



Optimización mixta de estructuras de transporte de energía: aplicación del algoritmo de recocido simulado



S. Martínez, J. París*, I. Colominas, F. Navarrina y M. Casteleiro

Grupo de Métodos Numéricos en Ingeniería, GMNI, Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Coruña, Campus de Elviña, 15071 A Coruña, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 7 de diciembre de 2012

Aceptado el 27 de febrero de 2013

On-line el 14 de febrero de 2014

Palabras clave:

Optimización mixta de estructuras

Algoritmo de recocido simulado

Análisis de sensibilidad

Torres de transporte de energía

R E S U M E N

En el presente artículo se expone una metodología que encara una optimización general del peso de las estructuras de transporte de energía. Esta metodología se basa en la algorítmica del recocido simulado enunciada por Kirkpatrick a principios de los años ochenta, que consiste en un proceso estocástico de pruebas basado en la analogía con el recocido de los metales. El método enunciado por Kirkpatrick permite adoptar soluciones que puedan empeorar la función objetivo, con la finalidad de mejorar la exploración del entorno factible y posibilitar una mejora final de la solución obtenida. El algoritmo propuesto compatibiliza la naturaleza discreta de las secciones de las barras con la naturaleza continua de las variables que definen la geometría y la forma global de la estructura. Así se desarrolla una metodología capaz de obtener la solución a un problema de optimización mixto, evitando, a la vez, posibles explosiones combinatorias derivadas del proceso estocástico. Por otra parte, también se ha complementado el algoritmo de Kirkpatrick con un análisis de sensibilidad de primer orden que proporciona un considerable ahorro en el coste computacional del método y se implementan funciones de penalización exterior para mejorar el tratamiento de las restricciones del diseño. Con todo ello se consigue una metodología general que permite la optimización de estructuras reales de transporte de energía en tiempos de computación asumibles.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Mixed optimization of power transmission structures: An application of the simulated annealing algorithm

A B S T R A C T

A general methodology to optimize the weight of power transmission structures is presented in this article. This methodology is based on the simulated annealing algorithm defined by Kirkpatrick in the early '80s. This algorithm consists of a stochastic approach that allows to explore and analyze solutions that do not improve the objective function in order to develop a better exploration of the design region and to obtain the global optimum. The proposed algorithm allows to consider the discrete behavior of the sectional variables for each element and the continuous behavior of the general geometry variables. Thus, an optimization methodology that can deal with a mixed optimization problem and includes both continuum and discrete design variables is developed. In addition, it does not require to study all the possible design combinations defined by discrete design variables. The algorithm proposed usually requires to develop a large number of simulations (structural analysis in this case) in practical applications. Thus, the authors have developed first order Taylor expansions and the first order sensitivity analysis involved in order to reduce the CPU time required. Exterior penalty functions have been also included to deal with the design constraints. Thus, the general methodology proposed allows to optimize real power transmission structures in acceptable CPU time.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Structural mixed optimization

Simulated annealing algorithm

Sensitivity analysis

Power transmission towers

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jparis@udc.es (J. París).

1. Antecedentes

Los inicios de la optimización de estructuras de transporte de energía tienen lugar en los años setenta, con los trabajos de Shepard y Palmer [1] sobre la optimización de estructuras de nudos articulados mediante programación dinámica y, posteriormente, de Raj y Durrant [2].

Más tarde, Hanssen [3] incorporó el carácter discreto del problema mediante una función objetivo implícita y discontinua dependiente de diversas variables geométricas y aplicó el método combinado aleatorio de búsqueda directa de Box [4] y el método de búsqueda directa de Powell [5].

Posteriormente, Majid y Tang [6] analizaron la optimización de una estructura asimilable a una torre de alta tensión muy simplificada mediante métodos de programación lineal. Casi paralelamente, Saka [7] publicó su estudio de un problema con una sola cruceta mediante un criterio de optimalidad con las secciones de las barras como variables de diseño.

A finales de los ochenta, Felix y Vanderplaats [8] desarrollaron un método de optimización de estructuras articuladas considerando como variables de diseño las áreas de las barras y las coordenadas de los nodos. Del mismo modo, Martí et al. abordaron este problema y desarrollaron el software DISSENY [9,10]. Ya a finales de los ochenta, plantearon la optimización conjunta de la estructura con la cimentación utilizando técnicas multiobjetivo [11].

En los años noventa, Valera y Navarrina [12] propusieron una metodología para la minimización del peso de una estructura de transporte conforme a las especificaciones de la normativa española en vigor. La optimización se realiza mediante un algoritmo de programación lineal secuencial con búsqueda unidireccional cuadrática (SLP-QLS) [13], utilizando un modelo tridimensional de nudos articulados. De forma paralela, la utilización de técnicas de inteligencia computacional adquirió gran auge a raíz de las publicaciones de Vieswara Rao [14] y del desarrollo de las técnicas multiobjetivo. Así, Vieswara Rao [14] estudia este problema mediante técnicas de lógica difusa.

Por otra parte, ya en el siglo XXI, Castro [15] propuso el tratamiento del problema mediante algoritmos genéticos y lo aplicó en la minimización del peso de una torre de alta tensión de simple circuito con una cruceta utilizando un modelo 2D de nudos articulados.

En la actualidad, este tipo de problemas se aborda mediante formulaciones de algoritmos genéticos pero, debido a su elevado coste computacional, entre otras limitaciones, solo se aplican en problemas simplificados. En consecuencia, no existe un consenso sólido sobre la metodología que se debe emplear para la resolución del problema de optimización de estructuras de transporte de energía.

Desde el punto de vista normativo, las estructuras metálicas de las torres de alta tensión están dentro del rango de aplicación de las normas UNE EN 50421-2005 [16], para líneas eléctricas aéreas de entre 1 y 45 kV, y la UNE EN 50341-2001 [17] para líneas eléctricas aéreas de más de 45 kV. En el apartado estructural, los requisitos impuestos en España parten del Eurocódigo n.º 3 [18]. Por otra parte, también es habitual la utilización de normativa americana específica (p. ej. ASCE 1097 [19]). Las especificaciones relativas al régimen eléctrico se fijan en España en el Reglamento de líneas eléctricas y sus instrucciones técnicas complementarias de 2008 [20].

2. Planteamiento del problema estructural

Las estructuras de transporte de energía se caracterizan por ser estructuras espaciales de barras en celosía con una generación modular, de forma que su geometría global se compone a partir del ensamblaje de módulos o grupos de barras con una conectividad

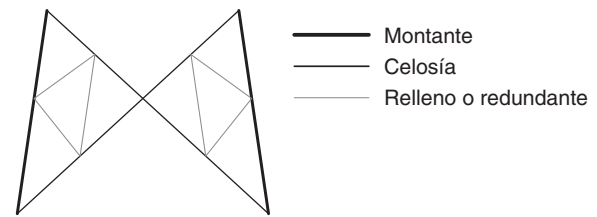


Figura 1. Tipos de elementos de un bloque.

prefijada, definidos a través de sus dimensiones generales. Estos módulos se dividen según su función y tipo en:

- Cúpulas: parte superior de la estructura.
- Crucetas: anclaje del cableado a la estructura.
- Fustes: conexión de módulos entre sí.
- Base: transmisión de cargas a la cimentación.

Por otra parte, este tipo de estructuras puede ser de diversos materiales, siendo el más común el acero laminado galvanizado. Más concretamente, los elementos que componen cada uno de los bloques se caracterizan por corresponder a perfiles angulares simétricos conectados a través de uniones atornilladas, ya que de este modo se incrementa considerablemente la facilidad constructiva.

En este sentido, los elementos que configuran la geometría de este tipo de estructuras se pueden clasificar en 3 categorías diferentes (fig. 1):

- Montantes: asumen la carga principal de la estructura y la transmiten al terreno.
- Celosías o barras secundarias: aseguran la estabilidad de la estructura generando el sistema de arriostramiento primario.
- Rellenos o redundantes: reducen la longitud de pandeo del resto de elementos, generando el sistema de arriostramiento secundario.

Las estructuras de transporte de energía cuentan normalmente con 4 patas de apoyo, hecho que les permite adaptarse a la geometría de los perfiles angulares y obtener una sección cuadrada que proporciona una mejor resistencia a los esfuerzos de torsión generados por el cableado, a la vez que reduce la ocupación en la base.

Desde el punto de vista del modelo estructural empleado, la normativa vigente recoge la suficiente precisión aportada por un modelo de nudos articulados, aunque también se expone que para estudios más detallados y específicos debe considerarse la naturaleza semirrígida de las uniones entre los elementos de la estructura. Por tanto, este tipo de análisis más específicos se relega a estudios muy particulares con una finalidad muy diferente a la del diseño general de las torres.

Para el análisis estructural y desde el punto de vista de las cargas actuantes en la estructura, el Reglamento de líneas de alta tensión [20] recoge la necesidad de considerar el efecto sobre la estructura de las siguientes solicitaciones:

- El peso propio de la estructura, de todos aquellos elementos auxiliares que se apoyan sobre ella y de la parte proporcional del conductor (gravivano).
- El peso del manguito de hielo sobre el conductor.
- El viento sobre el propio apoyo, los conductores (eolovano) y los elementos auxiliares.
- El tense de los conductores.

De acuerdo con el citado reglamento [20], estas cargas se agrupan en 4 hipótesis de carga principales:

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702563>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702563>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)