otro modo al adaptador de cojinete 50. El adaptador 50 incluye y proporciona una abertura de forma cardioide con un cojinete 53 formado en la cúspide de esa abertura. En diversas realizaciones, un pasador de cojinete se recibe dentro del cojinete 53 y una o más abrazaderas de soportes del tubo de torsión se fijan al pasador de cojinete para suspender el tubo de torsión.

En algunas realizaciones, el cojinete y las porciones de conexión se pueden posicionar de modo que una línea a través del centro de masa de cada porción de conexión interseque aproximadamente en el cojinete. Esto dará como resultado que el eje de rotación del seguidor, en este ejemplo, el pasador de cojinete, esté alineado con el vértice o punto de trabajo del entramado. Esto asegura que casi todas las cargas laterales se conviertan en las patas del entramado como fuerzas axiales mientras se minimiza la magnitud de los momentos flectores. Esta consideración es exclusiva de las cimentaciones de entramado porque los monopilotes convierten las cargas laterales en momentos flectores por diseño. Estos se sobredimensionan principalmente para resistir tales momentos.

Las figuras 6A-C muestran vistas frontal, lateral y en perspectiva, respectivamente, del adaptador de cojinete 50 de la figura 1. Como se muestra, el adaptador 50 tiene una porción de cuerpo principal 51 que está formada por un par de placas de forma cardioide sustancialmente idénticas etiquetadas como 51A/B en la figura 2B que están unidas con juntas de remache o de presión. Una junta de remache se forma mediante el uso de un conjunto de punzón y troquel para empujar un saliente formado en una pieza hacia el rebaje formado en la otra, lo que provoca un desbordamiento en la parte inferior que bloquea las dos piezas juntas. Las juntas de remache son ventajosas porque no requieren calor, soldadura ni productos químicos. Debe apreciarse, sin embargo, que el número de juntas de remache que se muestran aquí son solo a modo de ejemplo y deben interpretarse como limitantes de la invención. Así mismo, se pueden usar diferentes métodos distintos al remachado o se puede hacer toda la pieza a partir de una única colada.

Luego, después de que se haya formado la porción de cuerpo principal 51 de forma cardioide, se fijan un par de porciones de conexión 52 a lo largo de la parte inferior de la porción de cuerpo 51 para posibilitar que el adaptador se una a un par de patas superiores adyacentes. Una vez que las piezas 51A y B se unen, las porciones de conexión 52 se pueden atornillar, soldar o fijar de otro modo en el ángulo apropiado para que coincida con el ángulo de las patas de entramado 10 y asegurar que apunten al cojinete 53. Esto maximizará la magnitud con la que las cargas laterales se convierten en cargas axiales en lugar de en momentos flectores.

La figura 7 combina vistas del adaptador de cojinete 50 que se muestra en las figuras 5, 6A-C con un denominado conjunto de carcasa de cojinete usado en un seguidor de eje único convencional cuando está soportado por una cimentación de monopilote. El conjunto de carcasa de cojinete que se muestra aquí es del seguidor de eje único SERIE NX fabricado y vendido por NEXTRACKER, INC de Fremont, California. En esta vista solapada, se puede ver que la altura y la anchura tanto del conjunto de carcasa de cojinete (CCC) como del adaptador de cojinete 50

son sustancialmente iguales, definiendo ambos al menos una abertura parcial de forma cardioide y teniendo cojinetes coubicados. El CCC NEXTRACKER está diseñado para asentarse sobre una superficie plana, pero la oscilación del tubo de torsión requiere un espacio mayor que el que puede proporcionar un pilote en H de 15,24 cm (6 pulgadas) de anchura (por ejemplo, A15,24x22,86; A15,24x30,48 (W6x9, W6x12)). Por lo tanto, NEXTRACKER fabrica abrazaderas en ángulo recto que proporcionan una superficie de montaje horizontal para el CCC y también convierten la carga del seguidor en interfaces verticales que se pueden fijar a las alas opuestas del pilote H. También ensanchan la postura del pilote en H para acomodar la abertura de forma cardioide. Para finalizar, elevan la altura del cojinete y proporcionan cierto grado de ajuste de altura vertical para alinearse con otros CCC en la misma fila.

Por el contrario, las cimentaciones de entramado y los adaptadores de cojinetes de acuerdo con diversas realizaciones de la invención posibilitan que las alas de pilotes en H, las abrazaderas en ángulo recto y el conjunto de cojinetes se combinen funcionalmente en una sola parte, lo que hace que el seguidor de eje único sea menos costoso cuando está soportado por una cimentación de entramado y un adaptador de cojinete en relación con un monopilote. El adaptador de cojinete acoplado a las patas del entramado elimina la necesidad de pedestales, abrazaderas en ángulo recto, alas de pilotes en H y los numerosos pernos Huck u otros sujetadores que se usan para conectar estos componentes entre sí. Logra todo esto sin dejar de ser compatible dimensionalmente con los componentes restantes del seguidor de eje único (por ejemplo, el pasador de cojinete, la abrazadera de soporte del tubo de torsión, el tubo de torsión, las abrazaderas de módulo, etc.).

Debe apreciarse que en las matrices de seguidores, no todos los componentes del sistema están expuestos a las mismas fuerzas. La fila exterior o las primeras filas exteriores pueden hacerse más robustas que las filas que forman el interior de la matriz, ya que las filas interiores están hasta cierto punto protegidas del viento por las exteriores. Para ese fin, los componentes del seguidor e incluso los componentes de la cimentación pueden diferir entre las filas exteriores y las interiores, así como entre las que soportan el tubo de torsión y las que soportan los motores de accionamiento y/u otros componentes de la línea de accionamiento. En diversas realizaciones, los adaptadores de cojinetes que se muestran en las figuras 3A, 4A, 5 y 6A-C están diseñados para cargas estándar, es decir, dependiendo las porciones internas de la matriz de seguidores de dónde esté instalado el seguidor, de las condiciones del suelo y del clima predominante, entre otros factores. Los entramados y los adaptadores de cojinetes destinados a filas exteriores pueden tener diferentes configuraciones, como se muestra en realizaciones posteriores.

Pasando ahora a la figura 8, así como a las figuras 9A-C, estas figuras muestran otra cimentación de entramado y otro adaptador de cojinete de acuerdo con diversas realizaciones de la invención que pueden ser más adecuados para filas exteriores y/o instalaciones que requieren mayor resistencia que los adaptadores de cojinetes mostrado en asociación con otras realizaciones. Comenzando con la figura 8, esta figura muestra una cimentación de entramado y un adaptador de cojinete de acuerdo con diversas otras realizaciones de la invención. La porción inferior de la cimentación de entramado mostrada aquí es

sustancialmente la misma que en otras realizaciones. Se compone de un par de patas de entramado 10, cada una de las cuales consiste en un anclaje de tornillo 11 accionado acoplado a una pata superior 13 mediante un acoplador 12. Uno o más engarces, pernos u otros sujetadores mecánicos pueden asegurar cada pata superior 13 a su respectivo acoplador. Alternativamente, el acoplador 12 puede ser una colada o pieza separada que está fijada al extremo inferior de la pata superior o un conjunto de características que están estampadas o formadas de otro modo en el extremo superior del anclaje de tornillo.

Las patas del entramado que se muestran en estas figuras también están unidas por un adaptador de cojinete 60, que en este ejemplo, puede ser más fuerte que el que se muestra en la figura 1. El adaptador de cojinete que se muestra aquí está formado por un par de miembros tubulares 64 en forma de S que están unidos en un extremo por un miembro de puente 61 recto con el cojinete 63 en el medio aproximado. El otro extremo de cada miembro 64 en forma de S termina en una porción de conexión 65 que, en diversas realizaciones, se recibe dentro del extremo abierto de cada pata superior 13. Asimismo, como se muestra, una placa de refuerzo 62, riostra u otro refuerzo puede conectar los miembros 64 en forma de S en su punto más estrecho para resistir la separación y la torsión. En diversas realizaciones, el adaptador de cojinete 60 puede estar formado por un tubo de acero doblado, secciones interconectadas de tubo de acero o una combinación de estos, y puede tener una sección transversal redonda, cuadrada u ovalada, entre otras posibilidades.

Las figuras 9A-C son vistas frontal, en sección y en perspectiva, respectivamente, del adaptador de cojinete 60 que se muestra en la figura 8. La figura 9B es una vista en sección a lo largo de la línea A-A de la figura 9A. Como se ve en la figura 9A, el adaptador de cojinete 60 está hecho de un par de miembros 64 en forma de S sustancialmente idénticos pero opuestos que comienzan en una porción de puente 61 común en el medio del adaptador y terminan en respectivas porciones de conexión 65. El puente 61 incluye el cojinete 63 que, en este ejemplo, está soldado a abrazaderas a ambos lados del puente y cuelga ligeramente por debajo del puente de modo que el cojinete 63 pasa completamente a través del adaptador 60. Alternativamente, el cojinete 63 se puede integrar en el puente 61. La placa de refuerzo o la riostra de soporte 62 une los miembros 64 en forma de S opuestos en su punto más estrecho para proporcionar resistencia adicional. Como se muestra, las porciones de conexión 65 están adaptadas para encajar dentro de las respectivas patas superiores 13 de modo que las patas 13 puedan engarzarse alrededor de ellas. Debe apreciarse que en otras realizaciones, las patas superiores 13 pueden encajar en el interior de las porciones de conexión y que se pueden usar pernos, roscas u otros sujetadores mecánicos adecuados para unir las porciones de conexión 65 a sus respectivas patas superiores 13.

La figura 10 es una vista frontal del adaptador de cojinete 60 mostrado en las figuras 8 y 9A-C superpuesto con un conjunto de carcasa de cojinete convencional de la técnica anterior. El CCC de la técnica anterior es nuevamente un seguidor de eje único SERIE NX NEXTRACKER que ha sido diseñado para fijarse a un solo pilote en H. Está formado por una sección de tubo de acero en forma de U invertida que termina a cada lado en un conjunto de pedestales que descansan sobre las respectivas abrazaderas en ángulo recto fijadas a las alas verticales del pilote en H.

Como se ve en la imagen de la figura 10, como en el adaptador de cojinete que se muestra en la figura 7, los cojinetes del CCC de la técnica anterior y el adaptador de cojinete 60 de acuerdo con las diversas realizaciones de la invención se solapan y la altura y la anchura de estas estructuras son sustancialmente iguales. Las diferencias radican en la geometría del extremo inferior del adaptador de cojinete que le permite engranarse con patas de entramado en ángulo en lugar de con un pilote en H convencional. Esto elimina la necesidad de los pedestales, las abrazaderas en ángulo recto y las alas superiores del pilote en H, así como de los pernos Huck u otros sujetadores que se usan para conectarlos entre sí mientras permanecen dimensionalmente compatibles con los componentes restantes del seguidor de eje único (por ejemplo, el pasador de cojinete, la abrazadera de soporte del tubo de torsión, el tubo de torsión, las abrazaderas de módulo, etc.).

Las realizaciones de las presentes invenciones no deben limitarse en alcance a las realizaciones específicas descritas en el presente documento. En efecto, diversas modificaciones de las realizaciones de las presentes invenciones, además de las descritas en el presente documento, serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción anterior y de los dibujos adjuntos. Por tanto, tales modificaciones están destinadas a caer dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones adjuntas. Además, aunque algunas de las realizaciones de la presente invención se han descrito en el presente documento en el contexto de una implementación particular en un entorno particular para una finalidad particular, los expertos en la materia reconocerán que su utilidad no se limita a la misma y que las realizaciones de las presentes invenciones se pueden implementar de forma beneficiosa en cualquier número de entornos para cualquier número de finalidades. Por consiguiente, las reivindicaciones que se exponen a continuación deben interpretarse a la vista del espíritu de las realizaciones de las presentes invenciones divulgadas en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un adaptador de cojinete para un seguidor de eje único que comprende:

una porción de cuerpo principal que tiene una cúspide y un cojinete formado próximo a la cúspide; y

un par de porciones de conexión en ángulo entre sí que sobresalen de la porción de cuerpo principal, en donde las porciones de conexión están adaptadas para conectarse a un par de patas de entramado en ángulo para formar una estructura de cimentación en forma de bastidor en A para un seguidor de eje único con un cojinete integral.

2. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la porción de cuerpo principal define una abertura de forma cardioide.

3. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la abertura de forma cardioide define un primer plano y el cojinete se apoya sustancialmente ortogonal al primer plano.

4. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además un pasador de cojinete en el cojinete, proporcionando el cojinete un eje de rotación para un tubo de torsión suspendido dentro de la abertura de forma cardioide del adaptador de cojinete.

5. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cojinete tiene una forma catenoide para posibilitar que el pasador de cojinete compense la desalineación.

6. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una línea a través de un eje central aproximado de cada porción de conexión apunta al cojinete.

7. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el miembro de forma cardioide está formado por un par de miembros coincidentes unidos entre sí con juntas de remache.

8. Un adaptador de cojinete para un seguidor de eje único que comprende:

un par de miembros curvos opuestos;

una porción de puente que conecta un primer extremo de cada uno de los miembros curvos;

un par de porciones de conexión en un segundo extremo de cada uno de los miembros curvos;

una riostra que une un par de miembros curvos opuestos próximos a las porciones de conexión; y

un cojinete próximo al puente.

9. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el adaptador de cojinete define un primer plano y el cojinete está orientado sustancialmente ortogonal al primer plano.

10. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además un pasador de cojinete en el cojinete, proporcionando el pasador de cojinete un eje de rotación para un tubo de torsión suspendido dentro del adaptador de cojinete.

11. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el cojinete tiene una forma catenoide para posibilitar que el pasador de cojinete compense la desalineación.

12. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 8, en donde una línea a través de un eje central aproximado de cada una de las porciones de conexión apunta al cojinete.

13. Un adaptador de cojinete para un seguidor de eje único que tiene un conjunto de accionamiento desplazado que comprende:

un cuerpo principal;

un cojinete formado en el cuerpo principal; y

un par de porciones de conexión próximas a la porción inferior, que sobresalen del cuerpo principal para unir un par de patas de entramado en ángulo para formar una estructura de cimentación en forma de bastidor en A para un seguidor de eje único con un cojinete integral.

14. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el cuerpo principal comprende un miembro de forma cardioide con una cúspide, en donde el cojinete está formado próximo a la cúspide.

15. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además un pasador de cojinete asentado en el cojinete.

16. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 13, en donde una del par de porciones de conexión es más corta que la otra.

17. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además un manguito para unir la porción de conexión más corta a una de las patas del entramado.

18. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el manguito es un manguito con bloqueo por torsión.

19. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el manguito es un manguito de engarce.

20. El adaptador de cojinete de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el cojinete tiene forma de catenoide para posibilitar que el pasador de cojinete compense la desalineación del cojinete.

RESUMEN

ADAPTADORES DE COJINETES PARA SEGUIDORES DE EJE ÚNICO

Adaptadores de cojinetes para su uso con cimentaciones de entramado que soportan seguidores de eje único equilibrados mecánicamente. El adaptador de cojinete une los extremos libres de un par de patas de entramado adyacentes para formar una estructura de cimentación rígida en forma de bastidor en A. Se forma un cojinete en una porción superior del adaptador de cojinete para permitir que un tubo de torsión se suspenda de un pasador en el cojinete y se balancee a través de un arco delimitado por el adaptador de cojinete. El cojinete puede tener forma de catenoide para compensar la desalineación en múltiples direcciones.