

SMARTLINE®

Sistema para el desarrollo de calificaciones de líneas de transmisión



Ventajas únicas de SMARTLINE®

Números que debes saber

<1%

Una implementación completa de SMARTLINE suele ser inferior al 1% del costo de reponer conductores electricos de la línea.¹

3 Meses

Tiempo típico para una implementación de SMARTLINE desde la decisión hasta la operación completa.

10-25%

La capacidad adicional de transferencia de energía disponible el 95% del tiempo.²

¹J. C. McCall and T. Goodwin, "Clasificación de líneas dinámica como medio para mejorar la resistencia de la red de transmisión," in *2015 CIGRE Cuadrícula del Futuro Simposio*, Chicago, IL, 2015.

²Oncor Electric Delivery Company, "Informe Final Clasificación de Línea Dinámica - Informe de Desempeño Técnico," Oncor, 2013.

Tabla de contenidos

La plataforma SMARTLINE®	4
TLM® Conductor Monitor	6
SMARTLINE-DLR™ Software	8
SMARTLINE-TCF™ Software	9
Proceso SMARTLINE	10
Monitoreo de Activos de Conductores	12
Interfaces de seguridad de datos	14

SMARTLINE® plataforma de clasificación de líneas de transmisión

La plataforma SMARTLINE consta de software basado en la nube y sensores montados en línea que trabajan juntos para desarrollar clasificaciones de línea dinámicas en tiempo real y previsiones muy precisas de la capacidad de transporte de energía de la línea de transmisión. El sistema garantiza que las clasificaciones y las previsiones de capacidad cumplen con los límites de holgura eléctrica y evitan sobrecargas térmicas de conductores. Los pronósticos se pueden proporcionar en incrementos de una hora a una semana con un 98% o mejor confianza. SMARTLINE es ideal para funciones de ingeniería, operaciones y planificación. El sistema se puede integrar fácilmente con los sistemas EMS tanto en los mercados de antes como en tiempo real.

VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA SMARTLINE

MEDIDA • TASA • PRONÓSTICO • MONITOR

La plataforma SMARTLINE proporciona línea en tiempo real calificaciones, la capacidad de la línea de previsión y medidas del comportamiento del conductor.

Cuatro elementos del sistema SMARTLINE proporcionan monitoreo de línea sin problemas, DLR y transmisión soluciones de previsión de capacidad.



La congestión de la línea de transmisión asociada con las energías renovables relevado o eliminado mediante la aplicación de DLR.

COMPONENTES DEL SISTEMA SMARTLINE:

- **MEDIDA:** Monitores Lindsey TLM® Transmission Line proporcionar la información de comportamiento del conductor en tiempo real requeridos por los sistemas de software SMARTLINE.
- **TASA:** El motor de búsqueda del software SMARTLINE-DLR™ utiliza técnicas de aprendizaje activo para desarrollar un modelo de comportamiento que proporciona clasificaciones de línea dinámicas (DLR) en tiempo real para cada línea de transmisión supervisada.
- **PRONÓSTICO:** El motor de búsqueda de software SMARTLINE-TCF™ desarrolla clasificaciones de líneas de previsión para su uso en caso de situaciones de emergencia, hasta un día adelante del mercado y otras operaciones de corto a medio plazo.
- **MONITOR:** La supervisión opcional de los activos del conductor módulo para SMARTLINE proporciona indicación en tiempo real de vida del conductor mediante el seguimiento de la pérdida de fuerza.

SMARTLINE® proporciona información gráfica detallada que muestra información de líneas, pronósticos y parámetros meteorológicos, así como clasificaciones numéricas simples solo para su uso en pantallas EMS.

Cualquier dato también puede ser importado directamente a EMS con facilidad. Todos los datos recopilados por los monitores del conductor y los datos meteorológicos en tiempo real o previstos pueden ser vistos gráficamente o exportados para el análisis fuera de línea.

Pantalla del operador de EMS

Visualización numérica de datos críticos



Visualización detallada de la previsión:

TASA: SMARTLINE-DLR™

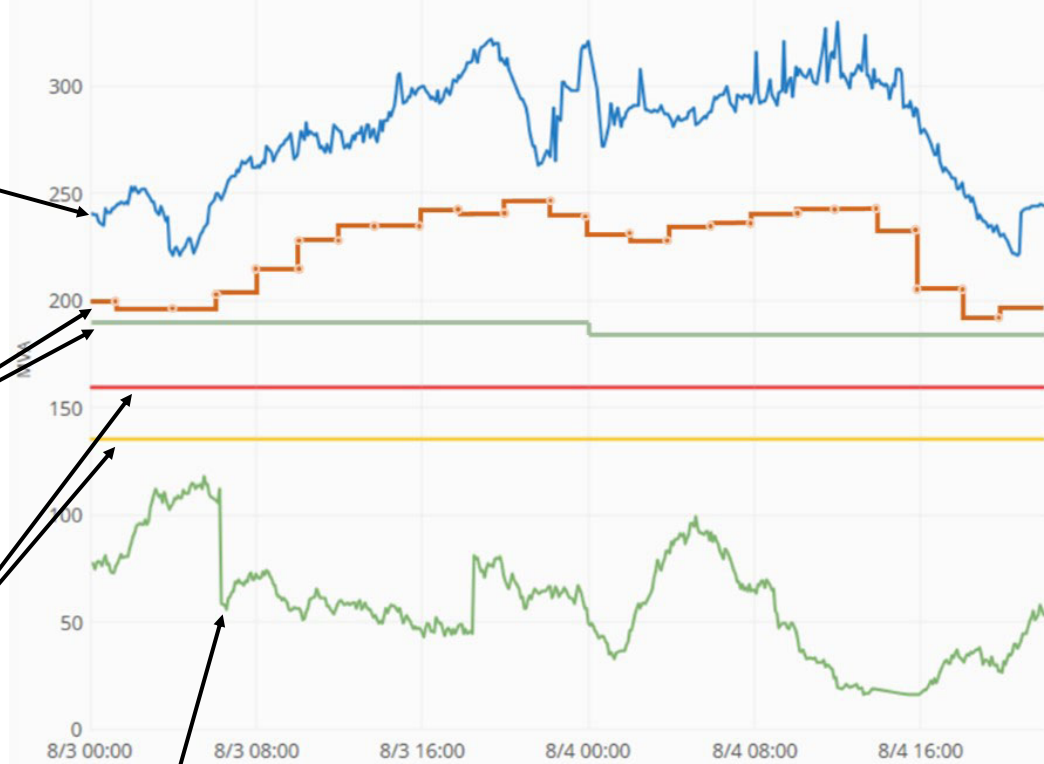
La forma de esta curva es representativa de la naturaleza rápidamente fluctuante de las clasificaciones de líneas dinámicas.

PRONÓSTICO: SMARTLINE-TCF™

Algoritmos patentados indican que la línea puede ser a nivel de pronóstico con un factor de fiabilidad del 98%. Dos horas (naranja) y Pronósticos de 24 horas (verdes) como se indica.

Utilidad proporcionada:

Clasificaciones de emergencia de 2 horas (rojo) y línea estática (oro) proporcionan un marco de referencia familiar. Los usuarios pueden especificar este tipo de información que se añadirá durante la configuración del sistema.



MEDIDA: Datos de TLM® Monitor

Visualización de la potencia real que lleva la línea. Otras pantallas (no mostradas) muestran datos medidos adicionales.

TLM® Monitor de conductor de línea de transmisión: **MEDIDA**

SMARTLINE® requiere información en tiempo real sobre el comportamiento del conductor. El monitor conductor TLM es un dispositivo de medición de holgura del conductor preciso y en tiempo real para su uso con el sistema SMARTLINE. El monitor conductor Lindsey TLM proporciona una imagen completa del comportamiento del conductor, incluida la distancia real del conductor al suelo, la temperatura del conductor y la corriente de la línea. A diferencia de otros monitores de línea de transmisión que utilizan otras mediciones para inferir el hundimiento, el monitor TLM proporciona mediciones de distancia precisas, procesables y de distancia a tierra. El monitor TLM es una solución de monitoreo de conductores autoalimentada y de fácil instalación para voltajes del sistema de hasta 765kV.

Despacho de conductores

La distancia al suelo desde el conductor es medido con un sensor LIDAR a bordo que proporciona una medición de holgura de línea de alta precisión independientemente del movimiento de la torre o del aislante, variando longitudes de tramo u otras condiciones de línea. Múltiples TLM los monitores también se pueden utilizar para garantizar que el espacio libre de la línea se mantenga en las líneas de cruce inferior.

Corriente de línea

Los monitores TLM proporcionan una corriente de línea precisa mediciones alineadas con las mediciones de holgura del conductor.

Los monitores TLM también pueden utilizado independientemente de SMARTLINE para aplicaciones de monitoreo actuales independientes.

Instalación sencilla y autoalimentada

Los monitores TLM son autoalimentados por corriente de línea tan baja como 50A. La instalación se puede realizar rápidamente mediante el uso de hot stick, helicóptero, o prácticas de mano desnuda. Las líneas no tienen que ser desenergía para la instalación. Sin modificaciones en la transmisión torres o conjuntos de aislante/hardware son necesarios. El monitor TLM es adecuado para su uso en conductores incluidos.

Temperatura del conductor Span

Las temperaturas precisas del conductor son importantes para desarrollar clasificaciones de línea dinámicas precisas. No se requieren modelos de conductores a medida que los algoritmos de aprendizaje de SMARTLINE desarrollan modelos basados en el comportamiento del conductor para cada intervalo supervisado. Combinados con mediciones directas de distancia al suelo, estos modelos calculan la temperatura media del conductor a lo largo de la longitud de los tramos, independientemente de los efectos de blindaje causados por el terreno circundante.



Elija entre Comunicaciones celulares o por satélite

Los monitores TLM® están disponibles con opciones de comunicación por satélite celular o Iridium. Todos los monitores son preconfigurado para garantizar la comunicación manos libres al encenderse.

Comunicaciones Celulares

Para aquellos que prefieren las comunicaciones celulares, TLM monitores están disponibles con una Tri-Band global incorporada LTE-FDD y módem GPRS/EDGE de doble banda que soporta el protocolo LTE CAT-M/NB-IoT. Lindsey servicio de telefonía celular proporciona cobertura en la mayoría de los países.



El monitor TLM utiliza LiDAR incorporado para medir directamente la distancia desde el conductor hasta el suelo de abajo. En comparación con otros métodos que determinan el hundimiento del conductor, este método proporciona con precisión la aclaramiento de la línea.

Foto cortesía de Statnett: Proyecto piloto en Noruega

Comunicaciones por satélite

La radio satelital Iridium integrada garantiza una comunicaciones incluso en los lugares más remotos sin depender de ninguna otra infraestructura. El uso de la red de satélites Iridium no requiere hardware que se instalará en la línea que no sea el TLM supervisa, y no requiere ningún otro esfuerzo como es típicamente asociado con una RTU. Monitores TLM están configurados de fábrica para la conexión inmediata a la Red de Iridium después de la instalación en una línea de transmisión.

Especificaciones

Parámetro	Especificación
Corriente nominal del conductor	50 - 1500A
Tensión del conductor	765kV L-L max
Frecuencia de tensión de CA	50Hz - 60Hz
Temperatura del conductor	356°F (180°C) max
Tamaño del conductor	Up to 1.8" (46mm)
Tipo de conductor	Aluminio o cobre
Corriente de alimentación en	80A
Corriente de línea mínima	50A
Inclinación-pitch	-90° to +90°
Angle-roll	-90° to +90°
Distancia del sensor de altura	328ft (100m) max
Precisión del sensor de altura	+/- 4" (+/- 100mm)
Temperatura ambiente de funcionamiento	158°F (70°C) max
Dimensiones	16.5" (L) x 6.75" (W) x 8.75" (H) (420mm x 170mm x 220mm)
Peso	17 lbs (7.7kg)

Software SMARTLINE-DLR™: RATE

Dynamic Line Rating, o DLR, es la capacidad real de carga de energía en tiempo real de una línea de transmisión basada en conductor en tiempo real y condiciones climáticas junto con el conocimiento del comportamiento del conductor.

El DLR de una línea suele ser entre un 10 y un 25% más alto que la clasificación estática (o base) de una línea. Esta capacidad adicional suele ser disponible el 95% del tiempo. La capacidad de DLR proporciona oportunidades en el despacho económico, el comercio, las operaciones y la mitigación de la congestión.

La próxima generación de DLR

Las clasificaciones dinámicas de línea deben garantizar que no se violaría la distancia eléctrica a tierra de una línea si la línea estuviera funcionando a su valor DLR. La clasificación también debe asegurarse de que el conductor no se sobrecaliente, lo que resultaría en daños térmicos y debilitamiento permanente del conductor.

- SMARTLINE-DLR utiliza la supervisión continua del espacio libre de líneas para garantizar no se exceden los límites de distancia al suelo.
- SMARTLINE-DLR utiliza temperaturas medias del conductor para realizar un seguimiento del rendimiento térmico de la línea. Validado por mediciones directas de temperatura, el sistema garantiza que no se superen los límites térmicos.
- Los algoritmos basados en el aprendizaje aprenden activamente el comportamiento de la línea, lo que resulta en calificaciones mucho más precisas que otros métodos. Esta técnica refleja correctamente las condiciones de línea "as-built" en comparación con el uso de suposiciones "tal como están diseñadas".

La combinación de modelos de comportamiento del conductor basados en el aprendizaje y mediciones directas de los parámetros críticos del conductor Clasificaciones de línea SMARTLINE-DLR sin igual.

Los algoritmos avanzados utilizados por SMARTLINE-DLR proporcionan la entrada principal a SMARTLINE-TCFTM, que luego desarrolla clasificaciones de línea de previsión.

DLR or AAR?

Sólo DLR proporciona conciencia situacional

Las clasificaciones ajustadas estacionalmente (SAR) y las clasificaciones ajustadas por ambiente (AAR) se utilizan



comúnmente para aumentar la clasificación estática de una línea. Estas técnicas reconocen que existen diferentes condiciones de temperatura ambiente prevalecientes en diferentes épocas del año. Sin embargo, ignoran

el impacto del viento, que tiene un impacto significativamente mayor en las clasificaciones de la línea que la temperatura ambiente.



Además, la recomendación de que las suposiciones de velocidad del viento deben reducirse al considerar temperaturas ambientales más bajas* generalmente se

ignora, aumentando el riesgo asociado con AAR y SAR.

La clasificación dinámica de la línea es real de una línea de transmisión, capacidad de carga de energía en tiempo real. Mediante mediciones en tiempo real, DLR tiene en cuenta todos los parámetros meteorológicos, incluida la temperatura ambiente, la velocidad del viento, la dirección del viento y la radiación solar, así como el comportamiento real de la línea, incluida la distancia al suelo y la temperatura del conductor. La clasificación dinámica de líneas proporciona el conocimiento situacional de la calificación real de una línea.

* "GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS PARA LAS CALIFICACIONES DE LOS CONDUCTORES AÉREOS DESNUDOS", CIGRE, CIGRE e Grupo de Trabajo Conjunto del Grupo de Trabajo Conjunto del IEEE B2-12, agosto de 2006, Sección 1.5.3.1

Software SMARTLINE-TCF™: FORECAST

SMARTLINE-TCF se basa en los modelos de comportamiento de línea aprendidos y las capacidades dinámicas de clasificación de líneas SMARTLINE-DLR™ para desarrollar previsiones de alta precisión de la capacidad de carga de potencia de la línea de transmisión.

Previsiones firmes y fijas

Se pueden proporcionar previsiones firmes de capacidad de energía de la línea de transmisión de 1 hora a siete días por delante. Por ejemplo, una previsión de 2 horas indica que la línea puede operar en el nivel de previsión para las próximas dos horas, mientras que una previsión de 24 horas permite en el nivel de previsión para el próximo 24 horas.

Programación flexible de previsiones

Las previsiones se pueden programar para ejecutarse una vez al día o actualizarse periódicamente. Por ejemplo, un El pronóstico de 12 horas podría ejecutarse una vez a medianoche y luego actualizarse cada hora a partir de las 8 de la mañana.

Paquetes de previsión

Los conjuntos de previsiones se pueden establecer para que se ejecuten en un Base. Definir un conjunto de previsiones para mercado de día por delante, otro para el tiempo real mercado, y otro para la transmisión departamentos de ingeniería y planificación.

Alta confianza

De forma predeterminada, las calificaciones previstas por SMARTLINE-TCF se establecen para garantizar que se alcance un factor de confianza del 98% para la calificación de previsión. Esto significa que el DLR instantáneo durante el período de previsión tiene sólo un 2% de probabilidades de estar por debajo de la calificación de pronóstico para ese momento en el tiempo. Si lo desea, se pueden utilizar factores de confianza más altos o más bajos.

Cumplimiento de la autorización

El uso de mediciones en tiempo real basadas en LiDAR de la distancia a tierra del conductor garantiza que las clasificaciones de previsión mantengan el cumplimiento de los límites de despeje, además de adherirse a todos los Límites.

Presentación selectiva de datos

SMARTLINE-TCF proporciona una visualización gráfica interactiva detallada para análisis de ingeniería, pantalla numérica simple para EMS pantalla del operador y importación flexible de datos discretos en sistemas EMS.

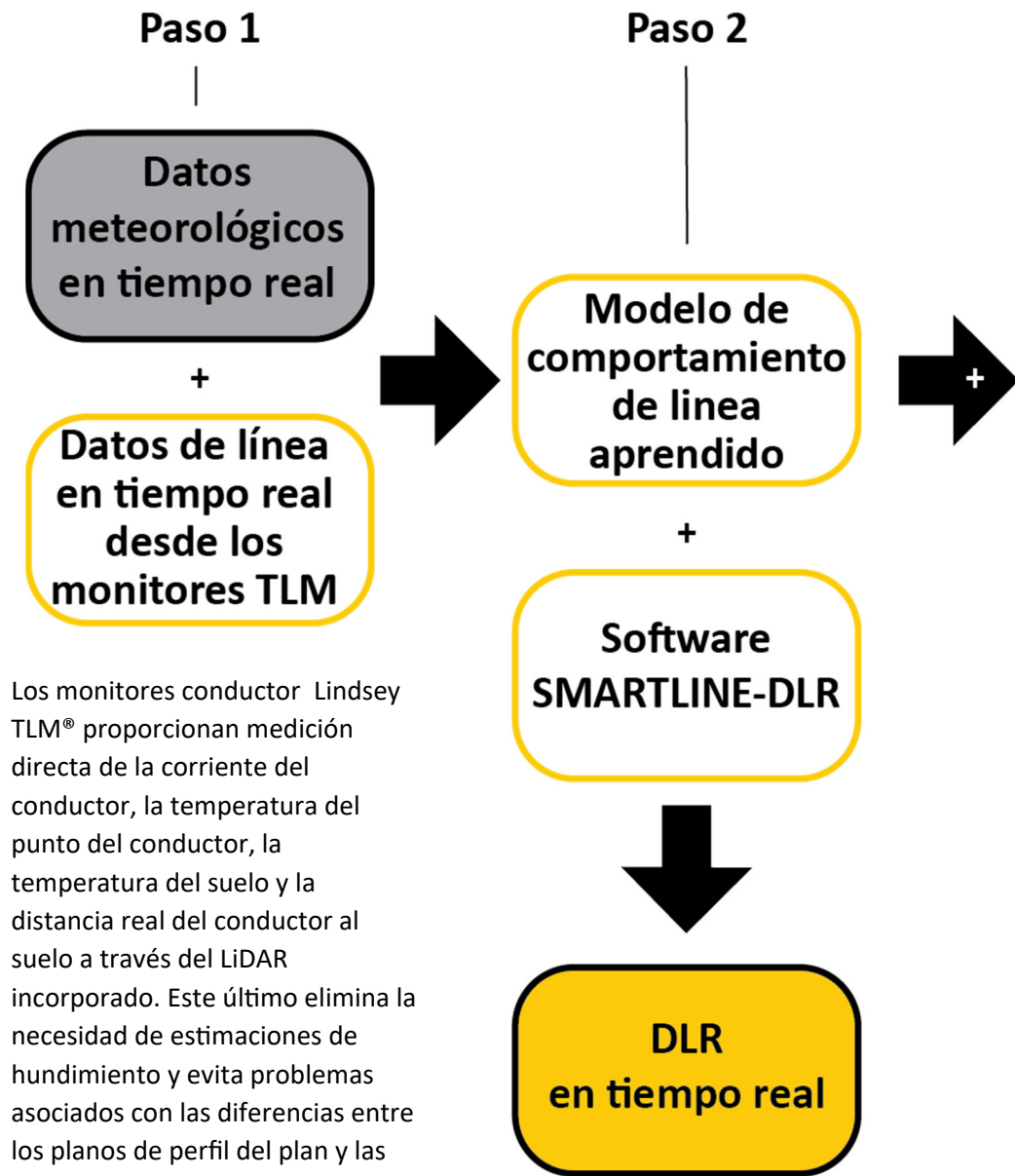
¿Por qué la capacidad de la línea de transmisión previsión?

La previsión no es lo mismo que la DLR

DLR es la potencia en tiempo real de una línea de transmisión capacidad de carga. SMARTLINE-TCF se basa en la conciencia situacional proporcionada por DLR y proporciona previsiones estables de la línea de transmisión capacidad de carga de potencia con una confianza muy alta Factor. A diferencia de la naturaleza más variable de DLR, la estabilidad y los factores de alta confianza de estos las calificaciones de previsión las hacen adecuadas para una amplia gama de aplicaciones operativas.

Numerosos estudios han demostrado que esta capacidad proporciona oportunidades en la economía despacho, comercio, operaciones y congestión Mitigación. La aplicación de DLR y la previsión son potentes herramientas para mejorar la planificación de contingencias, abordar eficazmente las líneas con un crecimiento lento de la carga, y aplazar o eliminar la necesidad de línea mejoras o reconductores.

El proceso SMARTLINE®



Los monitores conductor Lindsey TLM® proporcionan medición directa de la corriente del conductor, la temperatura del punto del conductor, la temperatura del suelo y la distancia real del conductor al suelo a través del LiDAR incorporado. Este último elimina la necesidad de estimaciones de hundimiento y evita problemas asociados con las diferencias entre los planos de perfil del plan y las condiciones reales tal como se construyen.

SMARTLINE-DLR™ es el software DLR subyacente que alimenta SMARTLINE-TCF™. Los modelos de comportamiento de los conductores incorporados se aprenden para cada intervalo utilizando datos en tiempo real y parámetros medidos. Las clasificaciones instantáneas de DLR se desarrollan utilizando datos meteorológicos en tiempo real y datos calculados a partir de los modelos de comportamiento aprendidos. No se utilizan modelos de conductores supuestos, lo que resulta en clasificaciones consistentes y menos esporádicas.

Paso 3

Datos
meteorológicos
previstos

+

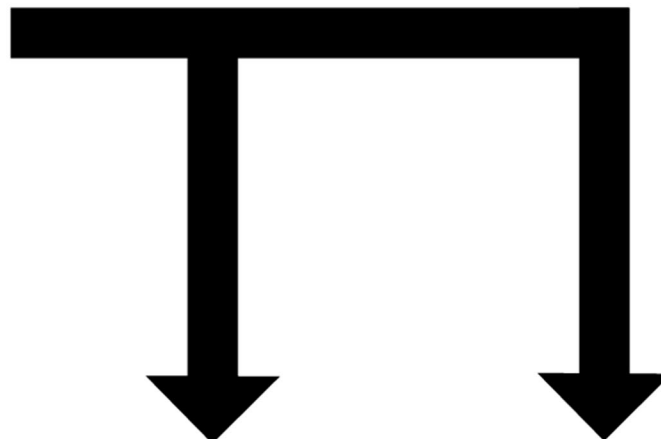
Software
SMARTLINE-TCF



Clasificaciones
previstas de las
secciones de
línea

El software SMARTLINE-TCF™ desarrolla futuras clasificaciones DLR para el período de tiempo de previsión deseado basado en los datos meteorológicos previstos. Estos se comparan con el DLR instantáneo correspondiente en el momento previsto. El análisis estadístico de los resultados a lo largo del tiempo permite a SMARTLINE-TCF generar previsiones con un factor de confianza del 98%. Se generan previsiones para cada sección de línea supervisada.

Paso 4



Seguimiento de
la vida de la
línea (Opcional)

El módulo opcional de supervisión de activos utiliza el modelado de comportamiento del conductor de SMARTLINE® para rastrear los efectos de los eventos de carga mecánica en el conductor. Este módulo proporciona una indicación en tiempo real de pérdida de fuerza basada en la fluencia del conductor.

Previsiones de
capacidad de
línea

La previsión general de la línea se establece en la previsión de nivel más bajo de todas las secciones de línea durante la ventana de previsión.

Supervisión de conductores activos (opcional): MONITOR

Predecir el ciclo de vida del conductor es una tarea difícil. A menudo, este análisis solo tiene lugar después de uno o varios eventos de error en una línea de transmisión. En este punto, es demasiado tarde para evitar interrupciones o para permitir la presupuestación proactiva de capital y la planificación de proyectos.

El módulo opcional Conductor Asset Health para SMARTLINE® sistema proporciona una evaluación precisa y en vivo de la vida útil del conductor. El modelo de comportamiento del conductor basado en el aprendizaje utilizado por SMARTLINE permite al sistema realizar un seguimiento de la vida útil del conductor como porcentaje de la fluencia máxima del ciclo de vida del conductor. El resultado se muestra en un gráfico de barras para cada intervalo supervisado.

Establecimiento de una línea de base

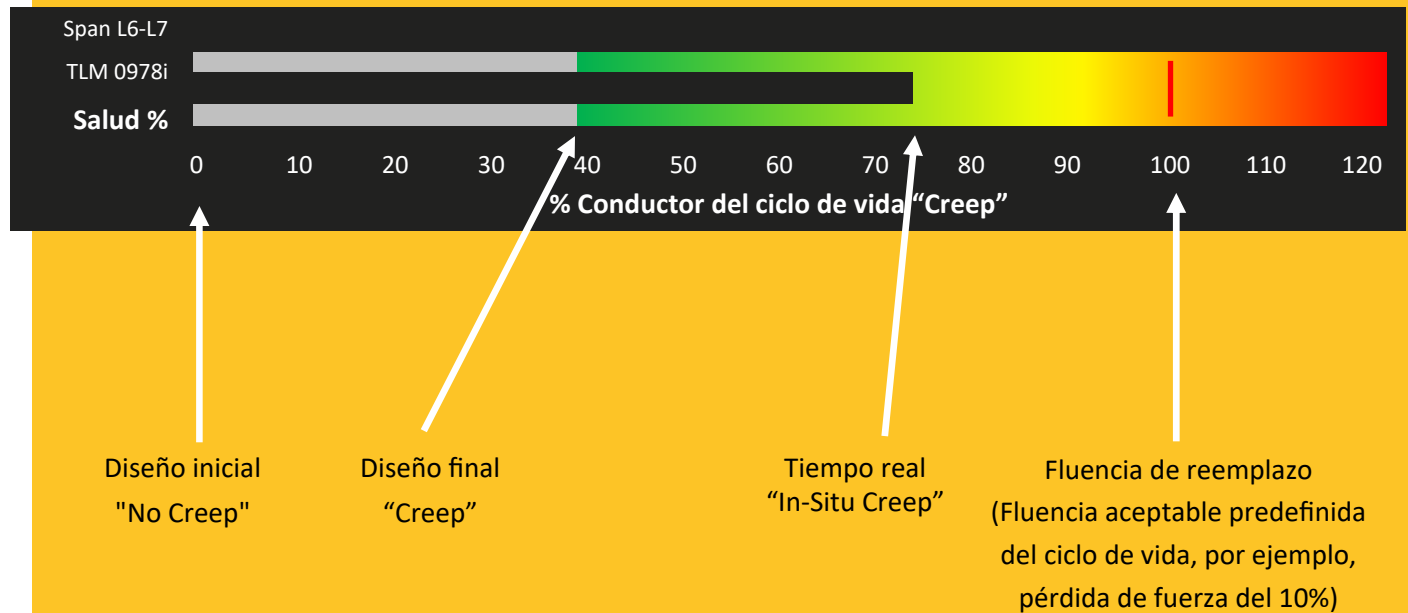
Los sistemas SMARTLINE se instalan generalmente en las líneas existentes, donde los años de carga y exposición al medio ambiente por lo general ha dado lugar a la pérdida de resistencia del conductor. Esta pérdida de fuerza introduce fluencia (o alargamiento del conductor) sobre la condición inicial del conductor de "no creep". Durante la configuración del sistema, los ingenieros de Lindsey analizarán el diseño de la línea, incluidos los modelos PLS-CADD y los datos de escaneo LiDAR disponibles, para determinar el nivel de fluencia de diseño final de la línea y su fluencia de diseño definitiva. Este último típicamente reflejando una pérdida del 10% en la fuerza. Sin embargo, SMARTLINE permite al usuario especificar el criterio de resistencia residual.

Modelado dinámico

Los monitores de conductor® TLM instalados a lo largo de la línea proporcionan una detección continua de la comportamiento del conductor. Eventos que afectan a un La vida del conductor, como galope, carga de hielo importante e incendios forestales, se verá reflejada por los cambios en el fluencia. El modelado dinámico proporcionado por SMARTLINE proporciona una indicador de dónde se encuentra el conductor a lo largo de su ciclo de vida. Esto mitiga el riesgo mediante el monitoreo conductores para un reemplazo óptimo, mientras que maximizando la vida de cada conductor.



La supervisión de la vida útil del conductor es vital para un funcionamiento fiable del sistema. El Módulo de Salud de Activos de SMARTLINE realiza un seguimiento del alargamiento permanente de conductores y la consiguiente pérdida de fuerza.



Indicador intuitivo de envejecimiento del conductor:

Fluencia Lenta o "Creep" es el alargamiento permanente que experimenta un conductor a lo largo de su vida y está relacionado con la pérdida de fuerza. SMARTLINE® proporciona una pantalla intuitiva que muestra el estado actual del envejecimiento del conductor proceso relacionado con la fluencia lenta del conductor. Como las condiciones de carga a lo largo de la vida útil de una línea de transmisión afectarán cada tramo de forma diferente, SMARTLINE proporciona esta pantalla para cada intervalo supervisado.



Seguridad de datos e interfaces

SMARTLINE® está diseñado como un sistema altamente seguro que es fácil de integrar en aplicaciones de servicios públicos, que proporciona herramientas gráficas útiles para el análisis de ingeniería.

Ciberseguridad

- Los monitores ® TLM son inherentemente seguros cibernéticamente.
- ⇒ Los monitores se instalan a mitad del intervalo en la línea de transmisión HV y no son accesibles para ataques físicos en comparación con las RTUs, sensores terrestres o basados en torres, y/o radios.
- ⇒ Los monitores TLM basados en Iridium no tienen puerto de comunicación a bordo ni tarjeta SIM y no proporcionan servidor de datos.
- ⇒ La comunicación basada en Iridium es inherentemente segura debido a su uso de mensajes naturalmente cortos, transmisión no continua, cambios de frecuencia doppler y haz corto tiempo de entrega.
- ⇒ Los monitores TLM basados en celulares utilizan algoritmos de cifrado de claves secretas TLS1.2 para proporcionar autenticación de punto final y seguridad de comunicación a través de IP.
- La autenticación de dos factores garantiza que el acceso se conceda únicamente a la persona autorizada. SMARTLINE proporciona usuarios ilimitados.
- Las pruebas regulares de penetración evalúan la eficacia de los controles de seguridad de SMARTLINE mediante la simulación de ciberataques del mundo real.
- Todas las bases de datos y el software tienen copias de seguridad redundantes completas que garantizan una interrupción mínima en caso de error.
- Se mantienen bases de datos independientes para todos los clientes, lo que garantiza que no se mezcle datos.

Interfaz gráfica de usuario

- Se proporciona representación gráfica de todos los datos y pronósticos de línea y tiempo para el análisis de ingeniería. Todos los datos se pueden descargar en formatos CSV o JSON convenientes para análisis fuera de línea.
- Ver salida por línea o salida de monitor TLM individual. Ver previsiones para cada sección de línea o para la línea general.

Interfaz de programación de aplicaciones incluida

- SMARTLINE incluye una aplicación fácil de usar interfaz de programación (API) que permite integración en EMS, sistemas de gestión de activos y otras aplicaciones críticas.
- La interfaz se ha diseñado como una API RESTful que utiliza solicitudes https para recopilar datos utilizando menos ancho de banda que otros métodos, por lo que es ideal para el uso de Internet.



Las comunicaciones directas a satélite proporcionadas por los monitores TLM basados en Iridium son ideales cuando la infraestructura de comunicaciones existente no está disponible o es menos que ideal.



Acerca de Lindsey Systems

Lindsey Systems es reconocido a nivel mundial como un innovador en la industria de la energía eléctrica. Como proveedor de sistemas, productos y soluciones de productos para la transmisión y distribución de electricidad, Lindsey permite a los servicios públicos para hacer frente a los desafíos de la red eléctrica moderna.

Con más de 70 años de experiencia y una reputación como líder experto en la industria, Los productos de Lindsey Systems son conocidos en todo el mundo por su fiabilidad y rendimiento.

Lindsey tiene certificación ISO-9001, ISO-14001 y CSA W47.2.

Para obtener más información, visite www.Lindsey-USA.com.

Soluciones reflexivas en el monitoreo de líneas de transmisión

Lindsey Manufacturing Co., dba Lindsey Systems
760 N. Georgia Avenue | Azusa, CA 91702 USA
Tel. +1-626-969-3471 | www.lindsey-usa.com

©2021 Lindsey Systems, Lindsey, SMARTLINE, SMARTLINE-DLR, SMARTLINE-TCF y TLM son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Lindsey Manufacturing Co. Iridium es una marca comercial de Iridium Communications Inc. Patentes estadounidenses 7.786.894 y 8.738.318 y otras patentes estadounidenses y extranjeras pendientes.

Número de publicación 11B-002ES SMARTLINE-TCF • Marzo 2021

