

CAPÍTULO III

EL COMPENSADOR ESTÁTICO DE VAR's.

3.1 Introducción.

Los Compensadores Estáticos de Potencia Reactiva en paralelo mejor conocidos por el acrónimo SVC por sus siglas en inglés (Static VAR Compensator) se utilizan desde hace algunos años en las redes eléctricas de transmisión para mejorar las condiciones de potencia reactiva en un sistema, en concreto, son empleados para mantener la tensión de la red dentro de los límites exigidos para una operación confiable. Antes de la llegada de los compensadores estáticos de VAR's, en los años sesenta, la función de compensación se realizaba con generadores síncronos funcionando sin inyección de potencia activa los cuales operaban como compensadores síncronos capaces de generar o absorber únicamente potencia reactiva o bien con bancos de capacitores conmutados mecánicamente.[13]

3.2 Antecedentes.

La Figura 3.1 muestra algunas configuraciones de las alternativas mecánicas de conexión y desconexión, a) para los reactores en paralelo (MSR) y b) para capacitores (MSC), las cuales no eran lo suficientemente veloces para influenciar en condiciones transitorias, aunque pueden manejar cualquier sobre voltaje o caídas de tensión en los puntos de conexión.

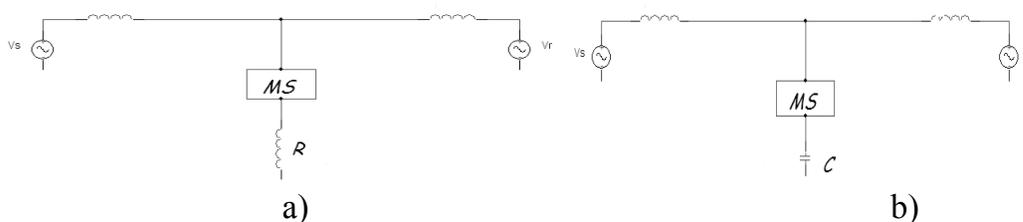


Figura 3.1 a) Reactor con interruptor mecánico y b) Capacitor con interruptor mecánico.

El uso de un capacitor o un reactor en paralelo que se conecta y desconecta mecánicamente del sistema puede requerir o no un filtro de armónicos, dicha

conexión permite cubrir una operación completa tanto capacitiva como inductiva del sistema de compensación.

Los compensadores que son conmutados por un interruptor mecánico se convierten en un controlador FACTS al sustituir el interruptor mecánico por otro electrónico, constituido por una válvula de tiristores bidireccionales TS, (*Thyristor Switched*), o bien TC, (*Thyristor Controlled*), además de un conjunto de elementos computacionales que permiten su control. Estos acrónimos suelen venir acompañados de una C o una R para indicar si conmuta y/o controla un capacitor (C) o un reactor (R) [11], como se muestra en la Figura 3.2, tomando en cuenta sus debidas consideraciones, las cuales se explicarán más adelante.

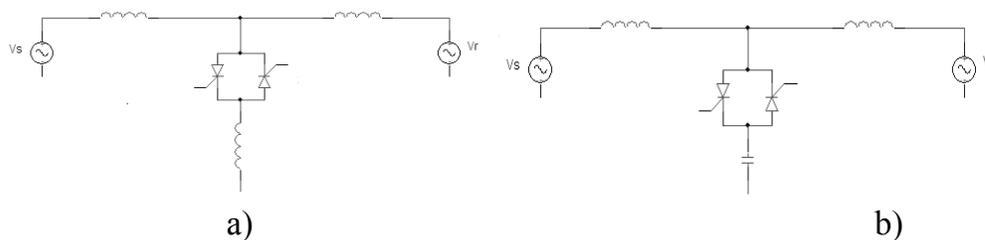


Figura 3.2 a) Reactor conmutado por una válvula de tiristores (TCR), b) Capacitor conmutado por tiristores (TSC).

Una de las principales ventajas del esquema mecánico de conexión y desconexión se basa en la disminución del costo por VAR instalado, producto de la eliminación de los interruptores electrónicos además de la importante reducción de pérdidas eléctricas, lo que influye directamente en los costos operativos. [7]

Una importante desventaja de la configuración mecánica, es la relativa lentitud de respuesta en comparación a la de los interruptores de tiristores puesto que estos últimos actúan en un intervalo entre medio ciclo y un ciclo de la onda fundamental (8.33 ms – 16.66 ms), mientras que los interruptores mecánicos demoran del orden de dos ciclos (33.32 ms) en el cierre y ocho ciclos (133.33 ms) para la apertura.

Otro conflicto presente en esta configuración lo constituye la necesidad de descargar la energía almacenada en los bancos de capacitores después de su utilización; para tales fines, cada unidad posee resistores de descarga, que permiten la disipación total de energía en pocos minutos; cabe aclarar que las unidades mecánicas pueden ser accionadas solamente una vez que los capacitores están totalmente descargados.

Por último, se debe mencionar que los interruptores mecánicos poseen una vida útil de 2000 a 5000 operaciones, mientras que los tiristores pueden ser accionados en teoría un número infinito de veces. [12]

3.3 Elementos y Principio de Funcionamiento de un SVC.

Los elementos más característicos de un SVC son los condensadores conmutados por tiristores (TSC) y las bobinas controladas por tiristores (TCR). En la Figura 3.3 se muestra un diagrama de las conexiones para cada elemento de un SVC. Otro elemento característico son los filtros, en la mayoría de los casos para la 5ª y 7ª armónica.

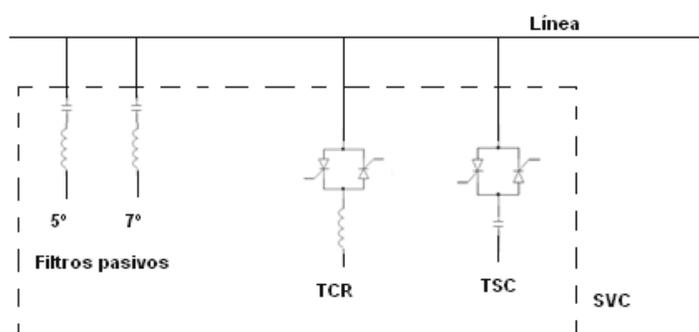


Figura 3.3 Diagrama de conexiones de un SVC.

Mediante la conmutación por medio de los tiristores se pueden obtener los siguientes tipos de compensación [11]:

- **Compensación Discreta o por Paquetes.**

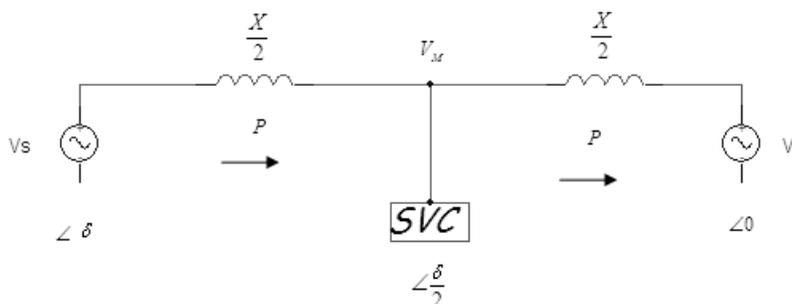
Está basada en un interruptor electrónico que abre o cierra el circuito un número entero de semiciclos.

- **Compensación Continua.**

Es casi idéntica a la anterior, diferenciándose en que para este caso, los tiristores se utilizan como controladores, es decir, el interruptor abre o cierra el circuito en un instante cualquiera.

La constitución y principio de funcionamiento del SVC es muy simple, el compensador conectado en paralelo inyecta potencia reactiva en el punto de conexión. Para ilustrar su operación se muestra el circuito de la Figura 3.4, donde el

SVC es insertado en el punto medio de una línea de transmisión de alto voltaje de CA.



$$P_M = \frac{V_S V_M}{\left(\frac{X}{2}\right)} \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) = \frac{V_M V_R}{\left(\frac{X}{2}\right)} \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) \quad (3.1)$$

Figura 3.4 Principio de la compensación en paralelo de potencia reactiva.

El equipo es diseñado para operar de tal forma que el voltaje medio, V_M sea controlado y la línea es dividida a la mitad (impedancia reactiva $X/2$), la potencia que fluye en cada una de éstas secciones es determinada por la ecuación 3.1. La Figura 3.5 muestra la comparación entre las curvas de potencia-ángulo cuando se utiliza o no el compensador.

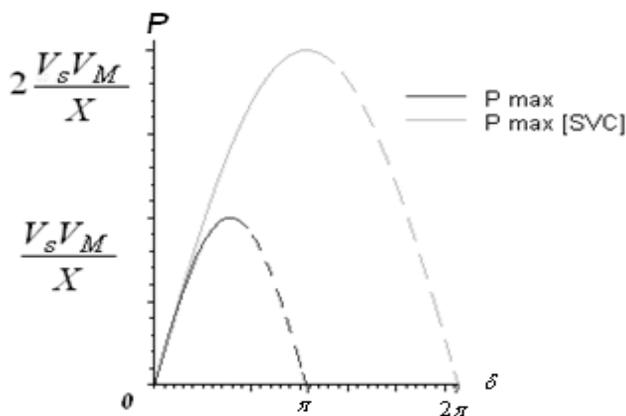


Figura 3.5 Efecto de la compensación en paralelo.

Las curvas de potencia-ángulo muestran que teóricamente el límite máximo de potencia ($P_{m\acute{a}x}$) es duplicado con el SVC instalado, por consiguiente el límite de estabilidad de voltaje también es mejorado. [13]

El rango de la potencia reactiva que puede inyectar el SVC no es, en la práctica infinito y la magnitud de compensación dependerá del costo del equipo y de los requerimientos necesarios para incrementar la capacidad de transferencia de potencia en estado estable.

Cabe mencionar que dentro de la operación de un compensador de potencia reactiva se presentan distorsiones de las ondas de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, materiales ferromagnéticos y al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal.

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

Las soluciones a dicho problema se realizan en forma jerarquizada; primero en forma particular, resolviendo el problema de inyección de armónicos por parte del usuario al sistema (diseñando y ubicando filtros en el lado de baja tensión, usando el transformador como barrera); y segundo, resolviendo el problema en forma global, buscando reducir las pérdidas y mantener los niveles armónicos por debajo de los límites permitidos, en este caso, se trata de un problema de optimización donde se determina la ubicación de los compensadores (condensadores, filtros pasivos, filtros activos).

Estos equipos son diseñados y dimensionados para las condiciones de la red en donde operan en el momento de su instalación. Posteriormente, las condiciones iniciales pueden cambiar al agregarse o retirarse elementos, tales como transformadores, motores o equipos de electrónica de potencia.

En general para los controladores FACTS, los equipos no están exentos de la producción de armónicos, debido a la conmutación de los interruptores de estado sólido o a fenómenos de resonancia con otros elementos de la red. Es por ello que en su diseño es natural encontrar filtros conectados en las mismas barras de conexión de los equipos FACTS. En particular, en un SVC, se producen armónicos ya sea por

la conmutación de los tiristores de los TCR, como también por las resonancias entre bancos de condensadores y los TCR.

Una configuración típica de filtro, corresponde a una resistencia, un inductor y un condensador, conectados en serie, como se muestra en la Figura 3.6a).

Otra configuración, corresponde a una resistencia en paralelo con una inductancia, ambos en serie con un capacitor, como se ilustra en la Figura 3.6b). [7]

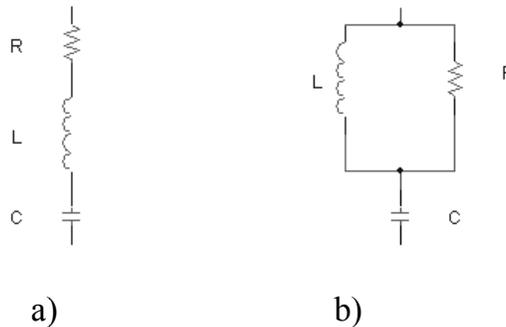


Figura 3.6 Filtros armónicos.

3.4 Clasificación del SVC.

De manera breve podemos decir que un SVC consta básicamente de un arreglo de reactores y condensadores conectados en paralelo, que actúan inyectando o absorbiendo potencia reactiva inductiva o capacitiva con el objetivo de mantener la tensión del sistema en un nivel determinado.

La forma en que son dispuestos estos arreglos de elementos de compensación define los principales tipos de SVC, los cuales serán detallados a continuación:

De manera general, en la sección anterior se hizo referencia al comportamiento para un sistema SVC. En la práctica y según su constitución específica se pueden encontrar las siguientes configuraciones [12]:

- **Reactor Controlado por Tiristores (TCR).**

Un elemento básico en los compensadores, es el reactor controlado por tiristores o “*Thyristor Controlled Reactor*” (TCR). La principal función de este elemento es la de conseguir una regulación continua y rápida de la potencia reactiva consumida, utilizando una bobina. Existen configuraciones tanto monofásica como trifásica (delta, estrella).

El esquema simple de un TCR consta de un reactor fijo con inductancia L y un par de tiristores conectados en anti-paralelo, el cual se muestra en la Figura 3.2a).

Los tiristores actúan como un interruptor bidireccional, conduciendo en los medios ciclos positivos y negativos de la señal de voltaje aplicada. La variación de corriente se obtiene por el control del ángulo de disparo en los tiristores, (α), el cual es medido desde el cruce por cero del voltaje en operación y comprende desde los 90° a los 180° . Si el ángulo es menor a 90° se introduce corriente directa generando un disturbio en la operación simétrica de los tiristores. [13]

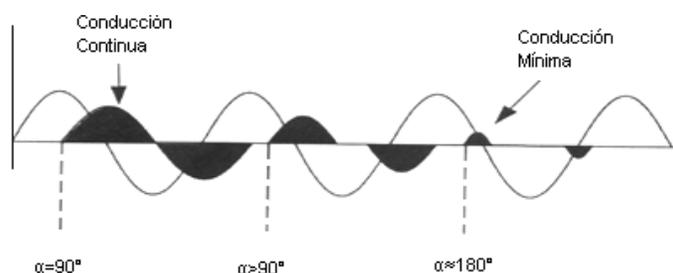


Figura 3.7 Formas de onda ilustrando el efecto del control del ángulo de disparo del TCR.

En la práctica, el TCR es usado en configuración trifásica en conexión delta con la finalidad de obtener alta eficiencia, buena operación dinámica, y un costo competitivo en los sistemas de transmisión. Tal configuración es también conocida como “configuración de seis-pulsos” (Figura 3.8).

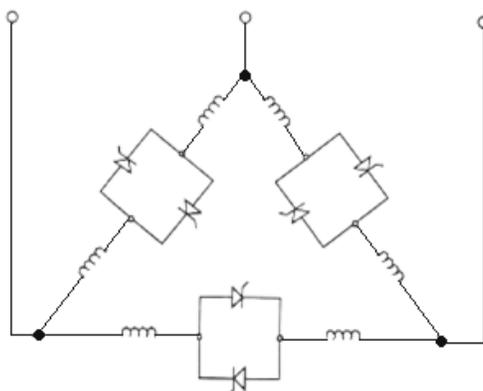


Figura 3.8 Configuración de seis-pulsos de un TCR.

Sin embargo tal configuración produce una significativa corriente de la 5^a y 7^a armónica y es por ello que el TCR frecuentemente se usa en conjunto con un capacitor fijo o bien se diseña un filtro para evitar dichas perturbaciones y minimizar la distorsión en la transmisión de potencia. [13]

- **Reactor Controlado por Tiristores con un Capacitor Fijo (TCR-FC).**

Está formado por un banco de capacitores de valor fijo, en paralelo con reactores controlados por tiristores dispuestos a modo de interruptor, tal como indica la Figura 3.9. El TCR provee un rango controlable continuo sólo en el rango inductivo de la potencia reactiva. Al conectar en paralelo el banco de condensadores fijos es posible extender este rango dinámico al lado capacitivo.

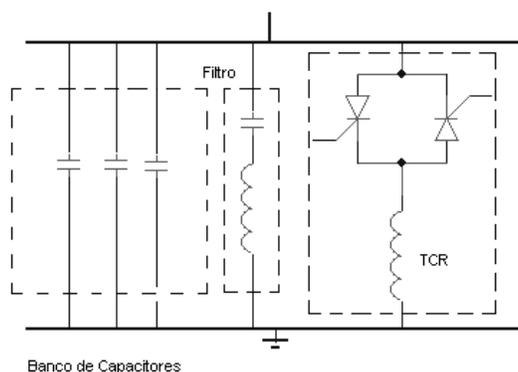


Figura 3.9 Reactor controlado por tiristores con un capacitor fijo.

En la utilización de este tipo de SVC se presenta una desventaja, dado que circulan enormes corrientes dentro del circuito TCR-FC necesarias para la cancelación de los

MVAR's capacitivos, lo que produce pérdidas significativas aún en estado estacionario y sin inyección de reactivos al sistema por parte del SVC. [7]

- **Capacitor Conmutado por Tiristores (TSC).**

Un TSC, como se muestra en la Figura 3.10, consta básicamente de un interruptor bidireccional formado por un par de tiristores conectados en paralelo pero con polaridad opuesta, en serie con un capacitor y un pequeño reactor el cual tiene la finalidad de superar las complicaciones de los transitorios.

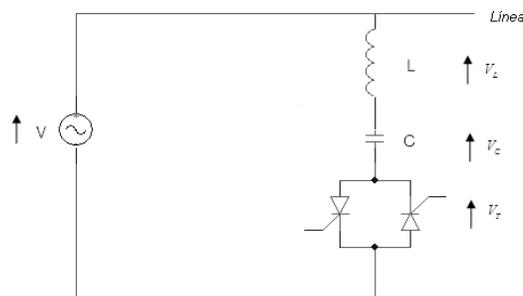


Figura 3.10 Capacitor conmutado por tiristores.

Cada uno de los dos tiristores permite el control de la corriente en cada medio ciclo respectivamente. El capacitor no puede ser controlado en fase tal y como se hace con el TCR.

La válvula de tiristores es encendida cuando se detecta el voltaje mínimo a través del interruptor con el fin de minimizar los transitorios ocasionados por el encendido. Una vez superadas las oscilaciones iniciales, la corriente del TSC es senoidal y se encuentra libre de armónicos.

El pequeño reactor que se coloca es para limitar los transitorios de la corriente durante las condiciones de sobre-voltaje también es empleado durante las acciones de conexión y desconexión de TSC. El valor del inductor es seleccionado para dar una frecuencia natural de resonancia de cuatro o cinco veces la frecuencia nominal del sistema, de este modo se garantiza que el inductor nunca creará un circuito armónico resonante, ni complicará el sistema de control del TSC. Otra función del inductor en serie, es actuar en conjunto con el capacitor como un filtro para las armónicas asociadas al TCR.

Un TSC conectado de forma trifásica se compone de tres TSC's monofásicos que pueden estar conectados en configuración delta o bien en configuración estrella, Figura 3.11.

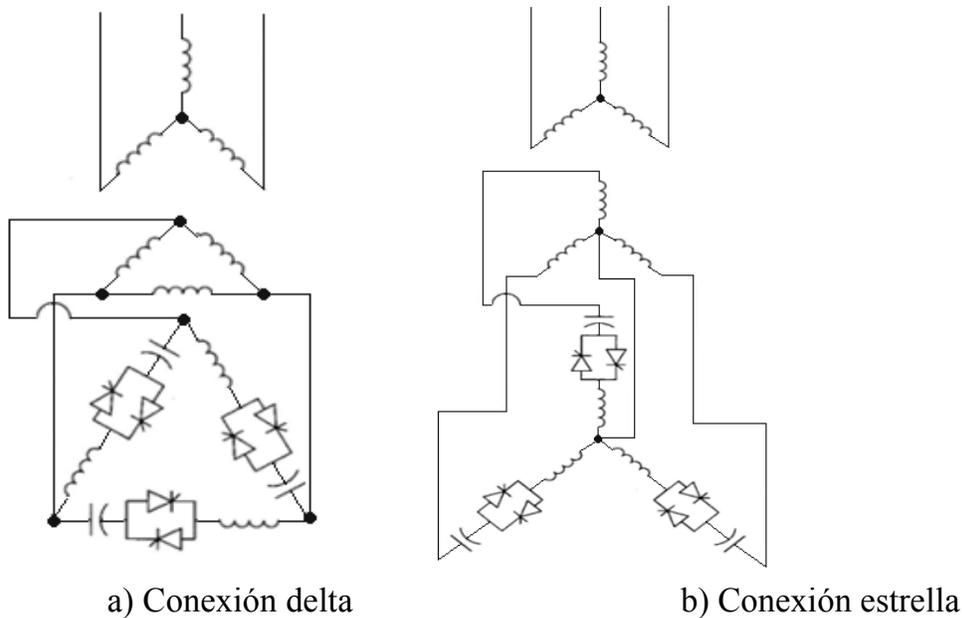


Figura 3.11 Configuraciones trifásicas del TSC.

Un TSC practico consta de “n” bancos trifásicos de TSC's de igual valor conectados en paralelo. De este modo la susceptancia del TSC estará dada en un determinado instante por la suma de la conductancia del TSC.

Al igual que el TCR, el TSC otorga una rápida respuesta, generalmente opera en un lapso de 1/2 ciclo (8.33 ms) a un ciclo (16.66 ms), sin embargo este tiempo de respuesta puede incrementarse debido a retardos en los sistemas de control y equipo de medición.

La forma de la característica de operación del TSC es una función del número de TSC's conectados, de los valores individuales y de un voltaje de histéresis ΔV , el cual aparece de una manera indeseable por la constante conexión y desconexión de los capacitores. [4,7]

- **Reactor Controlado por Tiristores con el Capacitor Conmutado por Tiristores (TCR-TSC)**

El uso de TCR o de TSC permitiría sólo una compensación capacitiva o inductiva. Un TCR-FC se comporta como un circuito LC paralelo que tiende a entrar en resonancia con la impedancia del sistema ante la presencia de grandes perturbaciones. Ante esta situación, un TCR-TSC puede operar rápidamente desconectando los capacitores (lo que no es posible en el TCR-FC), evitando la posibilidad de la resonancia.

Por lo que podemos decir que un compensador estático de VAR (SVC) consiste en TCR en paralelo con uno o más TSC, con la finalidad de: variar de manera continua la potencia reactiva, reducir a cero las pérdidas de régimen permanente y proporcionar incrementos en la flexibilidad de operación. Como se muestra en la Figura 3.12. Dado que la capacidad del TCR es pequeña, la generación armónica se reduce de manera considerable; aun así, se incluye un filtro para compensar en caso de que todas las ramas TSC no sean ocupadas y sólo actúe el TCR. [7]

De manera práctica la configuración de un TCR-TSC puede ser considerada como el arreglo de un TCR-FC, donde el capacitor puede tomar diferentes valores, por lo tanto se debe entender que las ramas correspondientes al TSC tendrán el mismo valor. [7]

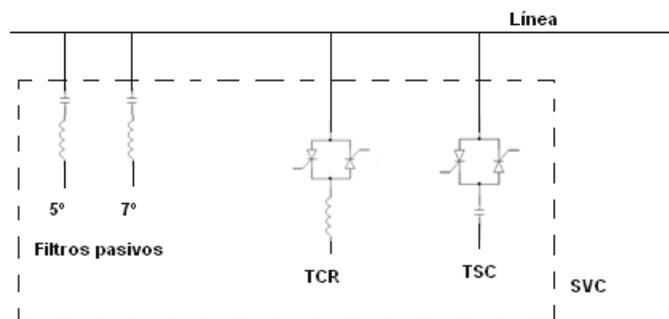


Figura 3.12 Configuración general de un SVC tipo TSC-TCR.

3.5 Curvas de Operación de un SVC.

En la Figura 3.13 se puede observar la característica de impedancia de un sistema SVC, compuesto de un reactor variable en paralelo y de un capacitor fijo. [14]

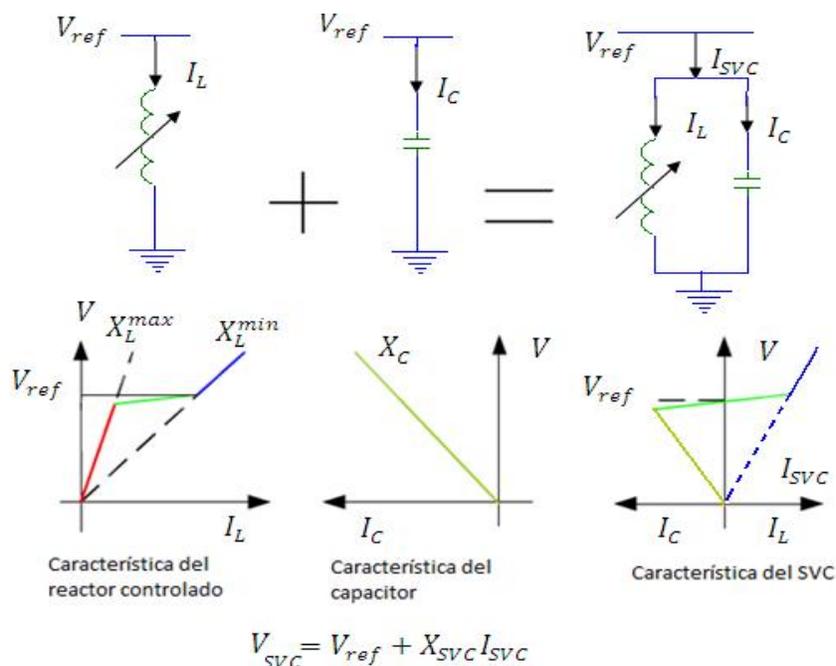


Figura 3.13 Característica de la compensación estática.

Como se puede observar en el gráfico, la impedancia que ofrece el reactor es alta cuando el voltaje es menor al voltaje de referencia, V_{ref} , si el voltaje aumenta y sobrepasa a V_{ref} entonces el mecanismo del SVC cortocircuita los reactores para disminuir la impedancia de la rama inductiva. La impedancia de la rama capacitiva varía linealmente con el voltaje aplicado y de acuerdo a la admitancia propia del capacitor [4]. Si se suman las características de la rama inductiva y capacitiva se tiene la característica del SVC que indica que sobre un valor de voltaje determinado V_{ref} el SVC se comporta como un elemento netamente inductivo (absorbiendo reactivos) y para cualquier valor de voltaje menor al V_{ref} el SVC se comporta como un elemento netamente capacitivo (aportando reactivos a la red).

El comportamiento del dispositivo SVC cuando está conectado en la red se puede explicar con el siguiente circuito equivalente en el que se muestra el voltaje de las barras ante diferentes tipos y magnitudes de carga.

La Figura 3.14 muestra que si la carga es puramente inductiva el voltaje de la barra V_r será menor que el voltaje de la barra V_s , la característica del sistema está dada por la magnitud de X_{eq} . Cuando el sistema está sin carga $V_s = V_r$.

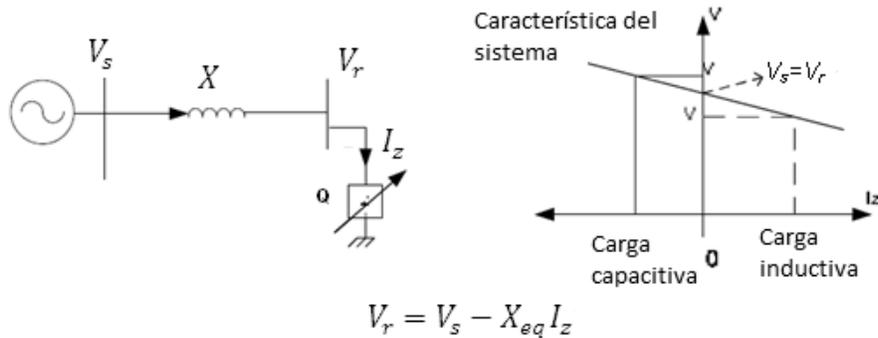


Figura 3.14 Comportamiento del SVC en una red.

La Figura 3.15 muestra como el dispositivo SVC permite mantener el voltaje en un valor de referencia, V_{ref} , incluso cuando el sistema se encuentra sin carga, el voltaje se encuentra en la intersección del eje V y la intersección de la característica del SVC.

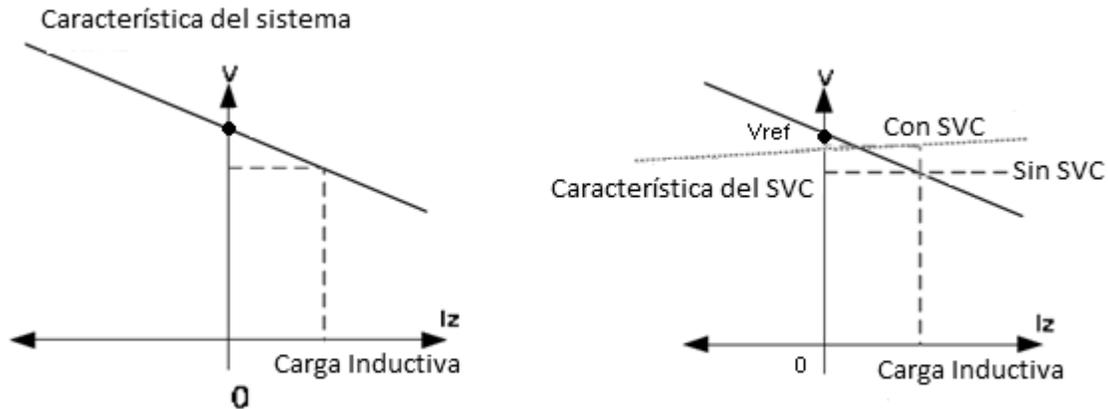


Figura 3.15 Actuación del SVC.

La Figura 3.16 permite observar el comportamiento del SVC cuando la reactancia del sistema ha cambiado debido a la salida de un circuito.

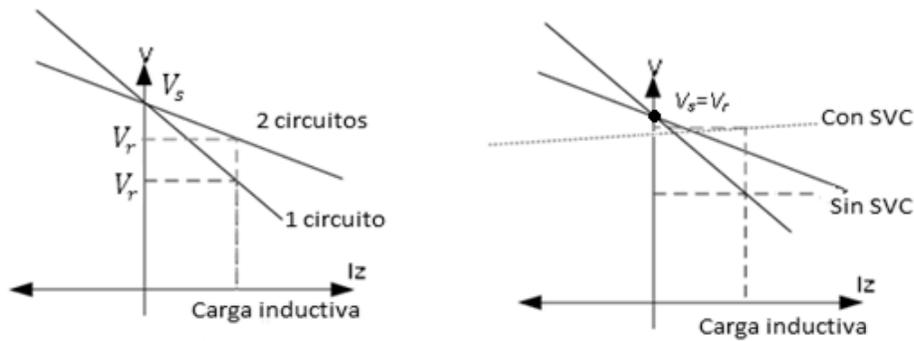


Figura 3.16 Comportamiento del SVC ante la salida de un circuito de transmisión.

Un SVC se conecta al sistema por medio de una conexión directa o por medio de un transformador de bajada. La utilización de este último tiene dos objetivos principales; poder conectar el SVC a barras de alta tensión, respondiendo a un criterio económico, y filtrar la corriente de la 3ª armónica que se produce por efecto del ángulo de disparo de los tiristores y por la presencia de resonancias en los bancos de condensadores del equipo. En la Figura 3.17 se observan ambas configuraciones.

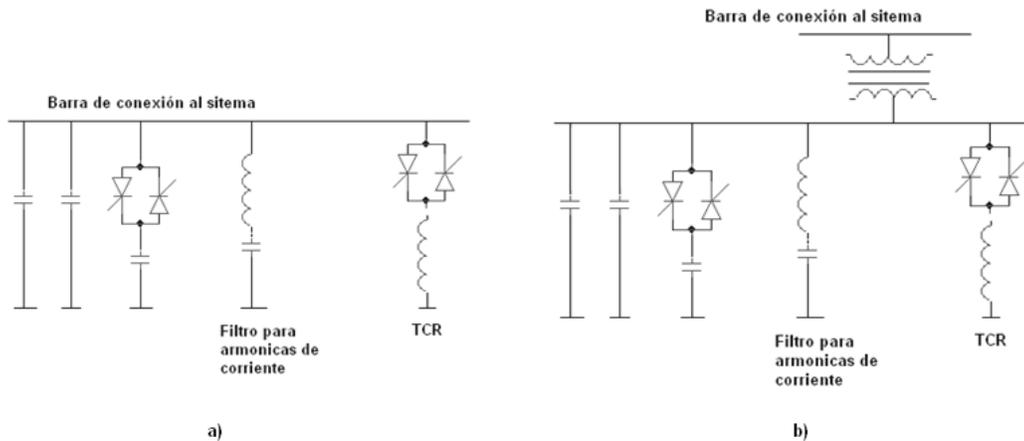


Figura 3.17 Esquemas de conexión del SVC. a) Configuración sin transformador de bajada, b) Configuración con transformador de bajada.

- **Configuración sin Transformador de Bajada.**

Para la configuración sin transformador de bajada, la expresión que representa la corriente por el SVC, en función de la tensión (V) del sistema y la susceptancia (B) del SVC B_{SVC} , es: [7]

$$\bar{I}_{SVC} = jB_{SVC}\bar{V} \quad (3.2)$$

Y la potencia reactiva, Q_{SVC} , inyectada por el SVC estará definida por:

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (3.3)$$

Según el número de bancos de condensadores conectados y ángulo de disparo de los TCR, se tiene:

$$B_{SVC} = B_{C1} + B_{C2} + B_{C3} + \dots + B_{Cn} + B_{TCR} \quad (3.4)$$

$$\text{Donde: } B_{C_n} = \omega C_n = 2\pi f C_n \quad (3.5)$$

En la Figura 3.18 (b) y (c) se muestra la operación característica, suceptancia, zonas de regulación y pendientes límites ideales del SVC para éste tipo de configuración TCR, en la cual se presentan los límites posibles tanto de inyección y absorción de reactivos.

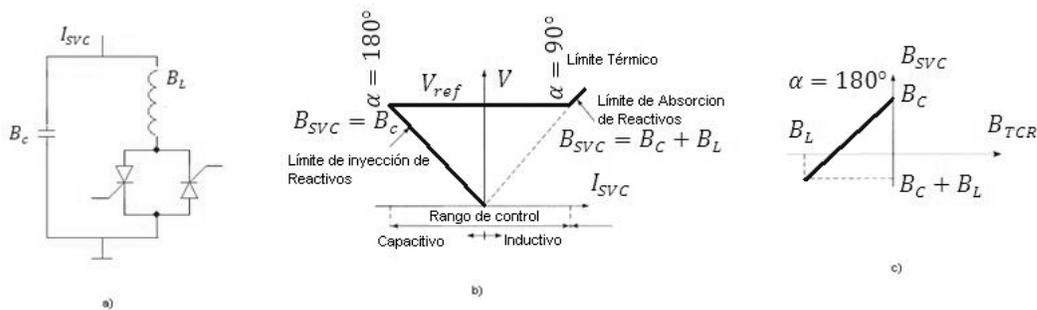


Figura 3.18 a) Esquema convencional del SVC sin transformador de bajada; b) Operación característica y c) Comportamiento de la suceptancia total.

Cuando la operación en sobretensión alcanza valores muy altos en el límite de absorción de reactivos, el control del SVC reacciona disminuyendo la circulación de corriente por los módulos TCR para no dañar las válvulas.

Donde B_{TCR} toma valor de cero para el ángulo de disparo $\alpha=180^\circ$ y toma el valor de B_L para ángulo $\alpha=90^\circ$. Con B_L se representa la suceptancia del reactor y B_C la suceptancia del banco de condensadores.

Las expresiones para la suceptancia del compensador para ésta configuración quedan expresadas como:

$$B_{SVC} = B_C \text{ para } \alpha=180^\circ \text{ y}$$

$$B_{SVC} = (B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{Cn}) + B_L \text{ para } \alpha=90^\circ$$

- **Configuración con Transformador de Bajada.**

Para la configuración con transformador de bajada, la susceptancia queda determinada por:

$$B_{SVC} = \frac{B\sigma(B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN} + B_{TCR})}{B\sigma + B_C + B_{TCR}} = \frac{1}{1 + \frac{B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN} + B_{TCR}}{B\sigma}} (B_C + B_{TCR}) \quad (3.6)$$

Donde B_σ corresponde a la susceptancia del transformador y B_{TCR} varía desde 0 hasta B_L y con los ángulos de disparo de 180° a 90° . De la ecuación se desprenden las siguientes expresiones para la susceptancia máxima y mínima, respectivamente:

- Para la susceptancia del compensador el límite de suministro de VAR's (capacitivo), con $B_{TCR} = 0$ y un ángulo de 180° es;

$$B_{SVC_max} = \frac{B\sigma(B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN})}{B\sigma + (B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN})} \quad (3.7)$$

- El límite de absorción de VAR's (inductiva) con $B_{TCR} = 0$ y un ángulo de 90° es;

$$B_{SVC_min} = \frac{B\sigma([B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN}] + B_L)}{B\sigma + (B_{C1} + B_{C2} + \dots + B_{CN}) + B_L} \quad (3.8)$$

Los límites de potencia reactiva que se pueden suministrar al sistema quedan definidos por las ecuaciones:

$$Q_{max} = -V_{max}^2 B_{min} \quad (3.9)$$

$$Q_{min} = -V_{min}^2 B_{max} \quad (3.10)$$

La curva de operación que se obtiene para el voltaje en el lado de baja tensión, para un valor fijo controlado, V_{ref} en la barra de alta tensión, se observa en la Figura 3.19.

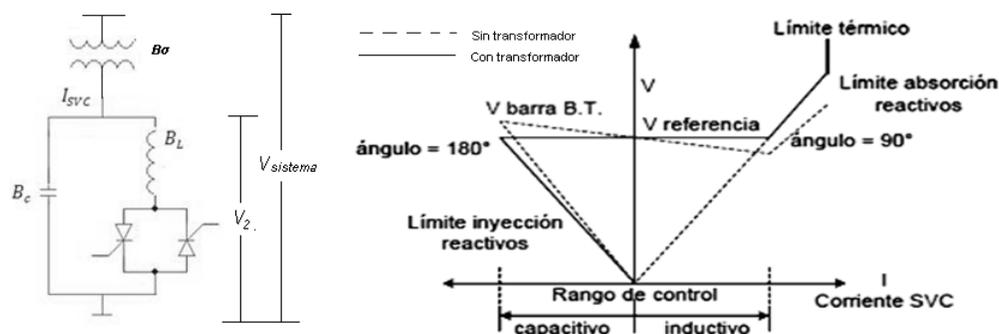


Figura 3.19 Curva de operación del SVC con transformador de bajada.

Se observa como el voltaje en el lado de baja tensión del transformador del SVC cae en el rango de operación de regulación a medida que la impedancia equivalente del SVC pasa de capacitiva a inductiva. Este comportamiento se debe a la presencia del transformador de bajada; en efecto, la pendiente toma el valor de la impedancia de éste. [7,13]

3.6 Propiedades generales de un SVC.

Como se indicó en el Capítulo 2, el SVC pertenece a la familia de los compensadores en derivación. Sus cualidades son las siguientes:

1. No requiere mayor mantenimiento, ya que no posee partes rotatorias asociadas.
2. Posee tiempos de respuesta rápidos, del orden de 2 ciclos de onda (33.33 ms).
3. El control de tensión puede ser independiente por fase.
4. Mínimas pérdidas asociadas a su operación.
5. Alta rentabilidad en comparación a la instalación de nuevas líneas de transmisión.
6. Capacidad de contribuir con reactivos durante fallas.

Sin embargo el SVC también presenta algunas desventajas.

1. Inherente generación de armónicos.
2. Fuera de los rangos de operación, el manejo de reactivos pasa a depender de las condiciones de tensión en el punto de conexión.

La contribución de reactivos durante una falla puede ser considerada una ventaja o una desventaja. Por un lado, puede mantener niveles de tensión aceptables durante

un cortocircuito. Sin embargo, aumenta los niveles de cortocircuito, en los puntos cercanos a la falla, requiriéndose protecciones adecuadas a estos requerimientos. [4, 7,13]

3.7 Aplicaciones del SVC.

Los compensadores se instalan para cumplir principalmente los siguientes requerimientos:

- Estabilizar la tensión dinámica
- Aumento de la capacidad de transferencia de energía
- Reducción de la variación de tensión
- Mejora de la estabilidad sincrónica
- Aumento de la estabilidad en régimen transitorio
- Equilibrio dinámico de la carga
- Soporte de la tensión en régimen permanente

Los SVC son diseñados de modo que se pueda variar la tensión del sistema en un rango de $\pm 5\%$ como mínimo. Los SVC pueden ubicarse en tres posiciones diferentes: junto a centros de carga importantes como son las grandes áreas urbanas, en subestaciones críticas, generalmente alejadas de la red, y en los puntos de alimentación de grandes cargas industriales o de tracción. [15].

La razón habitual para instalar un compensador en centros de carga es reducir el efecto de las perturbaciones de la red sobre las cargas sensibles. Puede tratarse de cortocircuitos y/o de la pérdida de líneas importantes de transmisión.

Los centros de carga pueden estar al final de una red radial o en un sistema mallado. La característica común de ambas ubicaciones es que las cargas están situadas lejos de grandes centrales eléctricas.

Un ejemplo de instalación en una red mallada es el SVC situado en la localidad noruega de Sylling, próxima a Oslo. Esta central tiene una potencia nominal de ± 160 MVAR y está conectada a un sistema de 420 kV en una subestación situada al sudoeste de la ciudad. Ver Figura 3.20. [16].



Figura 3.20 SVC de 420 kV en Sylling, Noruega.

Otro ejemplo de esta tecnología instalada son los SVC's que fueron colocados dentro de la red troncal de 765 kV en Venezuela dentro de la subestaciones la Horqueta, Figura 3.21, y San Gerónimo, las cuales cuentan con un compensador idéntico, respectivamente, con una capacidad inductiva máxima de 300 MVAR's y una capacidad máxima capacitiva de 280 MVAR's a una tensión de operación de 20 kV. [17].



Figura 3.21 Banco de capacitores del SVC dentro de la subestación la Horqueta, Venezuela.

3.8 Conclusiones.

Después del estudio y análisis del SVC, son evidentes los beneficios que se obtienen dentro de un sistema de transmisión con la implementación de un compensador de este tipo, la adecuada elección del tipo de SVC dependerá de los requerimientos del sistema y de los recursos con que se dispone. De una forma muy clara se pudo observar que el funcionamiento de los interruptores de estado sólido se encuentra por encima de los conmutadores mecánicos, pero no por ello suelen ser la mejor opción puesto que se deben hacer los cálculos y consideraciones pertinentes para la adecuada operación del sistema debido a la aparición de distorsiones en las señales de corriente y/o voltaje producidas por dichos interruptores electrónicos y otras posibles causas.

De una manera general es claro que, dentro de los distintos tipos de compensadores SVC, el TCR-TSC resulta ser la opción más viable, capaz de afrontar los distintos cambios dentro del sistema. La habilidad de conexión y desconexión de los capacitores facilita el ampliar el rango de potencia reactiva que puede ser inyectada al sistema de potencia.