Línea de transmisión eléctrica de corriente directa (HVDC) en Panamá

Autores:

Andrade, Félix
Universidad UMECIT, Panamá
Técnico en Ingeniería Eléctrica
felixandrade348@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-7852-4895

García, Ronall
Universidad UMECIT, Panamá
Técnico en Ingeniería Eléctrica
ronallgarcia@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0008-5970-0235

González, Allan
Universidad UMECIT, Panamá
Técnico en Ingeniería Eléctrica
allan.gonzalez.xf.ipt@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-1086-8389

González, Gabriel
Universidad UMECIT, Panamá
Técnico en Ingeniería Eléctrica
garbriel13694@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-4474-4363

Docente asesor:
Hernández, José
Universidad UMECIT, Panamá
Asignatura: Matemática II
jose.rau0429@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-4283-4233

Sede: Santiago

DOI: 10.37594/sc.v1i6.1564

Resumen

Además de la transmisión de electricidad en corriente alterna (AC), existe otra alternativa que es la transmisión en corriente directa (DC). Por ello, el presente artículo de investigación estudió la factibilidad de construir una línea de transmisión eléctrica HVDC en Panamá. Se consultaron las fuentes bibliográficas sobre las líneas de transmisión eléctrica HVDC y se procedió a escribir el artículo destacando, en la parte del breve desarrollo teórico y conceptual, aspectos importantes que presentaban algunos autores en las fuentes bibliográficas consultadas. Las líneas de transmisión aérea HVDC se vuelven más económicas a partir de una distancia de 600 km, por lo que no es viable implementar este tipo de sistema HVDC en nuestro país, aparte de que solo se cuenta con una empresa responsable de la transmisión eléctrica y es muy alto el costo de una subestación HVDC que no se compensa con el ahorro en cables de alta tensión utilizados a lo largo de toda la red.

Palabras clave: alto voltaje, corriente directa, línea de transmisión, subestación.

Direct current (HVDC) power transmission line in Panama

Abstract

In addition to the transmission of electricity in alternating current (AC), there is another alternative which is the transmission in direct current (DC). Therefore, this research studied the feasibility of building an HVDC electrical transmission line in Panama. The bibliographic sources on HVDC electrical transmission lines were consulted and the article was written highlighting, in the brief theoretical and conceptual development part, important aspects presented by some authors in the bibliographic sources consulted. HVDC overhead transmission lines become more economical from a distance of 600 km, so it is not feasible to implement this type of HVDC system in our country, apart from the fact that there is only one company responsible for electrical transmission and the cost of an HVDC substation is very high and is not offset by the savings in high voltage cables used throughout the entire network.

Keywords: high voltage, direct current, transmission line, substation.

1. INTRODUCCIÓN

Justificación

Los apagones en gran escala, como el que dejó a la península de Azuero por 11 horas sin fluido eléctrico y el que ocurrió el día de nochebuena de 2023 que afectó a varias zonas de la capital, incluso a la línea 1 y línea 2 del metro de Panamá; nos indican que algo está ocurriendo con la transmisión de electricidad en nuestro país. Lo anterior nos motiva a realizar esta investigación sobre una línea de transmisión eléctrica HVDC (High Voltage Direct Current) en Panamá. Este artículo responde a la línea de investigación de UMECIT gestión organizacional, ya que revisando el modelo actual se puede evaluar la viabilidad y así tomar una mejor decisión, que finalmente contribuirá a disminuir los constantes apagones que tenemos a diario, las pérdidas en electrodomésticos y alimentos dañados por la falta de fluido eléctrico durante varias horas; mejorando la calidad de vida.

Descripción de la temática o problema de investigación

La transmisión de la electricidad en Panamá está a cargo de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (ETESA) y se realiza en AC (Alternating Current). Toda la electricidad de nuestro país depende de dicha empresa, sin embargo, los últimos apagones a gran escala debido a problemas en las líneas de transmisión, nos motiva a mirar hacia la línea de transmisión eléctrica HVDC y su factibilidad en Panamá.

Antecedentes investigativos

Los grandes apagones en cascada que se han visto en muchas partes del mundo ponen de relieve

la vulnerabilidad de los grandes sistemas de CA. (Carlsson, 2005, p. 43).

A pesar de la rápida adopción de la CA trifásica para el transporte y la distribución, las líneas de CA más largas se enfrentan a inconvenientes. El más importante es el fenómeno de la energía reactiva. La energía reactiva es el flujo de energía que continuamente carga y descarga los campos eléctrico y magnético de la línea para acomodarse a la oscilación periódica de la tensión y la intensidad en la línea. (Moglestue, 2014, p. 34).

Con la finalidad de mejorar estos inconvenientes y lograr eliminar los apagones nacionales, se hace necesario investigar otras formas de transmisión de energía y su factibilidad en nuestro país.

Formulación de la interrogante

¿Es factible construir una línea de transmisión eléctrica HVDC en Panamá?

Objetivo(s) o propósito

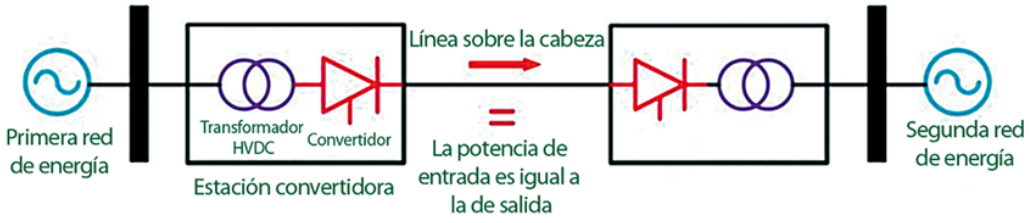
- Describir el funcionamiento del sistema de transmisión eléctrica HVDC.
- Presentar las ventajas y desventajas de la transmisión eléctrica HVDC.
- Analizar la viabilidad de la implementación de la transmisión eléctrica HVDC en Panamá.

Breve desarrollo teórico y conceptual

El primer enlace mundial para la transmisión eléctrica HVDC fue construido entre la isla de Gotland en el Mar Báltico y la zona continental de Suecia, en 1954.

El funcionamiento de este sistema comienza con el proceso de generación de la energía en una central eléctrica, la energía en AC que se ha producido se ajusta mediante un transformador, ésta alimenta al convertidor que opera como rectificador. En la salida del rectificador la energía es ya DC, independientemente de la frecuencia y fase de la red de AC. Esta energía se transmite por los cables o la red de DC, submarina, subterránea o aérea, hasta otro convertidor que opera como inversor y permite a la energía fluir de nuevo por la red de AC del receptor. (Rodríguez, 2016, p. 12).

Figura 1. Transmisión Eléctrica HVDC



Fuente: Circuit Globe

En el sistema de transmisión HVAC, la potencia activa se transmite según:

$$P = \frac{U_1 U_2}{X} sen\theta,$$

Donde son las tensiones en cada lado de la interconexión, el ángulo es el desfase entre dichas tensiones y X es la reactancia de la línea dada por Si se altera lo hace la potencia, con lo cual puede haber sobrecargas de tensión en la línea y desplazamientos no deseados de la potencia. Sin embargo, en las líneas HVDC no se encuentra este problema porque la potencia no está afecta por la distancia, es decir: (Rodríguez, 2016, p. 16).

Tanto el sistema de transmisión eléctrica HVAC, como el sistema de transmisión eléctrica HVDC tienen sus ventajas y desventajas. Estas deben ser tomadas en cuenta para hacer una buena elección del sistema de transmisión eléctrica que más se ajuste a las necesidades del proyecto. A continuación, se presentan las principales ventajas y desventajas del sistema de transmisión eléctrica HVDC que mencionan los diferentes autores en la bibliografía consultada.

Ventajas:

1. Para líneas aéreas de transmisión sobre los 600 km de extensión, la transmisión en DC es más barata por unidad de longitud que en AC, pues el hecho de requerir solamente dos conductores en vez de tres, repercute no sólo en un ahorro en conductores, sino también en un menor tamaño de las torres y número de aisladores.
2. Debido a la enorme cantidad de energía reactiva que se requiere en el caso de la AC y que llega a saturar los conductores sin dejar margen para corriente alguna, es mejor transmitir la energía en DC cuando se trate de cables submarinos o subterráneos aislados con longitudes sobre los 50 km.
3. Requiere de menos distancia de fase a fase y de tierra a tierra.
4. Sus torres son menos costosas.
5. La pérdida por efecto corona es menor en comparación con las líneas de transmisión HVAC de potencia similar.
6. La pérdida de energía se reduce con corriente continua porque se requieren menos líneas para la transmisión de energía.
7. El sistema HVDC utiliza retorno a tierra. Si ocurre alguna falla en un polo, el otro polo con retornos a tierra se comporta como un circuito independiente. Esto da como resultado un sistema más flexible.
8. La transmisión de potencia es independiente de las frecuencias de envío y de las frecuencias

finales de recepción, ya que el sistema HVDC hace la conexión asíncrona entre dos estaciones de corriente alterna conectadas a través de un enlace HVDC.

9. Debido a la ausencia de frecuencia en la línea HVDC, no se producen pérdidas por el efecto piel y el efecto de proximidad en el sistema.
10. No genera ni absorbe potencia reactiva. Por lo tanto, no hay necesidad de compensación de potencia reactiva.
11. La potencia precisa y sin pérdidas fluye a través del enlace de corriente continua.
12. En materia medioambiental, el campo magnético continuo y estático a orillas del corredor de la línea, tiene un valor semejante al campo magnético terrestre, pudiendo incluso eliminarse si se opera en modo bipolar.

Desventajas:

1. Requiere costosas subestaciones convertidoras, tanto en el extremo de envío, como en el extremo de recepción de las líneas de transmisión.
2. Requiere costosos filtros activos para reducir los armónicos que generan los terminales del inversor y del rectificador.
3. Si ocurre una falla en la subestación de corriente alterna, puede resultar en una falla de energía para la subestación HVDC ubicada cerca de ella.
4. Los inversores utilizados en las subestaciones convertidoras tienen una capacidad de sobrecarga limitada.
5. Utiliza costosos disyuntores para la interrupción de circuitos.
6. No tiene transformadores para cambiar los niveles de voltaje.
7. Uso de sistema de enfriamiento activo para reducir la pérdida de calor que se produce en las subestaciones convertidoras.
8. Necesidad de un mayor nivel de aislamiento, para una misma tensión, dado que es corriente directa.

Hoy día, existen muchos proyectos de transmisión eléctrica HVDC en diferentes países, entre los que destacan:

- ✓ **Red de Energía Xiangjiaba – Shanghai:** provee 6400 MW a lo largo de una distancia de 2071 km.
- ✓ **Proyecto Itaipú, Brazil:** provee 6300 MW a lo largo de una distancia de 805 km.
- ✓ **Proyecto Québec – New Englad (Canadá – USA):** provee 2000 MW a lo largo de una distancia de 1480 km.
- ✓ **Proyecto Submarino Suecia – Alemania:** provee 600 MW a lo largo de una distancia de 250 km.

- ✓ Entre otros.

2. METODOLOGÍA

Método y/o Procedimiento metodológico

Con el objetivo de recabar información sobre las líneas de transmisión eléctrica HVDC, comenzamos esta investigación consultando diferentes fuentes bibliográficas que hablaran sobre el tema. Primero, buscamos información en internet, específicamente en Google Académico, ya que necesitábamos información veraz. Después de una minuciosa búsqueda, logramos seleccionar varios artículos y trabajos investigativos sobre el tema.

Una vez seleccionada la bibliografía, procedimos a revisar lo concerniente al tema y extraer el contenido que nos interesaba. Reunida toda la información necesaria, iniciamos a escribir el artículo destacando, en la parte del breve desarrollo teórico y conceptual, aspectos importantes que presentaban algunos autores en las fuentes bibliográficas consultadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen dos aspectos claves a considerar en la transmisión eléctrica HVDC: el primero es que este sistema de transmisión aérea HVDC se vuelve más económico a partir de una distancia de 600 km y el segundo es que la transmisión submarina o subterránea lo hace a partir de los 50 km. Existen muchas otras ventajas y desventajas, pero para nuestro caso, estos dos aspectos son los más importantes, ya que debemos considerar que en Panamá ninguna de las líneas de transmisión aérea supera los 600 km de longitud.

4. CONCLUSIONES

La transmisión eléctrica HVDC comienza con la generación de la energía en AC, esta es ajustada mediante un transformador para alimentar a un rectificador. A la salida del rectificador ya la energía es DC para ser transmitida por los cables de la red hasta el inversor que nuevamente la convierte en AC. Sin embargo, no es viable implementar este tipo de sistema HVDC en nuestro país, ya que solo contamos con una empresa responsable de la transmisión eléctrica, ninguna de las líneas de transmisión en Panamá supera los 600 km de longitud y es muy alto el costo de una subestación HVDC que no se compensa con el ahorro en cables de alta tensión utilizados a lo largo de toda la red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, V. (2020). Corredores híbridos para líneas de transmisión AC / DC [Tesis de ingeniería, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/177552/Corredores-hibridos-para-lineas-de-transmision-AC-DC.pdf?sequence=1 [1]
- Asplund, G., & Carlsson, L. (2008). HVDC. Revista ABB, 59-64. [2]
- Berizzo, R. (2022). Transmisión HVDC: corriente continua de alta tensión. Revista Ingeniería Eléctrica, (378), 16-20. [3]
- Carlsson, L. (2005). HVDC. ABB review, (3), 42-46. [4]
- Moglestue, A. (2014). 60 años de HVDC. ABB review, (2), 33-41. [5]
- Rodríguez, I. (2016). Transporte de energía eléctrica por corriente continua (direct current energy transmission) [Tesis de ingeniería, Universidad de Cantabria]. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9151/386942.pdf?sequence=1 [6]
- Tauta, D. (2012). Sistemas de transmisión HVDC: repotencialización de líneas de transmisión existentes a través de su conversión a HVDC y desarrollo de grandes sistemas de transmisión HVDC. [Tesis de maestría, Universidad de Los Andes]. Repositorio Institucional Séneca: https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/47e4b9de-1a13-414d-b42d-09a1a432a525/content [7]
- Torres, E. (2004). Transmisión de potencia en corriente directa HVDC – análisis y simulación [Tesis de ingeniería, Universidad de Los Andes]. Repositorio Institucional Séneca https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/4faca064-c677-4a34-9933-5ea42e473120/content [8]