

# Límites Admisibles de Operación

Juan Pérez y Nicolás Garrido

19 de junio de 2024

## 2.a) Definición de Límites Admisibles de Operación

Para definir los límites admisibles de operación de acuerdo con la **Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTCSS)**, es importante considerar los parámetros de calidad de servicio especificados para la operación de sistemas eléctricos de transmisión y distribución. A continuación, se resumen los límites típicos de operación basados en las normas comunes de calidad de servicio. Es posible que los límites específicos varíen ligeramente dependiendo de la normativa particular del país o región.

### Límites Admisibles de Operación

#### 1. Tensión (Voltaje)

- **Líneas de Transmisión (110 kV y superiores):**
  - Operación normal:  $\pm 5\%$  de la tensión nominal.
  - Operación de emergencia:  $\pm 10\%$  de la tensión nominal.
- **Líneas de Distribución (Menos de 110 kV):**
  - Operación normal:  $\pm 10\%$  de la tensión nominal.
  - Operación de emergencia:  $\pm 15\%$  de la tensión nominal.

#### 2. Frecuencia

- **Operación Normal:** 50 [Hz]  $\pm 0,2$ .
- **Operación de Emergencia:** 50 [Hz]  $\pm 1$  [Hz].

#### 3. Factor de Potencia

- **Mínimo Admisible:** 0.95 (tanto en operación normal como de emergencia).

#### 4. Distorsión Armónica Total (THD)

- **Para Tensión:** Máximo 5 % en barras de distribución.
- **Para Corriente:** Máximo 8 % en barras de distribución.

#### 5. Cortes de Servicio

- **Duración Admisible:** Dependiendo de la criticidad del servicio, los cortes deben ser mínimos y según los índices SAIDI y SAIFI especificados en la normativa local.

## Aplicación al Proyecto

### Límites para las Tensiones en las Barras

#### 1. Sistema 1 (Línea de Transmisión Simplificada)

- **Tensión Nominal:** 220 kV.
- **Operación Normal:** Entre 209 kV y 231 kV (0.95 pu - 1.05 pu).
- **Operación de Emergencia:** Entre 198 kV y 242 kV (0.90 pu - 1.10 pu).

#### 2. Sistema 2 (Sistema Complejo)

- **Tensión Nominal:** 220 kV.
- **Operación Normal:** Entre 209 kV y 231 kV (0.95 pu - 1.05 pu).
- **Operación de Emergencia:** Entre 198 kV y 242 kV (0.90 pu - 1.10 pu).

## Límites para Frecuencia y Factor de Potencia

- **Factor de Potencia:** No menor a 0.95.

Estos límites se utilizarán para evaluar el comportamiento de las tensiones y otros parámetros en las simulaciones de los sistemas eléctricos y determinar si se requiere alguna medida correctiva, como la compensación de reactivos o ajustes en la topología del sistema.

## 2.b) Modelamiento con Parámetros Concentrados

El modelamiento de una línea de transmisión con parámetros concentrados considera que todos los parámetros eléctricos de la línea (resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia) están agrupados en un único punto de la línea. Este tipo de modelamiento simplifica el análisis al representar la línea con un circuito equivalente sencillo.

En el modelamiento con parámetros concentrados, estos elementos se agrupan en secciones discretas, lo que simplifica el análisis pero puede ser menos preciso para líneas largas o de alta frecuencia.

## Modelamiento con Parámetros Distribuidos

En el modelamiento de parámetros distribuidos, los parámetros eléctricos de la línea (resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia) se distribuyen a lo largo de toda la longitud de la línea. Este modelo es más complejo y realista, especialmente para líneas largas, ya que considera la variación continua de estos parámetros a lo largo de la línea.

El modelo de parámetros distribuidos se describe mediante ecuaciones diferenciales que representan el comportamiento de la tensión y la corriente en función de la posición a lo largo de la línea y del tiempo.

## Diferencias entre Modelos de Parámetros Concentrados y Distribuidos

- **Precisión:** El modelo de parámetros distribuidos es más preciso para analizar líneas largas y de alta frecuencia, mientras que el modelo de parámetros concentrados es adecuado para líneas cortas y análisis simplificados.
- **Complejidad:** El modelo de parámetros concentrados es más simple y fácil de implementar, mientras que el modelo de parámetros distribuidos es más complejo y requiere el uso de ecuaciones diferenciales.
- **Aplicabilidad:** El modelo de parámetros concentrados se utiliza principalmente en estudios de redes de distribución y análisis básicos, mientras que el modelo de parámetros distribuidos se usa en el análisis detallado de líneas de transmisión largas y sistemas de comunicaciones.

## Modelamiento Utilizado por la Librería Pandapower

La librería **Pandapower** utiliza principalmente el **modelamiento con parámetros concentrados** para las líneas de transmisión. Esto se debe a que está orientada a la simulación y análisis de redes eléctricas de distribución y transmisión a nivel de sistema de potencia, donde se prioriza la simplicidad y eficiencia en el cálculo sobre el detalle absoluto de la distribución de parámetros.

## 4.d) Métodos para llevar a un estado normal el sistema

Existen varios métodos para llevar el voltaje de un sistema eléctrico a un estado normal cuando se encuentra fuera de los rangos aceptables. Aquí tienes tres métodos diferentes que no involucran capacitancia shunt o inductancia serie:

## Transformadores con Regulación de Tap (Tap Changers)

Los transformadores con reguladores de tap automáticos (OLTC - On Load Tap Changers) pueden ajustar el voltaje en una barra moviendo los taps del transformador mientras está en operación. Esto permite ajustar el voltaje de salida del transformador sin interrumpir el suministro de energía. **Ventajas:**

- Permite la regulación fina del voltaje.
- No requiere la desconexión del sistema.

## **Reguladores de Voltaje (Voltage Regulators)**

Los reguladores de voltaje son dispositivos que ajustan el voltaje en tiempo real para mantener un nivel de voltaje constante. Se pueden utilizar en la distribución para mantener los niveles de voltaje dentro de los límites deseados. **Ventajas:**

- Responde rápidamente a las variaciones de voltaje.
- Se pueden instalar en diferentes puntos de la red.

## **Inyección de Potencia Reactiva a través de Generadores Síncronos**

Los generadores síncronos pueden inyectar o absorber potencia reactiva, lo que ayuda a regular el voltaje en las barras del sistema eléctrico. Al ajustar el factor de potencia del generador, se puede controlar el flujo de potencia reactiva y, por ende, el voltaje.

**Ventajas:**

- Aprovecha los generadores existentes.
- Puede ser ajustado dinámicamente.