

TÍTULO: INDUCTOR PARA CONTROLAR CORRIENTES TRANSITORIAS DURANTE UNA CONEXIÓN ENERGIZADA

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] La presente solicitud reivindica prioridad de las Solicitudes de Patente Provisionales de los Estados Unidos No. 62/584,003, presentada el 9 de noviembre de 2017 y No. 62/585,291 presentada el 13 de noviembre de 2017, y las Solicitudes de Patente de Canadá No. 2,985,281 presentada el 10 de noviembre de 2017 y No. 2,985,262 presentada el 14 de noviembre de 2017, todas tituladas “inductor para controlar corrientes transitorias durante una conexión energizada”. En el presente documento, las solicitudes que se identifican en esta sección se incorporan en su totalidad por referencia.

CAMPO DE LA INVENCION

[0002] Las realizaciones que se describen en el presente documento por lo general hacen referencia a un sistema y a un método para su uso con redes de energía eléctrica de alta tensión tales como redes de energía eléctrica de corriente alterna (CA) de alta tensión o redes de energía eléctrica de corriente continua de alta tensión (CCAT). Más particularmente, las realizaciones que se describen en el presente documento hacen referencia a un sistema y a un método para controlar corrientes transitorias generadas durante un proceso de conexión energizada con dichas redes de energía eléctrica por parte de un trabajador humano.

ANTECEDENTES

[0003] El trabajo en línea viva, también conocido como mantenimiento en línea viva, es el mantenimiento de equipos eléctricos, como por ejemplo conductores, que funcionan frecuentemente a alta tensión, mientras el equipo se encuentra energizado. En la mayoría de los casos, el equipo eléctrico es una red de energía eléctrica de CA o CC de alta tensión que se encuentra en una posición elevada. El trabajo en líneas vivas es más eficiente porque no es necesario apagar el equipo

eléctrico mientras se realiza el mantenimiento del mismo. Existen varios métodos para llevar a cabo el trabajo en líneas vivas. Todos estos métodos impiden que la corriente del equipo eléctrico vivo/parte(s) viva(s) fluya a través del trabajador humano que se encuentra trabajando en el equipo vivo. Uno de estos métodos es el método equipotencial, al cual se le conoce comúnmente en la industria como método de trabajo a potencial o “*barehand* (sin manos protegidas)”. En el método a potencial, un trabajador está en contacto eléctrico directo con el equipo eléctrico vivo. Antes del contacto, el cuerpo del trabajador se eleva al mismo potencial eléctrico del equipo eléctrico vivo y posteriormente se mantiene a ese potencial mediante una conexión eléctrica, mientras se mantiene un aislamiento adecuado respecto a los alrededores que se encuentran a diferentes potenciales, como el suelo, adyacente al equipo eléctrico. Ya que el trabajador y el equipo eléctrico vivo tienen el mismo potencial, la corriente no fluye a través del trabajador.

[0004] El trabajador puede ubicarse en los alrededores del equipo eléctrico vivo aéreo en una diversidad de maneras. Una de esas formas incluye ubicar al trabajador en los alrededores del equipo eléctrico vivo a través de una estructura aislante. La estructura aislante puede ser una escalera, un andamio o una plataforma de elevación aérea, como por ejemplo, la canasta de un camión grúa para contener y llevar trabajadores a una altura del equipo eléctrico energizado. La estructura aislante aísla al trabajador del potencial del suelo.

[0005] Convencionalmente, una plataforma de elevación aérea puede incluir una canasta que se monta en el chasis de un camión, vehículo o remolque a través de un brazo. El trabajador está ubicado en la plataforma aérea, por ejemplo, dentro de la canasta. Durante la operación, el brazo se extiende de manera que la canasta y, a su vez, el trabajador, se ubican cerca de un equipo eléctrico energizado aéreo que requiere mantenimiento para que el trabajador en la canasta pueda llevar a cabo el mantenimiento del equipo eléctrico energizado. Normalmente, el brazo tiene múltiples secciones que permiten la adición de más

altura y la articulación de la canasta, y solo la sección final del brazo que se encuentra conectada a la canasta está aislada o hecha de un material aislante de alta resistencia, tal como la fibra de vidrio u otro material no conductor o dieléctrico. Por lo tanto, todas las secciones del brazo debajo de la sección dieléctrica final pueden estar hechas de un material conductor tal como el acero.

[0006] A medida que el trabajador se acerca al equipo eléctrico energizado aéreo, por ejemplo, en la canasta de un camión grúa, se forma un arco entre el trabajador y el equipo eléctrico energizado a medida que el trabajador se va cargando al mismo potencial que el equipo eléctrico. Este arco puede debilitarse, por lo que el trabajador se debe conectar inmediatamente de manera eléctrica al equipo eléctrico energizado para evitar que se formen arcos adicionales. Por lo general, el trabajador utiliza una vara conductora, durante la aproximación, para realizar la conexión eléctrica con el equipo eléctrico energizado para que así el trabajador tenga el mismo potencial que el equipo eléctrico energizado. Cuando la canasta y el equipo eléctrico energizado están lo suficientemente cerca como para que el trabajador pueda trabajar sobre el equipo eléctrico energizado, el trabajador, que ya se encuentra a un potencial común con el equipo eléctrico energizado, instala un enlace eléctrico como una abrazadera de conexión entre la canasta y el equipo eléctrico energizado para llevar la canasta al mismo potencial que el equipo eléctrico energizado. Esta conexión entre la canasta y el equipo eléctrico energizado se realiza porque las canastas que se utilizan normalmente para aplicaciones energizadas de alta tensión están revestidas de metal o contienen elementos metálicos para proporcionar una jaula de Faraday o una pantalla electrostática.

[0007] Se ha observado que la conexión al equipo eléctrico energizado crea una sobretensión inicial o un transitorio en la corriente que fluye a través del equipo eléctrico energizado. El transitorio se puede describir como una "sobretensión fuerte" de corriente de inserción. Se ha observado además que la sobretensión o el transitorio solo ocurre durante el proceso de conexión. Una vez que el

trabajador y el equipo eléctrico energizado están en el potencial común, la sobretensión o el transitorio desaparecen.

[0008] Con base en las pruebas, el Solicitante cree que la amplitud y la forma de onda de esta sobretensión inicial de corriente están directamente relacionadas con la resistencia de la estructura aislante que le permite al trabajador alcanzar el equipo eléctrico energizado aéreo. Como entenderá un experto en la materia, los aisladores tienden a deteriorarse durante un período. El solicitante cree que una de las principales causas del deterioro del aislador es la contaminación dieléctrica. Los aisladores al aire libre están continuamente expuestos al medio ambiente. En consecuencia, los contaminantes como la sal, el polvo, la arena y otros contaminantes industriales tienden a depositarse o acumularse en la superficie del aislador como una capa seca. La capa contaminante seca se vuelve conductora en condiciones de humedad ligera, como la lluvia ligera o el rocío en las mañanas, lo que reduce el rendimiento dieléctrico del aislador. Se ha observado que cuando la resistencia de la estructura aislante o el rendimiento dieléctrico de la estructura aislante es alto, la amplitud de la sobretensión transitoria es baja. Se ha observado además que cuando la resistencia de la estructura aislante o el rendimiento dieléctrico de la estructura aislante es bajo, la amplitud de la sobretensión transitoria es bastante alta. Durante las pruebas de laboratorio, se observó que el transitorio podría tener una amplitud superior a 5A y podría durar hasta 10 useg o menos.

[0009] El Solicitante ha notado que este fenómeno ocurre tanto en redes de energía eléctrica de CA como en redes de energía eléctrica de CC. Sin embargo, el Solicitante cree que debido a la naturaleza de las redes de energía eléctrica de CC, este fenómeno puede ser substancialmente más peligroso en las redes de energía eléctrica de CC. En redes de energía eléctrica de CC, ya que el voltaje es constante, la conexión siempre ocurre en la tensión de cresta. Además, debido a que el voltaje es constante y se ha observado que la corriente transitoria podría

durar unos pocos microsegundos, es muy posible que la corriente transitoria no sea contenida en el área de la estructura aislante más cercana al trabajador sino que fluya a lo largo de toda la longitud de la estructura aislante.

[0010] Además, si la estructura aislante ya está en una condición comprometida y si la corriente transitoria tiene una amplitud y duración suficientemente altas, el Solicitante cree que la corriente transitoria podría causar un fallo completo de la estructura aislante.

[0011] El Solicitante no tiene conocimiento de ningún sistema para contrarrestar o desviar la corriente transitoria a través de la estructura aislante generada durante el proceso de conexión. Este fenómeno es actualmente aceptado en la industria como un riesgo.

[0012] El Solicitante es consciente de los supresores de sobretensión que protegen un dispositivo electrónico conectado a una línea eléctrica de CA de una corriente de inserción. Uno de estos supresores de sobretensión se describe en la patente de EE. UU. No. 8,786,995 de Koch et al.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0013] Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a un sistema que mitiga los efectos de las corrientes transitorias generadas durante la conexión a equipos eléctricos energizados por un trabajador humano, sobre una estructura aislante.

[0014] Por consiguiente, en un aspecto se proporciona un sistema para su uso con equipos eléctricos energizados aéreos para controlar las corrientes transitorias generadas durante la conexión al equipo eléctrico energizado por parte de un trabajador humano. El sistema comprende una estructura eléctricamente aislante adaptada para transportar al trabajador en un primer extremo de la estructura eléctricamente aislante y ubicar al trabajador adyacente

al equipo eléctrico energizado. El sistema comprende además al menos un inductor acoplado operativamente al primer extremo de la estructura eléctricamente aislante. Durante el uso, cuando el trabajador está ubicado adyacente al equipo eléctrico energizado y se está conectando al equipo eléctrico energizado para lograr un potencial común con el equipo eléctrico energizado, el al menos un inductor suprime las corrientes transitorias del equipo eléctrico energizado para inhibir así la propagación de las corrientes transitorias a través de la estructura aislante.

[0015] Por consiguiente, en otro aspecto, se proporciona un método para controlar las corrientes transitorias que se generan durante la conexión a equipos eléctricos energizados aéreos por parte de un trabajador humano que usa el sistema que se describe anteriormente. El método comprende usar la estructura eléctricamente aislante, transportar y ubicar al trabajador adyacente al equipo eléctrico energizado. El método comprende además conectar al trabajador al equipo eléctrico energizado, por lo que el al menos un inductor suprime las corrientes transitorias del equipo eléctrico energizado para inhibir la propagación de las corrientes transitorias a través de la estructura aislante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0016] La figura 1 es un gráfico que representa un ejemplo de la amplitud y frecuencia de corrientes transitorias generadas durante un proceso de conexión a un equipo eléctrico energizado por parte de un trabajador humano;

La figura 2 es una ilustración esquemática de un proceso de conexión, en donde la figura ilustra una realización del sistema descrito en este documento;

La figura 3 es una ilustración esquemática de otra realización del sistema descrito en este documento;

La figura 4 es una ilustración esquemática de otra realización del sistema descrito en este documento;

La figura 5 es una ilustración esquemática de una realización adicional del sistema descrito en este documento;

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0017] Como se describe en los párrafos anteriores, el Solicitante ha observado que durante el trabajo en línea viva en un equipo eléctrico energizado, se generan corrientes transitorias cuando un trabajador humano se conecta inicialmente al equipo eléctrico energizado. La figura 1 representa un ejemplo de la amplitud y frecuencia de tales corrientes transitorias.

[0018] Las realizaciones descritas en el presente documento representan y describen el equipo eléctrico energizado como una línea eléctrica energizada aérea o un conductor energizado aéreo y la estructura aislante como la sección o secciones dieléctricas de un brazo conectado a una plataforma de elevación aérea como una canasta y un sistema de elevación de canasta. Sin embargo, una persona versada en la materia entenderá que el equipo eléctrico energizado puede incluir componentes diferentes a las líneas eléctricas, tales como líneas estáticas, cables ópticos a tierra (OPGW) o tubos de distribución de subestación y acoplamientos o acopladores asociados con líneas, cables o tubos. Entre los acoplamientos se pueden incluir, entre otros, manguitos de compresión que unen extremos de dos líneas eléctricas o aislamientos finales o conectores de aislamientos finales que se usan para unir líneas eléctricas a estructuras de soporte, como torres de soporte o postes.

[0019] Además, la estructura aislante puede ser un andamio aislante o una escalera en, por ejemplo, un camión con escalera que permite ubicar o posicionar a un trabajador en los alrededores o adyacente a un equipo eléctrico energizado aéreo para realizar trabajos en línea viva en el equipo eléctrico. Dichas escaleras

o andamios aislantes se describen y representan, respectivamente, en las figuras 6 y 7 de la publicación de la Solicitud de Patente de EE. UU. del Solicitante No. 2016/0356826.

[0020] El sistema y método descritos en el presente documento se pueden usar para controlar, contrarrestar o desviar corrientes transitorias en redes de energía eléctrica de CA de alta tensión o redes de energía eléctrica de CC de alta tensión.

[0021] Como se observa en las figuras 2 a 4, en una realización, la estructura aislante es una sección aislada 10 de un brazo 12. La sección aislada está hecha de un material dieléctrico de alta resistencia o un material no eléctricamente conductivo, tal como el plástico reforzado con fibras (FRP). La sección aislada 10 está conectada a una plataforma de elevación aérea tal como una canasta 14 en un extremo 10a. La sección aislada 10 está conectada en su segundo extremo 10b a un sistema de elevación tal como en un camión con brazo articulado (no se muestra). En una realización, el segundo extremo 10b está conectado al camión a través de una o más secciones, tales como secciones del brazo hechas de un material eléctricamente conductivo tal como el acero. Estas secciones eléctricamente conductivas del brazo no fueron representadas en los dibujos adjuntos, ya que son bien conocidas en la arte previo. Un anillo anticorona 16 puede estar unido cerca al extremo 10a de la sección aislada del brazo 10 y una banda colectora exterior 18 puede estar unida cerca al extremo 10b de la sección aislada del brazo 10.

[0022] En las realizaciones representadas en los dibujos adjuntos, el equipo eléctrico energizado aéreo que necesita mantenimiento es una línea eléctrica de transmisión energizada o un conductor 20. Dado que las realizaciones descritas en el presente documento son aplicaciones de alta tensión, la canasta 14 está revestida preferiblemente de metal para proporcionar una pantalla electrostática. Durante la operación, el trabajador humano 22 está ubicado dentro de la canasta y el brazo 12 se extiende para ubicar al trabajador humano 22 adyacente a la

línea eléctrica de transmisión energizada 20. En una realización, la línea eléctrica de transmisión energizada es una línea de energía eléctrica de CC que tiene un voltaje entre 10,000 voltios y 600,000 voltios. Con el fin de llevar al trabajador 22 al mismo potencial que la línea eléctrica energizada 20, el trabajador 22 establece una conexión eléctrica con la línea eléctrica energizada 20 utilizando una vara de conexión 24. Además, después de que el trabajador 22 se aproxima a una distancia de trabajo adecuada de la línea eléctrica energizada, el trabajador, que ahora tiene el mismo potencial que la línea eléctrica energizada 20, lleva la canasta 14 al mismo potencial que la línea eléctrica energizada 20 al instalar un enlace eléctrico tal como una abrazadera de conexión 26 entre la canasta 14 y la línea eléctrica energizada 20.

[0023] Como se explica en los antecedentes, durante la conexión con la línea eléctrica energizada se generan corrientes transitorias. Con el fin de controlar o contrarrestar estos transitorios, en una realización y con referencia a las figuras 2 a 4, al menos un inductor está acoplado operativamente a al menos la sección aislada 10 del brazo. El inductor detiene o suprime las corrientes transitorias, impidiendo de esta manera que las corrientes transitorias se propaguen a través de la sección aislada 10 del brazo. Como entenderá una persona versada en la materia, un inductor resiste cualquier cambio en la corriente debido a su autoinductancia. Dado que las corrientes transitorias generadas durante una conexión energizada son un cambio en la corriente, el inductor resistirá este cambio. El al menos un inductor resistirá las corrientes transitorias y suprimirá las corrientes transitorias. Después de que las corrientes transitorias disminuyen, el inductor tendrá una baja resistencia a las corrientes constantes que fluyen a través de la línea eléctrica energizada 20. La supresión de las corrientes transitorias mediante el inductor inhibe la propagación de las corrientes transitorias a través de la sección aislada 10 del brazo 12, impidiendo de este modo una interrupción completa de la sección aislada 10 del brazo 12 y manteniendo la integridad de la sección aislada del brazo 10.

[0024] El Solicitante ha contemplado varias formas de acoplar operativamente el al menos un inductor a la sección aislada del brazo 10 del brazo 12.

[0025] En una realización y con referencia a la figura 2, la sección aislada del brazo 10 es una sección hueca del brazo que aloja uno o más componentes operativos 28, como una vara de nivelación, una línea hidráulica o un cable de fibra óptica. Cada uno de uno o de los más componentes operativos 28 también está acoplado operativamente a la canasta 14. En esta realización, cada componente operativo 28 está asociado con un inductor 50. El inductor 50 se coloca en serie con el componente operativo 28, entre el componente operativo 28 y la canasta 14.

[0026] En otra realización y con referencia a la figura 3, una vez más, la sección aislada del brazo 10 es una sección hueca del brazo que aloja una pluralidad de componentes operativos 28. En esta realización, la pluralidad de componentes operativos 28 está conectada entre sí en un punto de conexión 30 y el inductor 50 está posicionado para estar en serie con el punto de conexión 30, entre el punto de conexión 30 y la canasta 14.

[0027] En otra realización y con referencia a la figura 4, la sección aislada del brazo 10 es una sección sólida o hueca del brazo sin componentes operativos alojados dentro. En esta realización, el inductor 50 se ubica de tal manera que se encuentre acoplado operativamente a la sección aislada en su extremo 10a.

[0028] Como entenderá una persona versada en la materia, un inductor es una bobina de alambre, que a través de las vueltas en el alambre crea una inductancia que resiste los cambios en la corriente. Como tal, el inductor 50 descrito en el presente documento puede construirse utilizando un cable de cobre de calibre y giros suficientes. En una realización, el inductor 50 puede ser un inductor con núcleo de aire. En otra realización, el inductor puede ser un conductor plano.

[0029] En la realización de la figura 4, el inductor 50 puede estar montado o laminado sobre una superficie externa de la sección aislada del brazo 10 en su extremo 10a.

[0030] Además, como apreciará una persona versada en la materia, la selección del inductor 50 dependerá del voltaje del equipo eléctrico energizado. Por ejemplo, según las pruebas, se ha determinado que cuando la línea de energía eléctrica de CC energizada tiene un voltaje entre 200,000 voltios y 500,000 voltios, un inductor que tiene una inductancia de 100 μH o más reduce las corrientes transitorias generadas durante la conexión energizada en al menos un factor de diez o mayor dependiendo de la inductancia del inductor.

[0031] En otra realización y con referencia a la figura 5, el Solicitante ha contemplado la incorporación del inductor 50 en la vara de conexión 24 para suprimir los transitorios. Normalmente, una vara de conexión incluye un gancho conductivo y una porción de agarre aislada. El gancho conductivo está conectado a la canasta 14 mediante un cable (no se muestra). En la realización contemplada, el inductor 50 se coloca en serie con el gancho conductivo, entre el gancho conductivo y la porción de agarre.

[0032] Durante el uso, el brazo 12, incluyendo su sección aislada 10, se manipula para colocar la sección aislada 10, la canasta 14 y el trabajador 22 adyacentes a la línea eléctrica energizada 20. La sección aislada 10 está o ha sido acoplada operativamente a un inductor 50 usando una disposición o una combinación de las disposiciones descritas anteriormente. El trabajador 22 es llevado al potencial de voltaje de la línea eléctrica energizada 20 cuando el trabajador 22 entra en contacto con la línea eléctrica energizada con, por ejemplo, una vara de conexión 24 y conecta la abrazadera de conexión 26 entre la línea eléctrica energizada 20 y la canasta 14. Durante el proceso de conexión, el inductor 50 suprime las corrientes transitorias generadas e inhibe así la propagación de las corrientes transitorias a través de la sección aislante 10 del

brazo 12.