

Análisis del comportamiento estático y dinámico en Líneas de Transmisión

Análisis of static and Dynamic behavior in Transmission Lines

Presentación: 4 y 5 de octubre de 2022

Doctorando:

Guillermo Omar Wyss

Grupo de Investigación GIMeF, Facultad Regional Resistencia, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina.
gwyss@yahoo.com

Director:

Mario E. De Bortoli

Codirector:

Hugo G. Castro

Resumen

La inestabilidad en un sistema de Torres y Líneas de Transmisión, se debe a las tensiones de tracción que se presentan en el acoplamiento entre el sistema y los conductores. El análisis que se detalla a continuación se aplica a una terna de conductores de una fase para una Torre de 500 kv. Este estudio se centra en examinar los esfuerzos y las tensiones que se presentan sobre la estructura y sobre cada uno de los conductores que conforman la terna, a causa del impacto del viento sobre ellos, con el objetivo de obtener el comportamiento de las siguientes variables: Distribución de presiones, Coeficiente de momento total: C_m , Coeficiente de arrastre total: C_d , Coeficiente de sustentación total: C_l , Coeficiente de elevación frontal total: $C_l(f)$, Coeficiente de elevación trasera total: $C_l(r)$.

Palabras clave: Torres de Alta Tensión, Conductores, Distribución de Presión, Coeficiente de Arrastre.

Abstract

The instability in a system of towers and transmission lines is due to the traction stresses that occur in the coupling between the system and the conductors. The analysis detailed below is applied to a trio of conductors of one phase for a 500 kv tower. This study focuses on examining the efforts and stresses that occur on the structure and on each of the conductors that make up the trio, due to the impact of the wind on them, with the aim of obtaining the behavior of the following variables: Pressure distribution, Total moment coefficient: C_m , Total drag coefficient: C_d , Total lift coefficient: C_l , Total front lift coefficient: $C_l(f)$, Total rear lift coefficient: $C_l(r)$.

Keywords: High Voltage Towers, Conductors, Pressure Distribution, Drag Coefficient.

Introducción

Dentro de la teoría de la Mecánica de los Fluidos existen modelos de turbulencia para analizar flujos en distintas condiciones. Estos modelos se pueden agrupar en las siguientes tres categorías: RANS (RAS), LES y DNS. La implementación de estos métodos comienza con las ecuaciones N-S. RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes): Ecuaciones de Navier Stokes promediados de Reynolds, LES (Large Eddy Simulations): Simulación de grandes Remolinos, DNS (Direct Numerical Simulation): Cálculo Directo de las Ecuaciones de Navier Stokes.

Modelos de Turbulencia k-omega-SST: El modelo de turbulencia k-omega ($k-\omega$) es uno de los modelos más utilizados para capturar el efecto de las condiciones de flujo turbulento. Perteneció a la familia de modelos de turbulencia Navier-Stokes (RANS) con promediados de Reynolds, donde se modelan todos los efectos de la turbulencia (Wilcox D., 1993). Es un modelo de dos ecuaciones. Eso significa que, además de las ecuaciones de conservación, resuelve dos ecuaciones de transporte (PDE). Las dos variables transportadas son la energía cinética turbulenta (k), que determina la energía en turbulencia, y la tasa de disipación turbulenta específica (ω), que determina la tasa de disipación por unidad de energía cinética turbulenta. ω también se conoce como la escala de turbulencia (Rodi, 1984). El modelo $k-\omega$ estándar es un modelo que se usa para flujos con un número de Reynolds bajo donde la capa límite es relativamente gruesa y la subcapa viscosa se puede resolver. Por lo tanto, el modelo $k-\omega$ estándar se usa mejor para el tratamiento cerca de la pared. El modelo $k-\omega$ SST proporciona una mejor predicción de la separación del flujo que la mayoría de los modelos RANS y también explica su buen comportamiento en gradientes de presión adversos. Es un modelo que combina la robustez del $k-\epsilon$ con la exactitud del modelo $k-\omega$, lo que lo hace aplicable a una amplia gama de flujos (Menter, 1992).

Desarrollo

Para trabajar con modelos de turbulencia, se emplean métodos numéricos que discretizan el espacio en estudio, es decir, convierten el dominio continuo en un dominio formado por partes. De esta forma se van resolviendo las ecuaciones de Navier Stokes de manera discretizada para cada punto en el espacio en estudio y varias veces, hasta obtener una solución convergente. Para nuestra discretización utilizamos el programa Simescale. Este software nos permite realizar las distintas configuraciones del modelo. Nuestro dominio computacional es un recinto generado por Simescale que está dividido en 8(ocho) subdominios, para su posterior mallado. El tamaño de la malla, define qué tan gruesa o fina será la discretización del modelo, la geometría del conductor se encuentra dentro del recinto, por lo que el tamaño del mallado se ajusta directamente en función de esa geometría. Se refinó la malla en el conductor para tener un mejor conocimiento de las variables. El método de mallado es el standard de Simescale, el cual utiliza un mallador de volumen finito. Esta herramienta genera mallas tridimensionales no estructuradas o híbridas que consisten en elementos hexaedros (hex) y split-hexaedros (split-hex). El tipo de algoritmo utilizado es SnappyHexMesh, es una herramienta de generación de mallas en el software de código abierto OPENFOAM, permitiendo insertar celdas de capa límite, solo a aquellas superficies que se le asigna una condición de límite de pared. En nuestro caso trabajaremos con los modelos de turbulencia RANS y LES, puesto que dan una buena respuesta cerca y lejos de los bordes de la geometría, aun cuando se tenga gradientes de presiones adversos y desprendimientos de flujo cerca de la capa límite.

Parámetros del modelo ($k-\omega$) SST: Es un modelo de viscosidad de remolino, que se caracteriza por usar dos ecuaciones, una de energía cinética de turbulencia y otra de tasa específica de energía. Este paquete de ecuaciones tiene la capacidad de modelar eficientemente el flujo tanto en la capa límite como en la corriente libre con buenos resultados. La formulación está basada en una mezcla de las mejores características de los modelos de turbulencia $k-\epsilon$ y $k-\omega$, por ello ésta puede representar gradientes de presión negativos y separaciones de flujo de la capa límite. La simulación se desarrolla sobre una terna que está formada por 4(cuatro) conductores de Aluminio de diámetro 80mm, separados entre si una distancia de 450mm, como muestra la Figura 1.

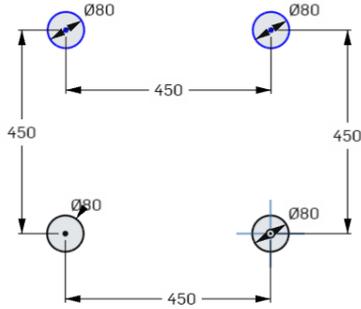


Figura 1: Terna de Conductores

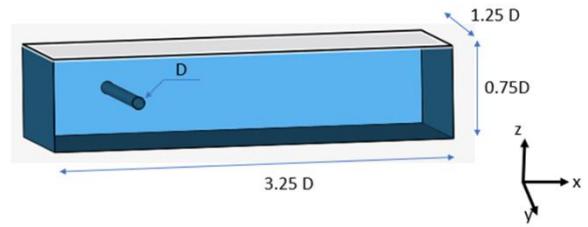


Figura 2: Recinto de simulación

Esta terna se encuentra dentro de un recinto como muestra la Figura 2, en el cual aremos fluir viento a una velocidad de 0.92 m/s. Las variables a medir son: Viscosidad turbulenta cinemática ν . Presión estática P . Tasa específica de energía cinética turbulenta ω . Energía cinética turbulenta k . Fuerza debido a la presión F . Momento Nm . Coeficientes de arrastre C_D . Coeficiente de sustentación C_L . Coeficiente de Presión C_P .

Resultados

La Figura 3, muestra el campo de presiones sobre el 1 conductor, observándose el valor máximo en el punto 1, llamada zona de estancamiento. A medida que el flujo recorre el conductor la presión va disminuyendo y la velocidad va en aumento, llegando a tener el valor máximo en el punto 2, donde la presión alcanza su valor mínimo. En este punto se puede decir que comienza una zona turbulenta, alta velocidad y mínima presión, pero sin vórtices, estelas, ni desprendimiento de flujos de la capa limite; siguiendo con la trayectoria del fluido llegamos a la parte posterior del conductor donde la presión aumenta, pero al haber una caída de velocidad, se presenta un gradiente negativo de presión, punto 3. En la Figura 4, podemos ver la distribución de presiones en función de las distintas posiciones de los puntos de análisis.

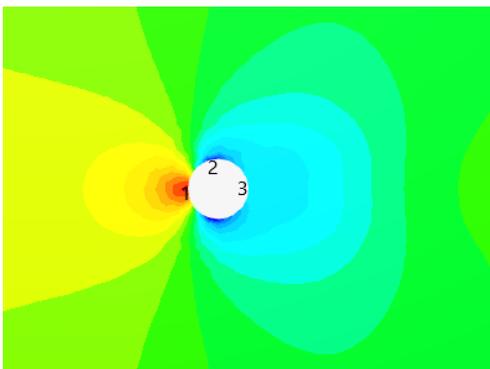


Figura 3. Campo de Presiones primer conductor



Figura 4. Distribución de Presiones

La Figura 5, muestra la distribución de presiones para la terna completa.

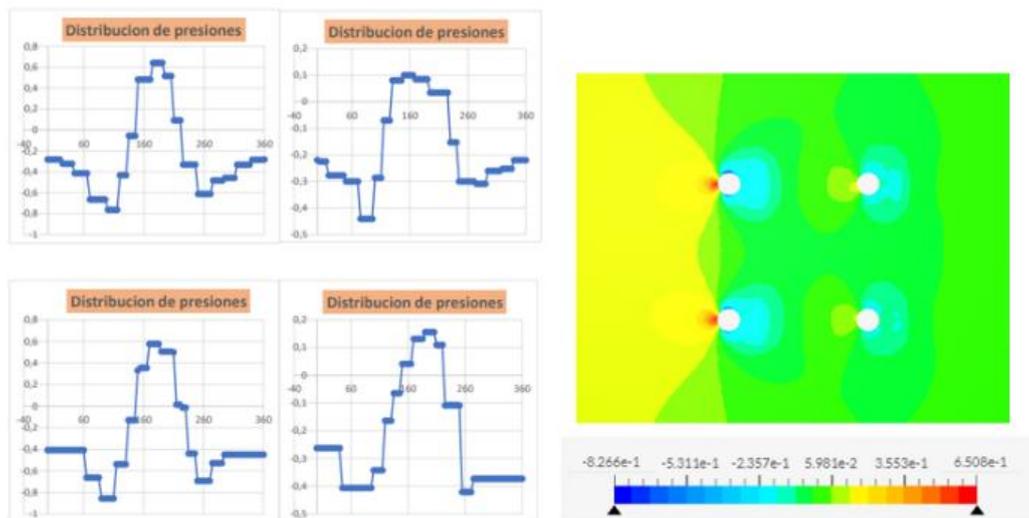


Figura 5. Campo de Presiones

La figura 6, muestra los coeficientes arrastre, sustentación y presión para cada conductor de la terna.

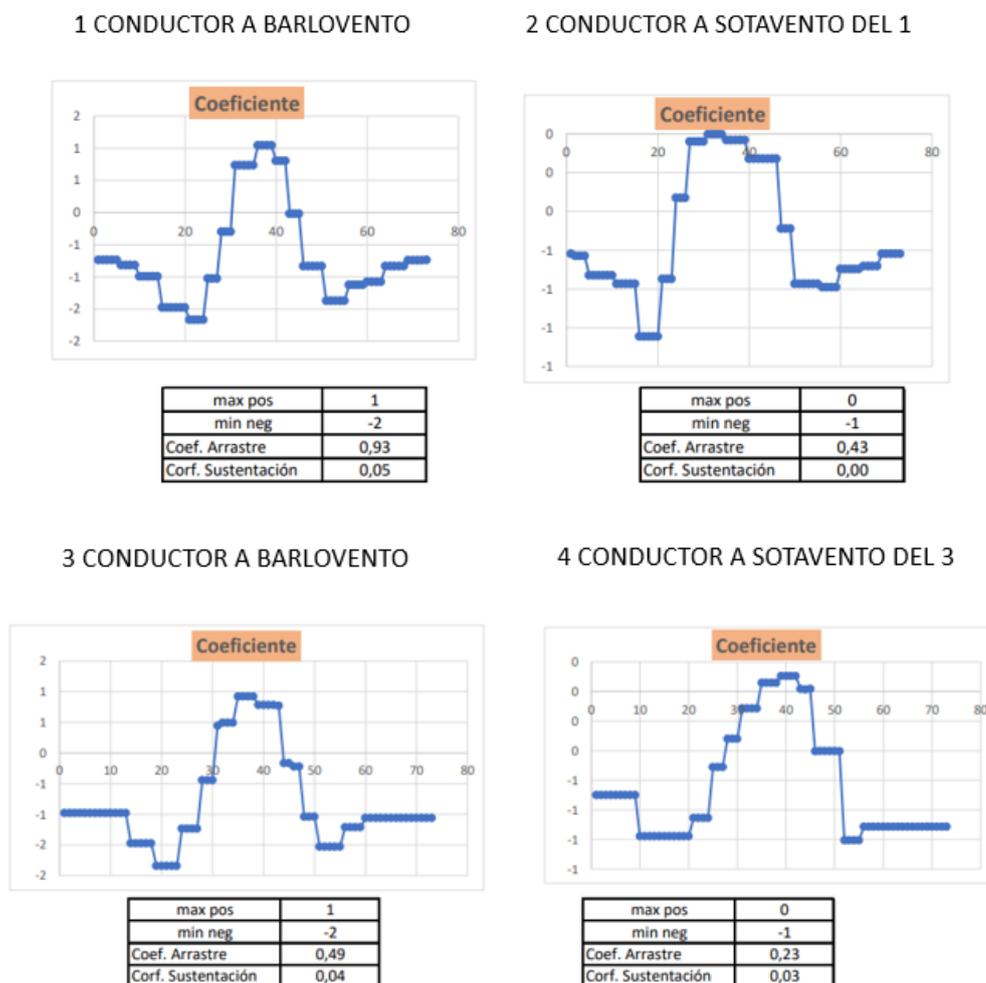


Figura 6. Coeficientes

Conclusiones

El análisis se inició con una velocidad de aire de 0.92m /s en un modelo de turbulencia: RANS $K\omega$ -SST, para el conductor 1. El proceso inicia con un flujo de aire que impacta sobre el conductor, llegando a un punto donde la presión es máxima, a ese punto se lo conoce como punto de estancamiento. En ese punto la presión es máxima y la velocidad del fluido mínima. A medida que el flujo avanza sobre el conductor, la presión disminuye y la velocidad aumenta hasta llegar a un valor máximo o cresta, en este punto la presión es mínima. Podemos decir que en la primera mitad del conductor tenemos una capa límite laminar y un gradiente favorable de presión. Al seguir avanzando el fluido sobre el conductor nuestro gradiente de presión es cero y nuestra velocidad máxima. Al seguir la trayectoria del conductor pasamos a una zona donde la velocidad del flujo disminuye, pierde energía cinética y la presión aumenta. Esta presión genera una fuerza en sentido contrario al flujo produciendo un gradiente de presión adverso que genera el desprendimiento de la capa límite.

En nuestro caso no hay desprendimiento de la capa límite. Sí, se observa que entre los conductores 1 y 3 se genera un aumento de presión y velocidad del fluido con respecto a los conductores 2 y 4. De la misma forma los valores muestran que hay un aumento de los coeficientes de arrastre y sustentación para los conductores de la terna que se encuentran a barlovento, mientras que disminuyen para los que están a sotavento. Este aumento de presión se traduce en un aumento de fuerza y momento sobre el conductor, llegando a transportarse estos valores a la estructura de la torre que los soporta, colocándola en un estado crítico. Se está trabajando en encontrar la situación más desfavorable para la estructura, bajo vientos de alta intensidad.

Referencias

- Menter, F. R. (1992). Influence of freestream values on k-omega turbulence model predictions. *AIAA journal*, 30(6), 1657-1659.
- Rodi, W. (2017). *Turbulence models and their application in hydraulics: A state-of-the-art review*. Routledge.
- Wilcox, D. C. (1998). *Turbulence modeling for CFD* (Vol. 2, pp. 103-217). La Canada, CA: DCW industries.