

# CAPITULO 1

---

## INTRODUCCIÓN

La creciente reestructuración de los sistemas eléctricos de potencia en el mundo ha permitido establecer los mercados mayoristas de energía eléctrica, lo que ha originado el aumento en el número de transacciones y la cantidad de potencia que se debe enviar entre las diferentes áreas del sistema, implicando por consiguiente, una problemática operativa que es necesario atacar con la incorporación de nuevas tecnologías que garanticen la confiabilidad y calidad del servicio eléctrico.

Con la finalidad de utilizar el sistema a su mayor capacidad, se han considerado, desde hace tiempo, diferentes soluciones para controlar los flujos a través de los enlaces del sistema eléctrico de potencia. Una de las alternativas de mayor importancia es la de dispositivos que utilizan la electrónica de potencia para controlar las variables del sistema, conocidas como Sistemas Flexibles de Transmisión de Corriente Alterna (FACTS por sus siglas en inglés). Estos dispositivos se comenzaron a desarrollar desde la década de los 70's y actualmente se han empleado nuevos elementos de electrónica de potencia para crear un gran número de equipos que son capaces de controlar el flujo de potencia en líneas de transmisión, controlar voltaje de la red en estado estacionario, aumentar el límite de estabilidad transitoria, amortiguar oscilaciones de potencia de baja frecuencia, lo cual contribuye a mejorar el comportamiento dinámico del sistema.

El Compensador Estático de VAR's (CEV por sus siglas en inglés) es un dispositivo FACTS, que utiliza electrónica de potencia para el control de la potencia reactiva a entregar o absorber del sistema eléctrico de potencia, el cual ayuda de manera importante al control de voltaje tanto en estado estacionario como dinámico del sistema eléctrico de potencia.

La importancia de los FACTS aumenta día con día en operación de los sistemas eléctricos de potencia, a grado tal, que muchos sistemas no podrían ser operados a su capacidad actual sin ellos.

Es por esta razón que se considera de interés conocer y evaluar el comportamiento en estado estacionario del CEV, ya que hoy por hoy es el único dispositivo FACTS utilizado en el Sistema Interconectado Nacional de México, y uno de los más utilizados a nivel mundial.

## ***1.1 Antecedentes***

Los primeros FACTS que se desarrollaron en la década de los 70's fueron los Compensadores Estáticos de VAR's, que utilizan tiristores para modular la susceptancia de los componentes como capacitores e inductores de manera rápida. Al ser una de las tecnologías FACTS más utilizada, la literatura disponible acerca de los CEV's es muy extensa. Debido a esto, se listan en la sección de referencia las publicaciones que se consideran mas relevantes acerca de este dispositivo.

## ***1.2 Estructura de la tesis***

El presente trabajo de tesis que se presenta consta de 6 capítulos, los cuales se resumen a continuación:

**Capítulo 1: *Introducción.*** En este capítulo se hace una descripción general de los aspectos más importantes.

**Capítulo 2: *Aspectos generales de sistemas eléctricos de potencia.*** Se presentan los problemas más comunes que pueden ocurrir en un SEP así como los conceptos básicos para el estudio de estabilidad en estado estacionario.

Para ello, se parte de los conceptos fundamentales que describen el comportamiento de los generadores como lo es la constante de inercia, ya que la posición angular de los rotores de los generadores es el parámetro que mejor define la estabilidad de un sistema de potencia.

**Capítulo 3: *Modelado de Dispositivos eléctricos en estado estacionario.*** Se presenta el modelado de los principales elementos que conforman una red eléctrica, además de una breve descripción de su funcionamiento debido a que constituyen la base de datos para los estudios dinámicos, como lo son las máquinas síncronas, las cargas, líneas de transmisión, transformadores, etc.

**Capítulo 4: *Operación del CEV en estado estacionario.*** Se describe de una manera más amplia el funcionamiento básico del CEV y la manera en la que contribuye a mantener la estabilidad en un sistema de potencia cuando se presenta algún disturbio. De esta forma, se muestra la importancia de su contribución en la aportación de reactivos, o en su defecto la absorción de éste para mantener el nivel de tensión dentro de un rango establecido aceptable. Además, sirve para estudiar los límites de operación que tiene cada CEV y ver hasta qué punto pueden contribuir a restablecer la estabilidad del sistema después de la contingencia que se presente.

**Capítulo 5: Pruebas y análisis de resultados.** Una vez que se han planteado las bases necesarias para realizar el modelado de cada uno de los elementos que componen a un SEP, se propone el sistema de 9 nodos del libro de Anderson como ejemplo de análisis en la contribución de un CEV ante diferentes contingencias que se recrean en los distintos buses que conforman a este sistema. En este sistema lo que se hace es abrir las líneas del sistema e ir colocando un CEV en un bus determinado para ver en cual de ellos es mejor el rendimiento del CEV. Esto mismo se hace pero ahora simulando la pérdida de los transformadores y, por ende, la pérdida de alguna unidad generadora, para lo cual nuevamente se propone un CEV en alguno de los buses. El análisis del sistema de Anderson, por ser un sistema simple, sirve como base para mostrar las variaciones de voltaje que se presentan durante una perturbación y el modo de operación del CEV.

Después de corroborar la ayuda del CEV en este sistema, se propone un nuevo sistema estudio de mayor proporción, llamado Sistema Micro-red, el cual está conformado por un anillo exterior de 400 KV y un anillo interior de 230 KV, en donde se fijan 3 CEV's en distintos puntos del sistema, los cuales tienen una capacidad máxima de 300 MVAR's. En el sistema Micro-red, se simulan diferentes contingencias, como lo son las aperturas de las líneas de transmisión junto con el CEV cercano a ellas, pérdidas de las unidades de generación y cada uno de los CEV's, para observar el comportamiento de los 3 CEV's según su ubicación respecto al incidente.

Las pruebas operadas en ambos sistemas se hicieron a partir de simulaciones digitales de los flujos de potencia realizadas en el simulador digital de sistemas de potencia PSS/E.

**Capítulo 6: Conclusiones.** En este capítulo se presentan las conclusiones generales del trabajo.