

Propuesta de Modificación Normativa:

- AT Exigencias Mínimas para el Diseño de Instalaciones de Transmisión (Compensación de Potencia Reactiva)
- AT Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito

25 de agosto de 2025

SUBGERENCIA DE PLANIFICACIÓN

CONTENIDO

<u>1</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>PROPUESTA DE MODIFICACIÓN – EXIGENCIAS MÍNIMAS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE TRANSMISIÓN</u>	<u>4</u>
<u>3</u>	<u>PROPUESTA DE MODIFICACIÓN – AT CÁLCULO DEL NIVEL MÁXIMO DE CORTOCIRCUITO</u>	<u>4</u>

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene una propuesta de modificación normativa asociada a la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS), en sus anexos técnicos “Exigencias Mínimas para el Diseño de Instalaciones de Transmisión” y “Cálculo del Nivel Máximo de Cortocircuito”.

Esta propuesta tiene por objetivo incorporar en la NTSyCS vigente las disposiciones necesarias para el adecuado desempeño de aquellas instalaciones AT/MT nuevas para evitar un déficit de compensación de potencia reactiva.

Adicionalmente, se propone incorporar en el AT una metodología de cálculo para las corrientes de cortocircuito que represente de forma más precisa el comportamiento en falla de las Instalaciones Basadas en Convertidores (IBR) interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Esta nueva metodología introduce una aproximación más precisa que la definida en el estándar IEC 60909-0, el cual asume que todas las instalaciones IBR inyectan su corriente máxima durante una falla, independientemente de las variaciones de tensión en sus respectivos Puntos de Conexión. Con la metodología propuesta, se busca evitar el sobredimensionamiento innecesario de equipos de maniobra, equipos de medida y protección y demás componentes sensibles al nivel de cortocircuito, contribuyendo así a la reducción de sobrecostos. No obstante, esta metodología permite obtener resultados suficientemente conservadores, ya que las corrientes de cortocircuito calculadas resultan mayores que las corrientes reales, dado que las condiciones consideradas para su determinación se basan en las establecidas en el estándar IEC 60909-0, las cuales son, por tanto, suficientemente exigentes.

También, es importante mencionar que esta metodología de cálculo está implementada en el documento “EREC G74” de 2021, publicado por la Energy Networks Association (ENA) del Reino Unido, cuyo objetivo es establecer un procedimiento destinado a situaciones que requieren mayor precisión en los cálculos, lo que puede aplicarse cuando los niveles de cortocircuito se encuentran próximos a las capacidades nominales de los equipos o cuando los estudios de cortocircuito se realizan con fines operativos.

Finalmente, la metodología propuesta se fundamenta en el estándar IEC 60909-0 y resulta plenamente compatible con éste, siendo equivalente en el caso en que se asuma que todas las tensiones en los Puntos de Conexión de las instalaciones IBR son iguales a cero.

Respecto de los requerimientos de compensación de reactivos en las subestaciones primarias de distribución existentes, para el suministro de clientes, el Coordinador identifica dos posibles alternativas para normalizar dichas instalaciones. Por un lado, la incorporación de un procedimiento reglamentario, que derive en la inclusión de obras en los decretos de expansión de la transmisión o través de un estudio específico que se defina en la norma técnica.

2 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN – EXIGENCIAS MÍNIMAS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE TRANSMISIÓN

A continuación, se presenta la propuesta de modificación del Anexo Técnico Exigencias Mínimas para el Diseño de Instalaciones de Transmisión, que tiene por objetivo incorporar en la NTSyCS vigente las disposiciones necesarias para el adecuado desempeño de aquellas instalaciones AT/MT nuevas para evitar un déficit de compensación de potencia reactiva.

ANEXO TÉCNICO: EXIGENCIAS MÍNIMAS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE TRANSMISIÓN

TÍTULO IV. EXIGENCIAS GENERALES DE DISEÑO

Artículo 12 Equipos de Compensación

Al término del artículo, agregar el siguiente inciso:

“Todo nuevo transformador de poder de una subestación primaria de distribución, para el suministro de clientes, deberá estar provisto de equipos de compensación de potencia reactiva, dimensionado para compensar el consumo interno de dicha potencia, inherente a su operación, de conformidad con las exigencias establecidas en la presente NT”.

3 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN – AT CÁLCULO DEL NIVEL MÁXIMO DE CORTOCIRCUITO

A continuación, se presenta la propuesta de modificación del Anexo Técnico: Cálculo del Nivel Máximo de Cortocircuito, con el objetivo de establecer una modelación más precisa de las Instalaciones Basadas en Convertidores (IBR). Se incorpora los nuevos artículos: 15°, 16°, 17° y 18°. En la sección DOCUMENTO TÉCNICO 1 se incluye actualización de la formulación de las ecuaciones para el cálculo de los cortocircuitos.

TÍTULO III. METODOLOGÍA

Artículo 15 (nuevo)

El cálculo de las corrientes de cortocircuito deberá considerar el aporte de las Instalaciones basadas en convertidores (IBR) que inyectan corriente reactiva durante una falla, contribuyendo así a la corriente de cortocircuito total. Esta contribución no deberá modelarse como una fuente de tensión detrás de una impedancia, como es habitual en máquinas sincrónicas y asíncronas, sino como una fuente de corriente controlada.

Dado que la contribución al cortocircuito de las Instalaciones IBR presentan un comportamiento no lineal y depende de las variaciones de la tensión en su Punto de Conexión al SI durante la ocurrencia de una falla, el sistema de ecuaciones que describe el cortocircuito en presencia de este tipo de instalaciones es inherentemente no lineal, por lo que su resolución requiere un enfoque iterativo.

Con el objetivo de evitar dicha resolución iterativa, el cálculo de las corrientes de cortocircuito deberá realizarse mediante una simplificación metodológica que permite una aproximación no iterativa de tres pasos:

- a) Paso 1: Determinación de las variaciones de tensión en los puntos de conexión al SI de las Instalaciones IBR, asumiendo una contribución nula por parte de estas instalaciones. Para este cálculo, se utilizará la ecuación establecida en la sección DOCUMENTO TÉCNICO 1. En el caso de fallas desbalanceadas, deberá aplicarse la formulación correspondiente, según lo indicado en dicha sección.

$$I_{CC3} = \frac{c \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_1|}$$

- b) Paso 2: Cálculo de la contribución de corriente de cortocircuito durante fallas por parte de las Instalaciones IBR, como función de las variaciones de tensión y de la característica individual corriente–tensión de cada una.
- c) Paso 3: Cálculo de la corriente de cortocircuito total, considerando la contribución a la corriente de cortocircuito de las Instalaciones IBR conforme a la ecuación establecida en la sección DOCUMENTO TÉCNICO 1.

$$I_{CC3F} = \frac{c \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_1|} + \frac{|Z_{IBRj}|}{|Z_1|} \cdot \sum_j \Delta I_{IBRj}$$

Esta simplificación metodológica asume que las variaciones de tensión en los Puntos de Conexión al SI están determinadas principalmente por las contribuciones a la corriente de cortocircuito de las maquinas rotatorias convencionales (síncronas y asíncronas), y que el efecto de las Instalaciones IBR sobre las variaciones de tensión es reducido.

TÍTULO IV. MODELACIÓN DE INSTALACIONES IBR

Artículo 16 (nuevo)

Las Centrales basadas en convertidores (IBR), deberán ser consideradas dentro del cálculo del nivel máximo de cortocircuito.

La contribución a la corriente de cortocircuito de las Centrales IBR debe modelarse mediante una relación corriente–tensión, la cual es no lineal debido a que la inyección de corriente de estas centrales suele estar limitada. Esta relación puede aproximarse mediante una función lineal sujeta a un límite superior para la inyección máxima de corriente:

$$\Delta I_{IBRj} = K_j \cdot \Delta u_j \quad : \text{ si } \Delta I_{IBRj} < I_{nomj}$$

$$\Delta I_{IBRj} = I_{nomj} \quad : \text{ en cualquier otro caso}$$

Donde:

ΔI_{IBRj} : contribución a la corriente de cortocircuito de la Central IBR j

Δu_j : variación de tensión en el Punto de Conexión de la Central IBR j

K_j : parámetro de planta (ganancia de inyección de corriente reactiva), que actúa como factor de ajuste para linealizar la relación corriente–tensión.

Como se describe en el Artículo 15 del presente Anexo, para calcular el aporte de la corriente de cortocircuito de las Centrales IBR, se deberá utilizar la simplificación metodológica que permite una aproximación no iterativa de tres pasos:

- a) Paso 1: Cálculo de las corrientes de cortocircuito y variaciones de tensión sin la contribución de las Centrales IBR.
- b) Paso 2: Cálculo de la contribución de corriente cortocircuito de las Centrales IBR, basada en las variaciones de tensión calculadas en el Paso 1.
- c) Paso 3: Cálculo de las corrientes de cortocircuito considerando la contribución de las Centrales IBR.

En el Paso 2, se debe evaluar la característica corriente–tensión de cada Central IBR conforme a lo establecido en los Artículos 3-6 y 4-5 del Anexo Técnico de Exigencias Mínimas de Instalaciones Basadas en Convertidores que se Conectan al Sistema Eléctrico Nacional, y calcular su aporte a la corriente de cortocircuito total.

Artículo 17 (nuevo)

Los enlaces HVDC del tipo LCC (Line Commutated Converter) deben ser tratados como componentes pasivos en el análisis de cortocircuito, lo que implica que no contribuyen a la corriente de cortocircuito.

Los enlaces HVDC del tipo VSC (Voltage Sourced Converter) son componentes activos y pueden contribuir a la corriente de cortocircuito del SI mediante la inyección de corriente reactiva. En general, los enlaces HVDC del tipo VSC deberán modelarse conforme a lo indicado en el Artículo 16 del presente Anexo.

Artículo 18 (nuevo)

Los dispositivos FACTS, como los STATCOM (Static Synchronous Compensator) son compensadores conectados en derivación al SI y equipados con convertidores controlados por tensión (VSC). Dependiendo de su tecnología, pueden ofrecer una capacidad de sobrecarga térmica de corto plazo de hasta tres veces su corriente nominal durante una falla. Los STATCOM deberán modelarse conforme a lo indicado en el Artículo 16 y Artículo 17 del presente Anexo, considerando su capacidad máxima de inyección de corriente reactiva durante falla.

En el caso de los Sistemas de Almacenamiento de Energía en base a Baterías (BESS), su interfaz de conexión al SI es equivalente a la de los STATCOM. Por lo tanto, su contribución a la corriente de cortocircuito deberá modelarse de la misma manera.

DOCUMENTO TÉCNICO 1: (actualización)

Las siguientes ecuaciones y definiciones deberán ser incorporadas en el AT,

Cortocircuito Trifásico:

$$I_{CC3F} = \frac{c \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot |Z_1|} + \frac{|Z_{IBRj}|}{|Z_1|} \cdot \sum_j \Delta I_{IBRj}$$

Cortocircuito Monofásico a tierra:

$$I_{CC1FT} = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot V_n}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|} + \frac{3 \cdot |Z_{IBRj}|}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|} \cdot \sum_j \Delta I_{IBRj}$$

Cortocircuito Bifásico aislado de tierra:

$$I_{CC2F} = \frac{c \cdot V_n}{|Z_1 + Z_2|} + \frac{\sqrt{3} \cdot |Z_{IBRj}|}{|Z_1 + Z_2|} \cdot \sum_j \Delta I_{IBRj}$$

Cortocircuito Bifásico a tierra:

$$I_{CC2FT} = \frac{\sqrt{3} \cdot |Z_2| \cdot c \cdot V_n}{|Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0|} + \frac{3 \cdot |Z_2| \cdot |Z_{IBRj}|}{|Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_0 + Z_2 \cdot Z_0|} \cdot \sum_j \Delta I_{IBRj}$$

Donde:

ΔI_{IBRj} : Corriente de cortocircuito de secuencia positiva inyectada por la Instalación IBR en la Barra j .

Z_{IBRj} : Impedancia mutua de secuencia positiva entre la Instalación IBR y el punto de falla.