

ESTUDIO SIMPLIFICADO DE AMORTIGUADORES DE VIBRACIÓN PARA CABLE DE GUARDA PARA FIBRA ÓPTICA

MAGNO MARIN CHRISTIAN EDUARDO (1), COLÍN VENEGAS JOSÉ (2)

1 [LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECÁNICA, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO CAMPUS IRAPUATO - SALAMANCA] | Dirección de correo electrónico: ce.magnomarin@ugto.mx

2 [DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, DIVISIÓN DE INGENIERÍAS, CAMPUS IRAPUATO - SALAMANCA, UNIVERSIDAD GUANAJUATO] | Dirección de correo electrónico: colin@ugto.mx

Resumen

Los amortiguadores de vibración tipo “Stockbridge”, son ampliamente utilizados para prevenir la falla por fatiga de las líneas de transmisión aéreas. Originalmente estos amortiguadores solo se usaban para atenuar la vibración de cables conductores pero debido al incremento de instalaciones de cables de guarda para fibra óptica, estos se están usando para el mismo propósito por igual. Es por eso que se requieren amortiguadores que estén diseñados específicamente para cables de guarda para fibra óptica. En el siguiente apartado se presenta la exploración del rediseño de los contrapesos de un amortiguador vibratorio tipo “Stockbridge” comercial. De la exploración se busca diseñar contrapesos no completamente rígidos pero con propiedades físicas similares a los contrapesos de amortiguadores comerciales que disipen de forma más prolongada la potencia de la fuerza generada en la grapa. Estos se probaron y se analizaron sus resultados para concluir que es pertinente indagar más en el tema.

Abstract

The vibration damper type Stockbridge are widely used to prevent fatigue failure of overhead transmission lines. Originally, these dampers were only used to attenuate vibration of conducting cables, but due to the increasing installation of optical ground wires, these are being used for the same purpose. For this reason it is require that the dampers are specifically designed for optical ground wires. The following section presents the exploration of redesigning the counterweights of a commercial vibration damper type Stockbridge. The exploration is meant to design nonrigid counterweights, but with similar physical properties to those of the commercial counterweights that can dissipate in a prolong form the power of the force generate in the staple. These were tested and its results were analyze which concluded that it is relevant to inquire more on the subject.

Palabras Clave

Amortiguador tipo Stockbridge; Contrapesos; Momento de inercia; Respuesta Forzada; Potencia disipada

INTRODUCCIÓN

Los amortiguadores de vibración tipo “Stockbridge” son utilizados para prevenir la falla por fatiga de las líneas de transmisión aéreas. Falla que se produce por la vibración generada en las líneas por la presencia de vórtices de Karman que generan una presión desbalanceada haciendo que la línea se mueva de abajo hacia arriba en la dirección del viento [6]. Este tipo de amortiguador es ampliamente utilizado en México y a pesar de ser principalmente utilizado para cables conductores, hoy en día también se emplean para cables de guarda con fibra óptica (OGFO) [7].

La Imagen 1, muestra un amortiguador de vibración tipo “Stockbridge” comercial. Estos amortiguadores están principalmente compuestos de una grapa de sujeción, cable mensajero y dos contrapesos sólidos un más chico que el otro. La grapa mantiene el amortiguador en su posición bajo el cable sin dañarlo o causar fatiga en el punto de sujeción. A través de la grapa corre el cable mensajero que esta engrapado fijamente evitando que se deslice a través de este. En los extremos del cable mensajero se encuentran remachados los contrapesos [2].

Los amortiguadores de vibración tipo “Stockbridge” utilizados en cables OGFO deben actuar adecuadamente ante el comportamiento que la fibra óptica pudiera presentar ya que difieren al de los cables conductores para los cuales originalmente se emplean. Por lo cual se requiere de la exploración de un nuevo diseño que pueda mostrar la posibilidad de mejorar la eficiencia en la atenuación de la vibración eólica.

Esta exploración se llevará a cabo mediante el rediseño de dos pares de contrapesos distintos que tengan propiedades físicas similares a los contrapesos de los cuales deriven su diseño. Excepto que a los pares rediseñados se les agregará una región flexible para comparar su respuesta e identificar si existe un posible campo de investigación. Se aplica para esta exploración la prueba de respuesta forzada para obtener las características de la potencia disipada de los amortiguadores comerciales y los amortiguadores modificados mediante la medición de la fuerza y velocidad registrada de la prueba [5].

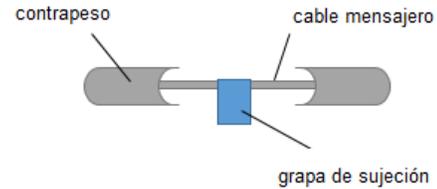


IMAGEN 1: Amortiguador de vibración tipo “Stockbridge” comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de Contrapesos

Para iniciar los diseños de los contrapesos, se determinó el momento de inercia del centro de masa de cada contrapeso comercial, ya que estos tienden a oscilar en su centro de masa. Los amortiguadores se enumeraron del 1 al 4 y los primeros dos conforman un amortiguador que se designará como amortiguador A y los restantes conforman al amortiguador designado como amortiguador B. Para lograr este análisis, se separaron los contrapesos del cable mensajero sin ser dañados. Suspendiéndolos cada uno verticalmente de un eje horizontal, se desplazaron de su posición de equilibrio un pequeño ángulo para provocar el movimiento oscilatorio de estos. El movimiento fue grabado utilizando una cámara rápida marca Photron, para determinar el periodo de oscilación.

En la Imagen 2, se muestra un esquema del contrapeso montado en la estructura que permite el movimiento oscilatorio de estos. Determinando el periodo de oscilación, se calculó el momento de inercia del centro de masa I_G haciendo uso del teorema de Steiner, dónde:

$$I_G = I_A - md^2 \quad (1)$$

Para el cual I_A es el momento de inercia respecto al eje de oscilación que pasa por un punto A, m es la masa del contrapeso y d es la distancia desde el eje de oscilación al centro de masa. Para determinar I_A , se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_A = (T / 2\pi)^2 mgd \quad (2)$$

Dónde T es el periodo de oscilación y g la gravedad [8]. Los valores obtenidos y los datos

requeridos para los cálculos se muestran en la Tabla 1.

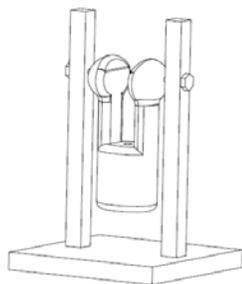


IMAGEN 2: Esquema de contrapeso montado en estructura metálica.

Tabla 1: Datos y cálculos teóricos de contrapeso comerciales.

Contrapesos Comerciales	Masa (kg)	Distancia de punto A a centro de Masa (m)	Periodo de Oscilación (s)	Momento de Inercia en el Centro de Masa (kg m^2)
1	0.745	0.040	0.544	0.000999
2	1.442	0.055	0.608	0.003016
3	0.494	0.022	0.480	0.000383
4	0.803	0.026	0.528	0.000903

Obtenidos los datos teóricos, se prosiguió a crear los nuevos diseños en SolidWorks®. Tomando en cuenta que cada rediseño estuviera hecho de acero al carbón fundido y que tuviera un peso y un momento de inercia parecido al del contrapeso original.

Fabricación de Contrapesos Diseñados y Ensamblaje de Amortiguadores

Con los diseños realizados, estos se mandaron a fabricar. Cada contrapeso consta de cinco piezas: la cabeza, dos orejas y dos cables que unen las orejas a la cabeza como se muestran en la Imagen 3. De forma similar, cada contrapeso diseñado fue enumerado del 1 al 4, haciendo referencia al contrapeso comercial con la misma numeración del cual se derivó su diseño. Una vez hechas las piezas se ensamblaron y se corroboraron las propiedades físicas de los contrapesos diseñados para evitar alteración alguna, los datos de los contrapesos ensamblados se pueden observar en la Tabla 2. Para el conjunto de contrapesos del amortiguador A modificado se usó como cable de

unión cable de acero galvanizado de 1/4 de pulgada de diámetro con recubrimiento de PVC de 7x7 hilos y para el amortiguador modificado B, utilizo cable de acero galvanizado de 3/16 de pulgada de diámetro de 7x7 hilos. Ensamblados los contrapesos, se sujetaron a un mismo conjunto de cable y grapa a la misma distancia como a la que se encuentran los contrapesos de los cuales se derivó su diseño.

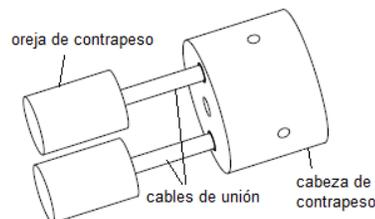


IMAGEN 3: Esquema de contrapeso montado en estructura metálica.

Tabla 2: Características y propiedades físicas de contrapeso diseñados

Contrapesos Diseñados	Distancia entre cabeza y oreja (m)	Masa (m)	Error Absoluto de Masa (%)	Momento de Inercia en Centro de Masa (kg m^2)	Error absoluto de Momento de Inercia en Centro de Masa (%)
1	0.035	0.790	6.30	0.000994	1.10
2	0.040	1.368	5.40	0.002988	1.20
3	0.020	0.480	2.80	0.000384	1.30
4	0.020	0.783	2.50	0.000865	4.01

Prueba de Respuesta Forzada

Teniendo los amortiguadores ensamblados, se continuó a calibrar el equipo de medición para proceder a hacer las pruebas de respuesta forzada. Para esto primero se comprobó el error de medición de los cuatro acondicionadores de señal de carga tipo 2635 marca Bruel & Kjaer con sus respectivos acelerómetros. Una vez conectados y configurado el sistema correctamente, se utilizó un osciloscopio y un verificador de acelerómetro, se observó que el error de medición oscilaba entre del 1-2%. El cual entra en el error permisible del $\pm 5\%$ para este tipo de prueba. También se calibró la mesa vibratoria, para esto se utilizó una masa rígida a la cual se le hizo una prueba sinodal discreta a una frecuencia alta y a una aceleración constante, así comprobando que lo obtenido del control

concordara con la amplitud teóricamente a obtener. [5].

Con la instrumentación calibrada, se continuaron las pruebas tanto de los amortiguadores comerciales como de los modificados. Como se puede observar en la Imagen 4, se utilizó un sujetador para conectar el amortiguador al sensor de fuerza colocado en la mesa vibratoria. Este sujetador es rígido y fue restado de los resultados para que no interfiera con los datos calculados. También se observa que se conectaron aparte del acelerómetro de control, otros dos acelerómetros en los centro de masa de cada sección rígida de los amortiguadores esto con el propósito de poder visualizar las frecuencias naturales de estos. Para llevar a cabo correctamente la prueba, se sometieron los amortiguadores a una excitación armónica según marca la norma de NRF-O58-CFE-2009. De acuerdo a las características de los amortiguadores se utilizó una frecuencia de entre 5 y 110 Hz a una velocidad de amplitud constante de 0.1 m/s y frecuencia de muestro de 0.5 Hz/s [3]. Mediante el sistema de adquisición y procesamiento de datos de cada amortiguador, se obtuvieron las gráficas de fuerza corregida sin el efecto del soporte, y potencia disipada, la potencia se calculó de la siguiente manera:

$$P = (1/4\pi f) F_c a \sin(\theta_a) \quad (3)$$

La ecuación (3) utilizando la fuerza corregida F_c , la aceleración a y ángulo de fase θ_a entre Fuerza corregida y la aceleración [1].

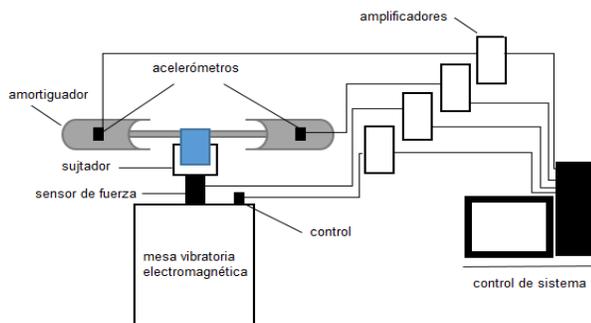


IMAGEN 4: Esquema de montaje de prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fuerza

De las Imágenes 5 y 6 se puede observar que las frecuencias naturales de los contrapesos diseñados (picos repentinos en curva azul) se presentan a bajas frecuencias por lo cual no reducen suficientemente la fuerza transmitida a través de la grapa y la fuerza aumenta linealmente después de la última frecuencia. En comparación, la fuerza generada por el amortiguador comercial, tiende a oscilar debido a que las frecuencias naturales (picos repentinos en curva rojo) que se presentan en diversos puntos en el rango de frecuencias. Aunque, como se puede observar el diseño para el amortiguador A se aproxima mucho más al comercial que el diseño del amortiguador B.

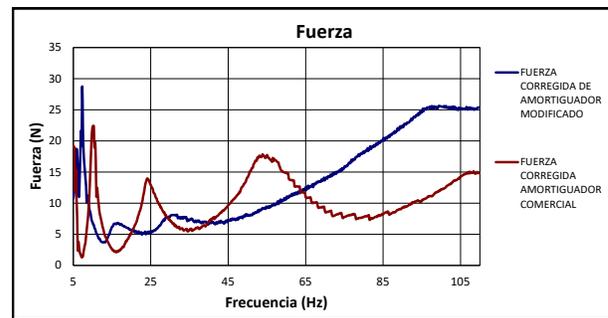


IMAGEN 5: Respuesta de fuerza corregida del amortiguador modificado A y del amortiguador comercial A.

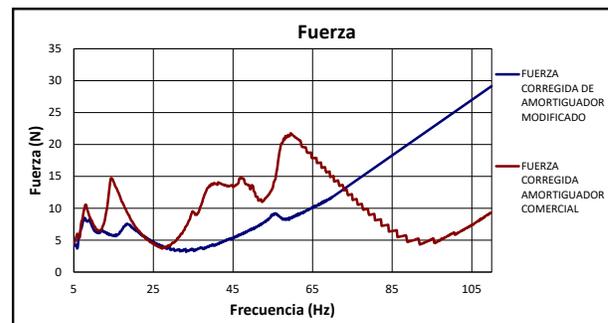


IMAGEN 6: Respuesta de fuerza corregida del amortiguador modificado B y del amortiguador comercial B.

Potencia Disipada

Observando la Imagen 7, es notable que el amortiguador A disipa la potencia demasiado rápido y que después de los 66 Hz, la disipación es casi nula. En comparación el diseño del amortiguador B Imagen 8, tiende a acercarse más a la disipación del amortiguación comercial

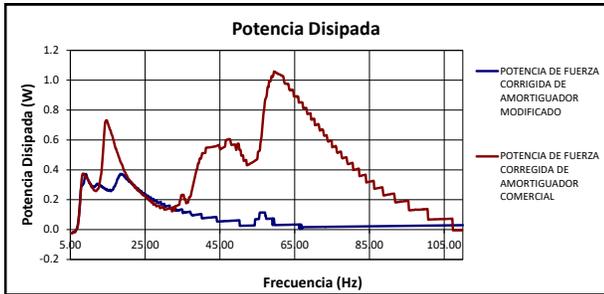


IMAGEN 7: Potencia disipada de fuerza corregida del amortiguador modificado A y del amortiguador comercial A.

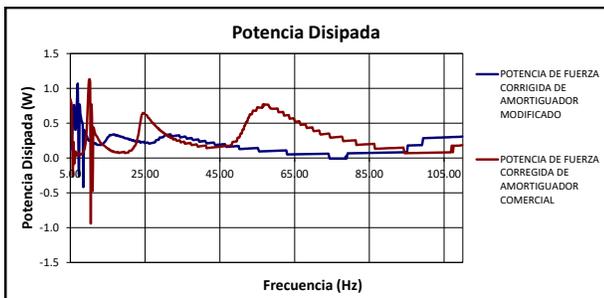


IMAGEN 8: Potencia disipada de fuerza corregida del amortiguador modificado B y del amortiguador comercial B.

CONCLUSIONES

Al analizar los amortiguadores modificados de su respectivo amortiguado, se puede observar semejanzas en sus comportamientos abriendo la posibilidad de que sea adecuado usar contrapesos no completamente rígidos. Se observa que cabe la posibilidad de que sus respuestas mejoren si se modifica la masa de las cabezas y orejas para que las frecuencias naturales se presente a mayores frecuencias.

Para el amortiguador A modificado, se presenta una fuerza más de acuerdo al del comercial. Este comportamiento es adecuado debido a que provocaría un menor esfuerzo en el cable, así

evitando que contribuya a la falla por fatiga. Aunque la potencia se disipa demasiado rápido en vez de que se prolongue como se desea. .

En comparación el amortiguador B modificado, presenta una fuerza mucho mayor a la del comercial. Este comportamiento no es adecuado debido a que los esfuerzos ejercidos en el cable podrían contribuir a la falla por fatiga. Aunque la potencia se disipa un poco más lenta, lo cual se busca.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dr. José Colín Vengas por seleccionarme para llevar a cabo este estudio. En el cual dedico varias horas para enseñarme a utilizar adecuadamente la instrumentación, enriqueciendo mi conocimiento. También a la Universidad de Guanajuato por permitirme ser parte de este gran programa y a mi familia.

REFERENCIAS

- [1] (1998). International standard IEC-61897. International Electrotechnical Commission.
- [2] Barbieri, N. & Barbieri, R. (2012). Dynamic analysis of Stockbridge damper. *Advances in Acoustics and Vibrations*, 2012. doi:10.1155/2012/659398.
- [3] CFE. (2009). Amortiguadores de Vibración para Líneas de Transmisión Aéreas con tensión de operación de 69 kV hasta 400kV.
- [4] Colín Venegas, J., Razo Jarcía, J. J. & Aguilera Cortes, L. A. (2011). Estudio de la prueba de eficiencia de un amortiguador eólico para líneas de transmisión eléctrica. *Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIN*, 20011.
- [5] EE Guide for laboratory measurement of the power dissipation characterisc of aeolian vibration damper for single conductors.
- [6] Sun, S. C. & Yung, J. (s.f.). *Vibration damping for transmission line conductors*.
- [7] Olivares Arriaga, A., Razo García, J. J., Colin Venegas, J. (2008). Análisis del efecto de la variación de la masa en un amortiguador eólico. *Memorias del XIV Congreso Internacional Anual de la SOMIN*, 2008, pp 22-32.
- [8] Roa, S. S. (2012). *Vibraciones Mecánicas*. México: Pearson Educación.
- [9] Xiaoyu, L., Liang, W. & Yisheng, Z. (2014). Nonlinear numerical model with contact for Stockbridge vibration damper and experimental validation. *Journal of Vibration and Control*, 1(2).