

Condición de interconexión de generación renovable



MOELLER & POELLER ENGINEERING

www.moellerpoeller.de/www.moellerpoeller.co.uk

Propósito de un código de red

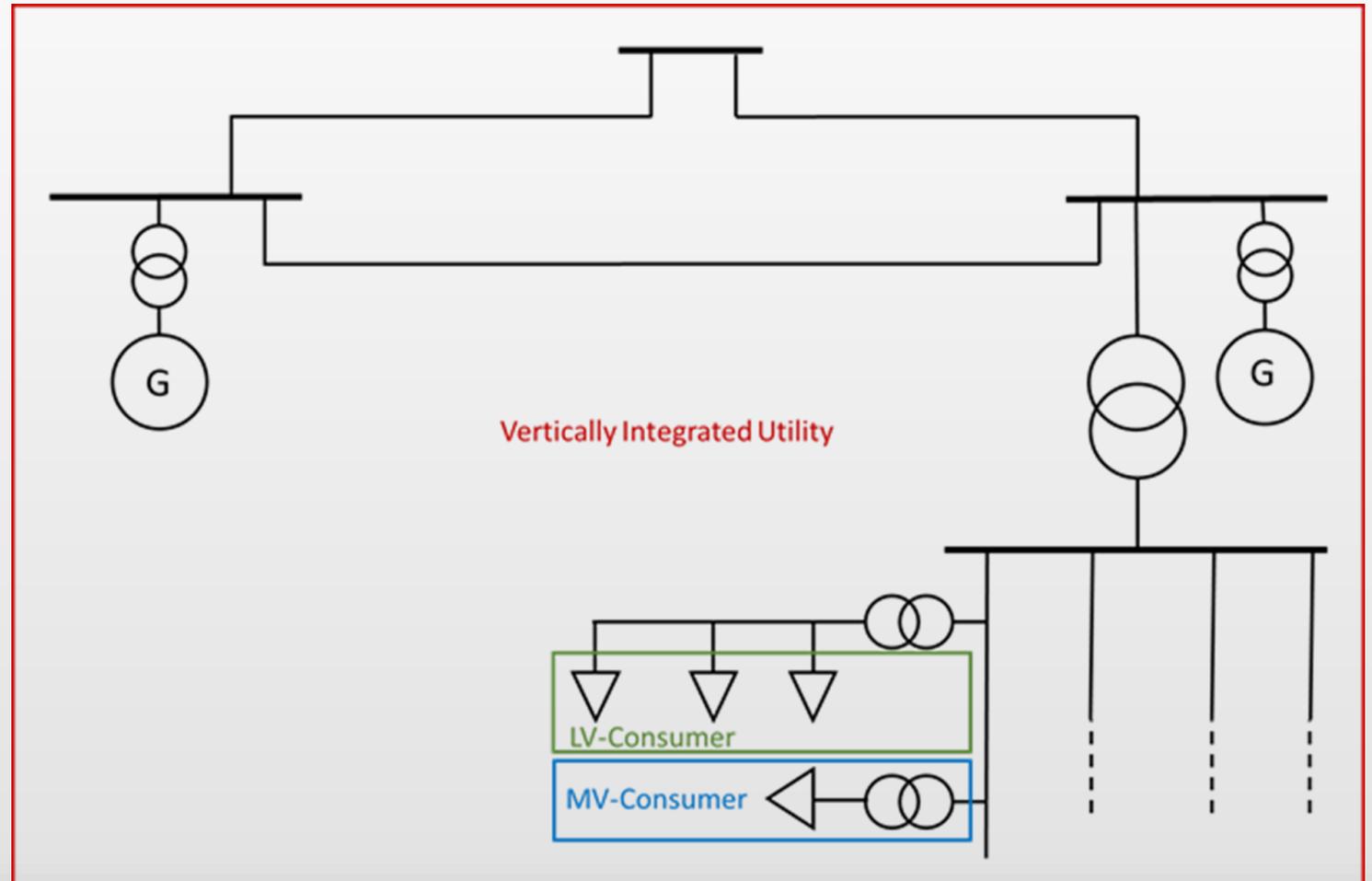
Estructura de una empresa verticalmente integrada

Una sola empresa esta responsable :

- Generación
- Transmisión
- Distribución

Planificación integrada:

- Generación
- Transmisión
- Distribución



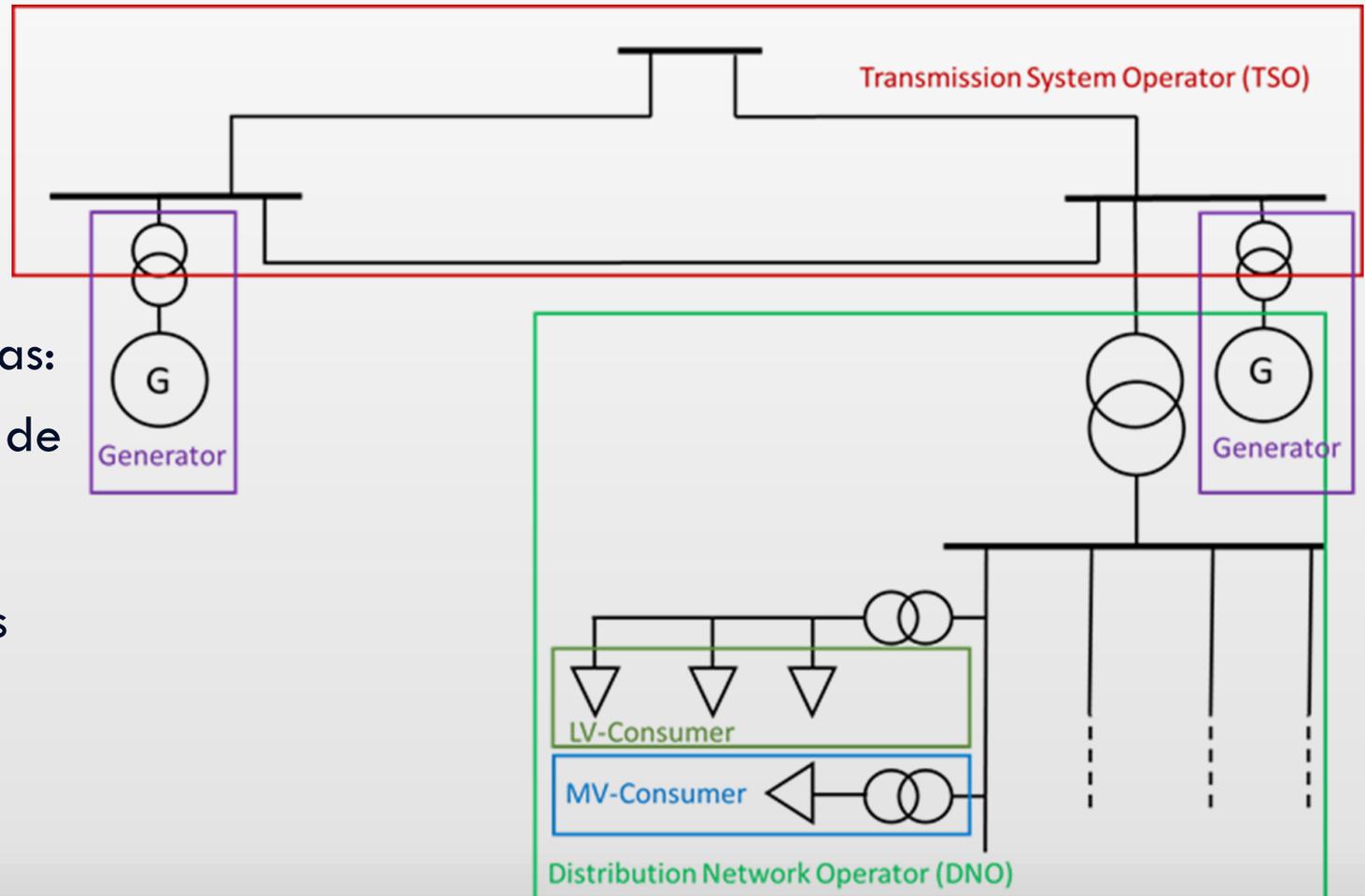
Estructura Unbundled

Diferentes organismos son responsables para:

- Generación
- Transmisión
- Distribución

Responsabilidades compartidas:

- Se requiere una definición de los interfaces entre los organismos
- El código de red define los interfaces entre y las responsabilidades de los organismos



Estructura ejemplo (The Grid Code/U.K.)

- ▣ Planning Code
- ▣ **Connection Conditions**
- ▣ Compliance Processes
- ▣ Operating Codes
 - ▣ Demand Forecasts
 - ▣ Operational Planning and Data Provision
 - ▣ Testing and Monitoring
 - ▣ Demand Control
 - ▣ System Tests
- ▣ Balancing Codes
- ▣ Data Registration Code

Requisitos técnicos de interconexión

Objetivos y restricciones para los requisitos técnicos

- El objetivo principal es, que se mantiene la operación del sistema seguro.
- El costo de la generación renovable no se debe aumentar por requisitos innecesarios.

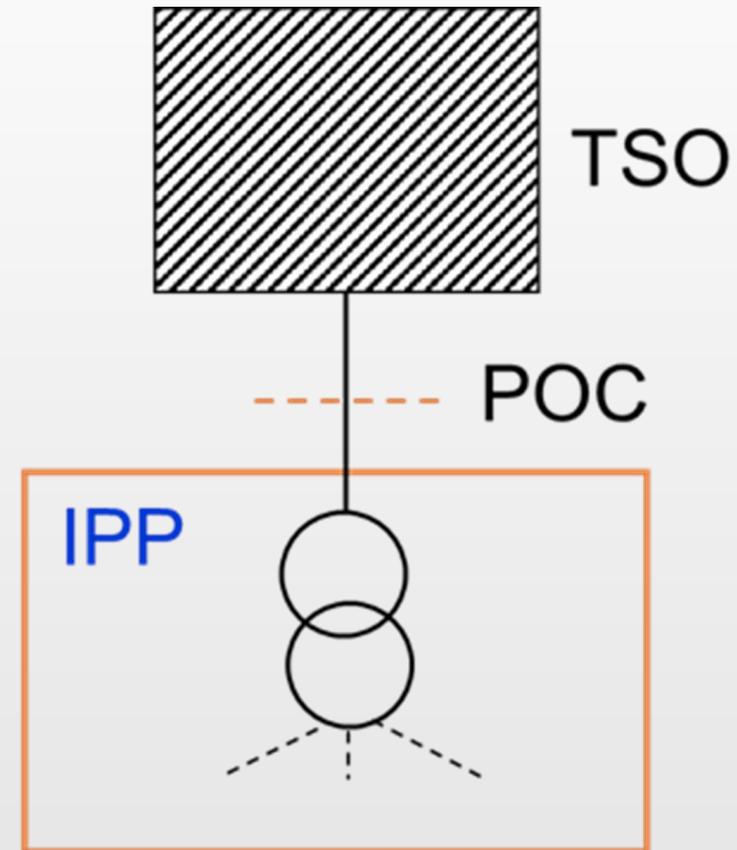
Razones por lo cual se aumentan los costos para los sistemas renovables:

- Requisitos muy específicos que requieren un desarrollo de nuevas turbinas o inversores.
- Requisitos que desvían de las practicas internacionales.
- Requisitos muy exigentes en comparación del tamaño del proyecto.

Definiciones básicas

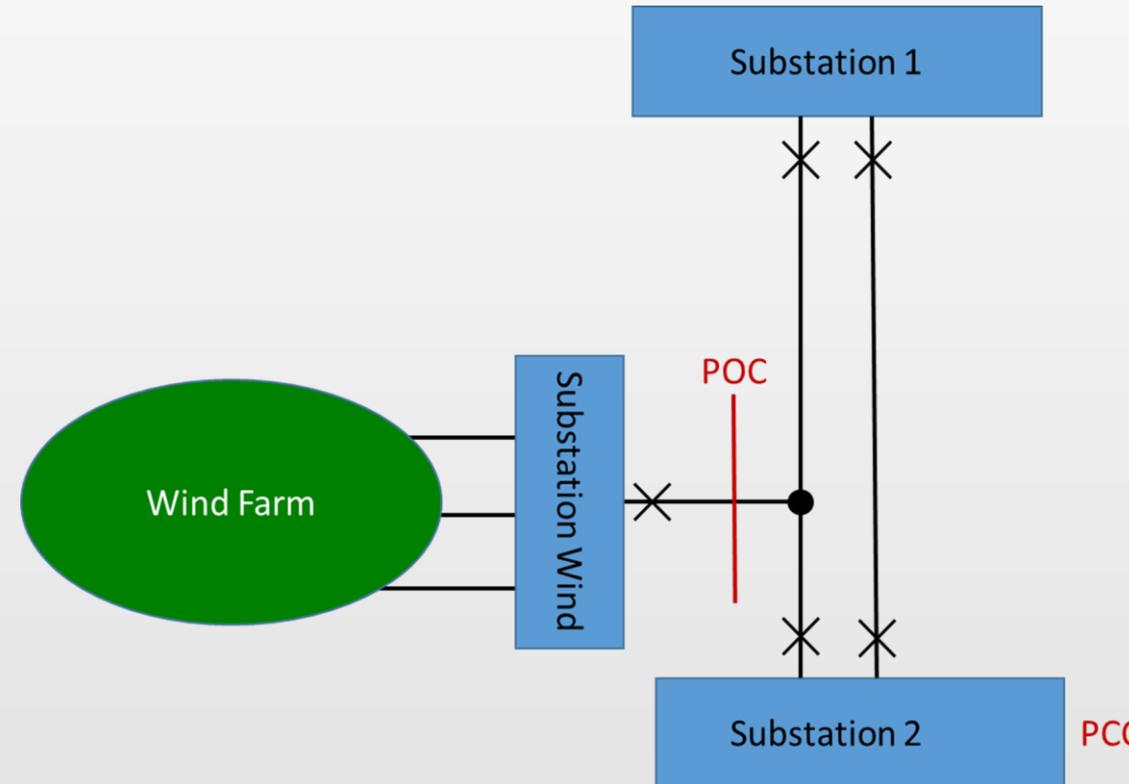
Punto de conexión (ingl. POC)

- El POC es el punto donde la planta es físicamente conectada con la red.
- El POC es en el mismo momento de la interface de operación entre el productor y operador del sistema.



Punto de conexión común (PCC)

- PCC es el punto más cercano a cuál otros usuarios (generadores y consumidores) están conectados o se podrían conectar.
- En la mayoría de los casos
 - El POC y PCC están idénticos .
 - El PCC es el “interface” con otros usuarios de la red.
 - El PCC es sobre todo relevante para aspectos de la calidad la tensión.



Rangos de operación para la frecuencia y el voltaje

Rangos de operación de la frecuencia

- La frecuencia es la misma en todo el sistema de potencia sincronizado (excepto: oscilaciones de potencia)
- En consecuencia, los rangos de operación deben estar aliñado para todos los tipos de generación (síncronos y no-síncronos)

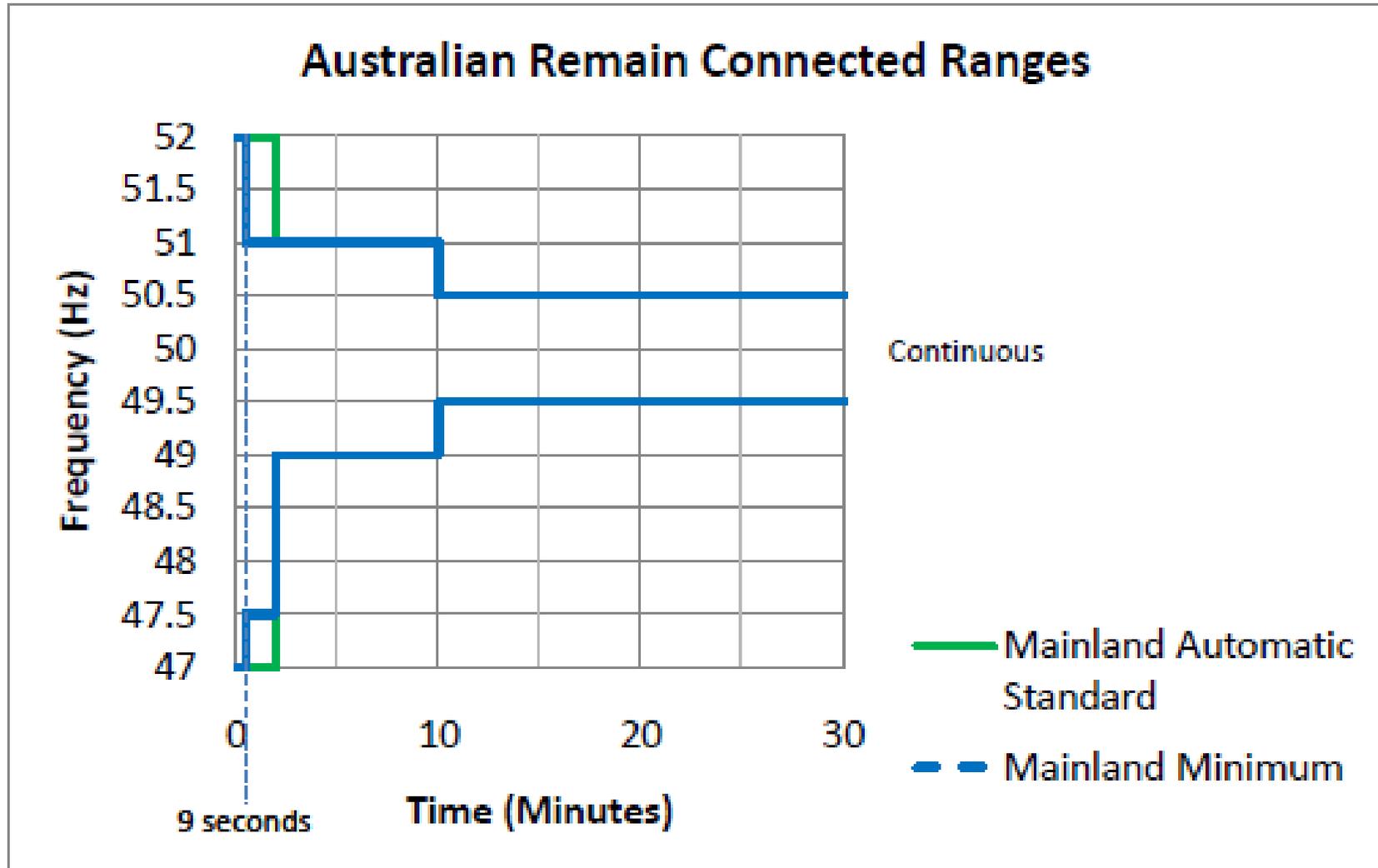
Definiciones requeridas:

- Rangos de frecuencia en condiciones normales de operación del sistema: sin restricciones (P y Q)
- Rangos de frecuencia en condiciones no normales: restricciones permitidas

Consideraciones específicas para generación renovable:

- “sin restricciones” se refiere a la energía primaria disponible y no a la potencia nominal

Rangos de operación de la frecuencia – Australia



Generación síncrona:

- Amplios rangos de frecuencias implican amplios rangos de operación de toda la turbina. Por lo tanto, el impacto a los costos es relativamente alto.

Generación no-síncrona :

- Porque la velocidad del generador de una planta eólica esta desacoplado de la frecuencia, el impacto al costo para operar en amplios rangos de frecuencia es relativamente bajo.

Rangos de operación del voltaje.

- Los requisitos de rangos de operación del voltaje deberían estar en línea con los correspondientes requisitos para la generación síncrona.

- Distinguir entre:
 - Una operación no restringida y
 - La desconexión no es permitida

- Además, se debe distinguir entre:
 - Operación normal (continua, sin límite de tiempo)
 - Operación no normal / de emergencia (con límites de tiempo, per ejemplo 10 minutos después de una avería en el sistema)

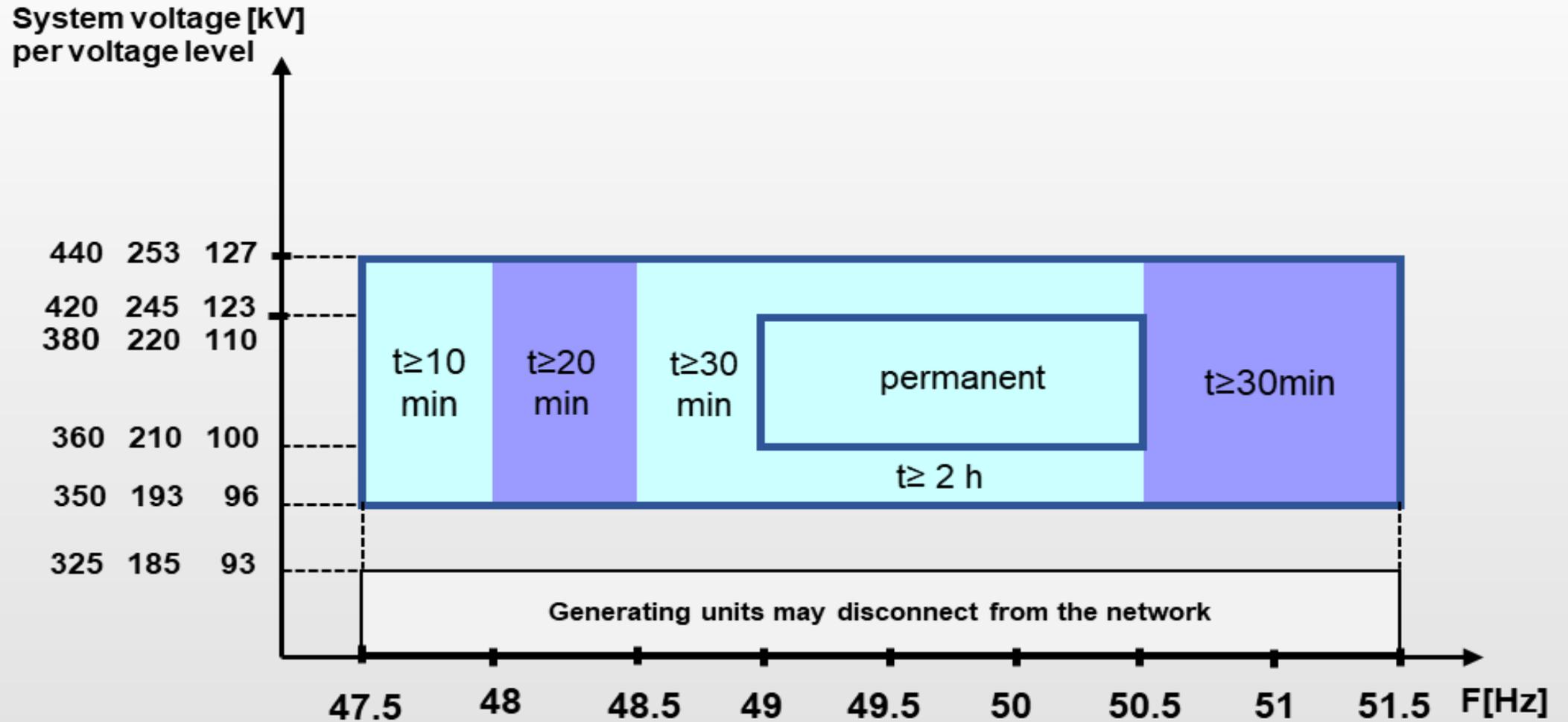
- Generalmente es técnicamente factible y el impacto del costo es bajo, mientras se puede operar el equipo dentro de los límites de máxima operación continua de la IEC.
- En parques de alta tensión, el cambiador de tomas (ingl. tap changer) del transformador principal regula el voltaje en los parques eólicas/fotovoltaicas -> Los límites de voltaje solo tienen un impacto a los requisitos para el cambiador de tomas.
- En parque de media tensión no se usan cambiadores de toma:
 - El impacto al costo depende de los requisitos de potencia reactiva, p.ej. La operación en el punto más sobreexcitado y con la máxima tensión en el POC requiere dentro del parque de generación renovable voltajes por encima de los límites del IEC.
 - Muy bajos límites de “operación sin restricciones” pueden requerir corrientes más altos.

Rangos del voltaje y seguridad del sistema



- La definición correcta de rangos de voltaje es esencial para la operación segura del sistema.
- Especialmente se debe definir los rangos de “operación sin restricción” amplio (sobre todo para P) para evitar efectos de cascada durante condiciones anormales del sistema.
- Para cortos disturbios se deben definir requisitos de soporte a huecos de tensión.

Ejemplo del Código de Transmisión de Alemania



Cualidad del suministro de energía

Cualidad de energía – aspectos principales



Aspectos principales:

- Cambios rápidos de tensión por actividades de conmutación
- Flicker
- Armónicos

Cambios rápidos de la tensión se observan en los siguientes casos:

- Energización/De- Energización de una planta de generación renovable (p.ej. Energización)
- Conectar/desconectar aerogeneradores individuales o inversores solares.
- Actividades de conmutación de dispositivos de compensación reactiva.

Los requisitos deberían distinguir entre:

- Conmutaciones durante operación normal (p.ej. Conectar/desconectar aerogeneradores individuales, conmutación de dispositivos der compensación)
- Energización/De- Energización

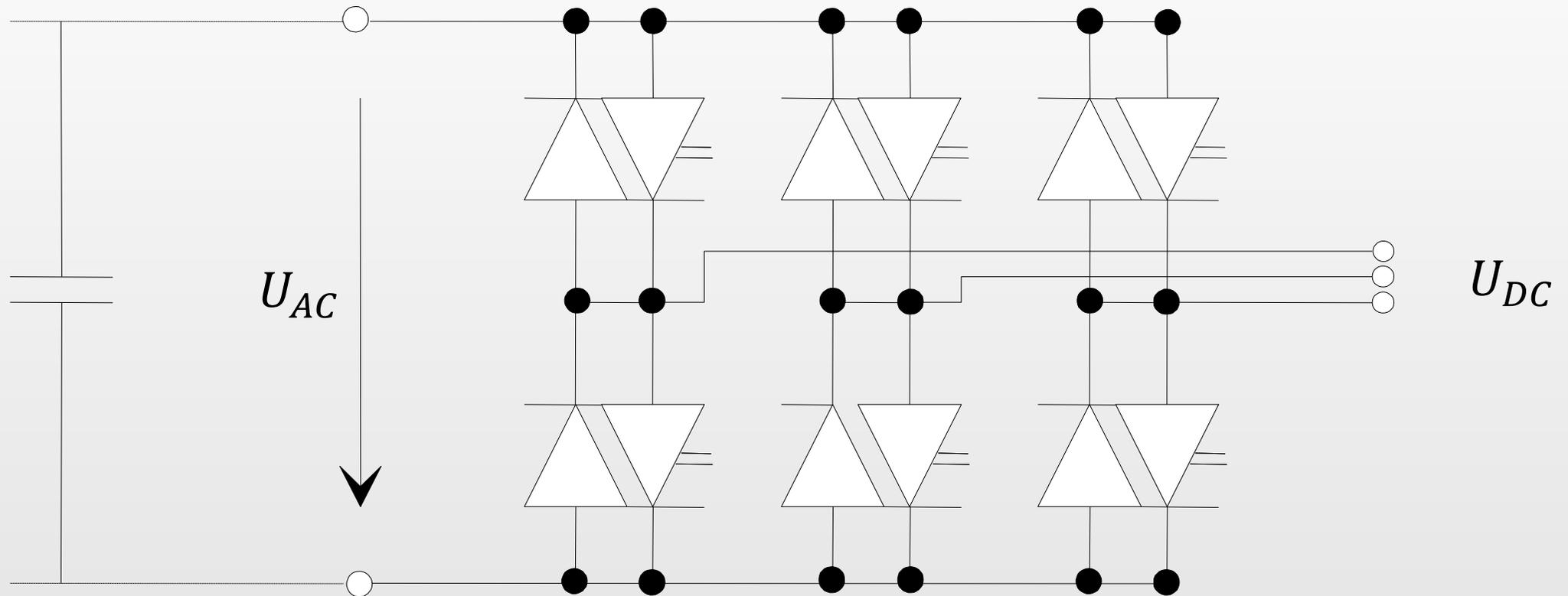
Flicker causados por actividades de conmutación

- Aerogenerador se conectan automáticamente cuando $v_w > v_{cutin}$
 - Aerogeneradores de velocidad variable: casi no tienen impacto
 - Aerogeneradores de velocidad fija: Pueden causar unos cambios fuertes de voltaje.

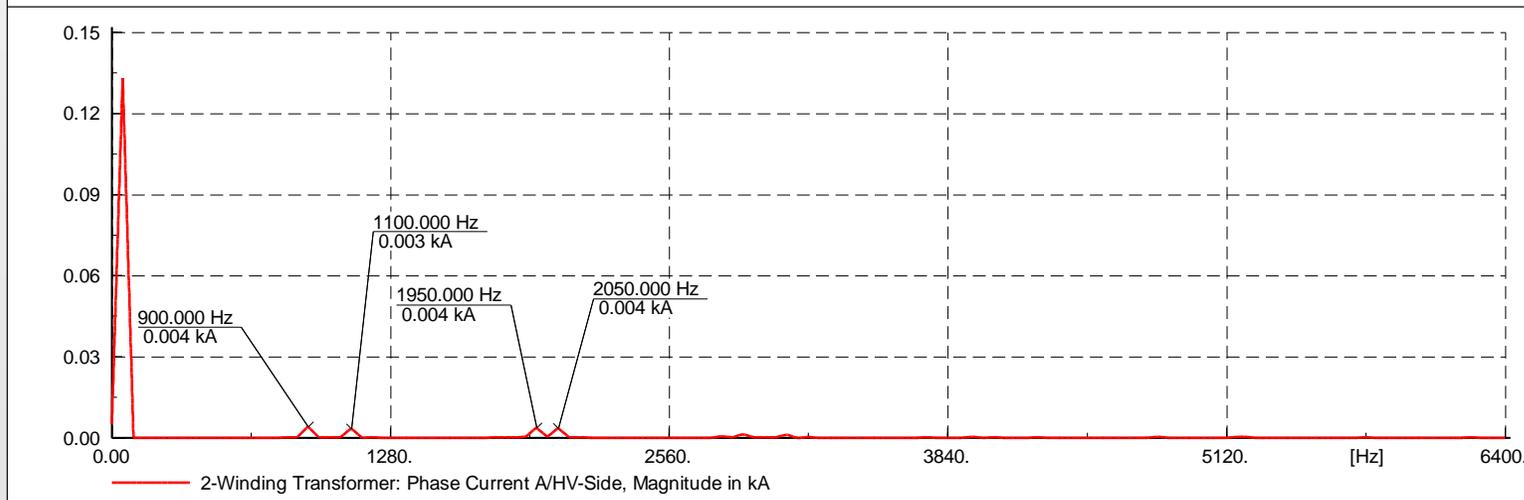
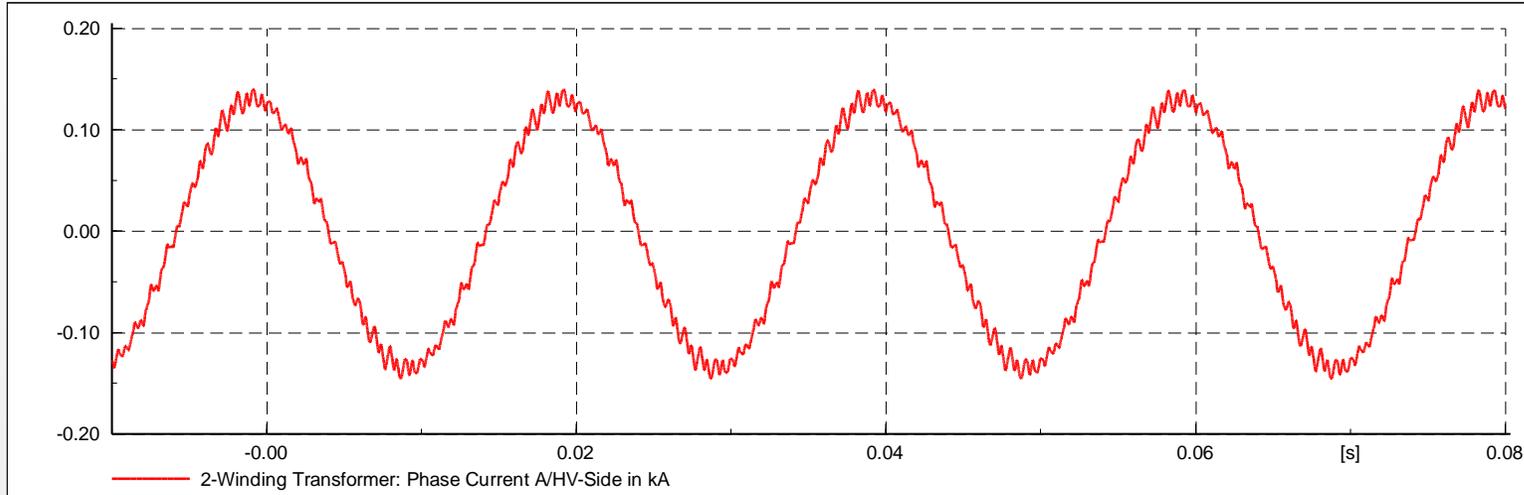
- La energización de un transformador y de los cables causa cambio de voltaje más altos:
 - Energización del transformador del aerogenerador
 - Energización del transformador principal
 - Pero son eventos únicos, no repetitivos => relevante para cambios rápidos del voltaje, pero no para flicker.

- Causas para los harmónicos son:
 - Convertidores de potencia eléctrica:
 - Con conmutación de líneas (Tiristores) => Armónicas de orden inferior
 - Convertido de control por modulación de anchura de impulsos (ingl. PWM) => Armónicas de orden superior.
 - Saturación del generador y transformador.

Convertidor con IGBTs

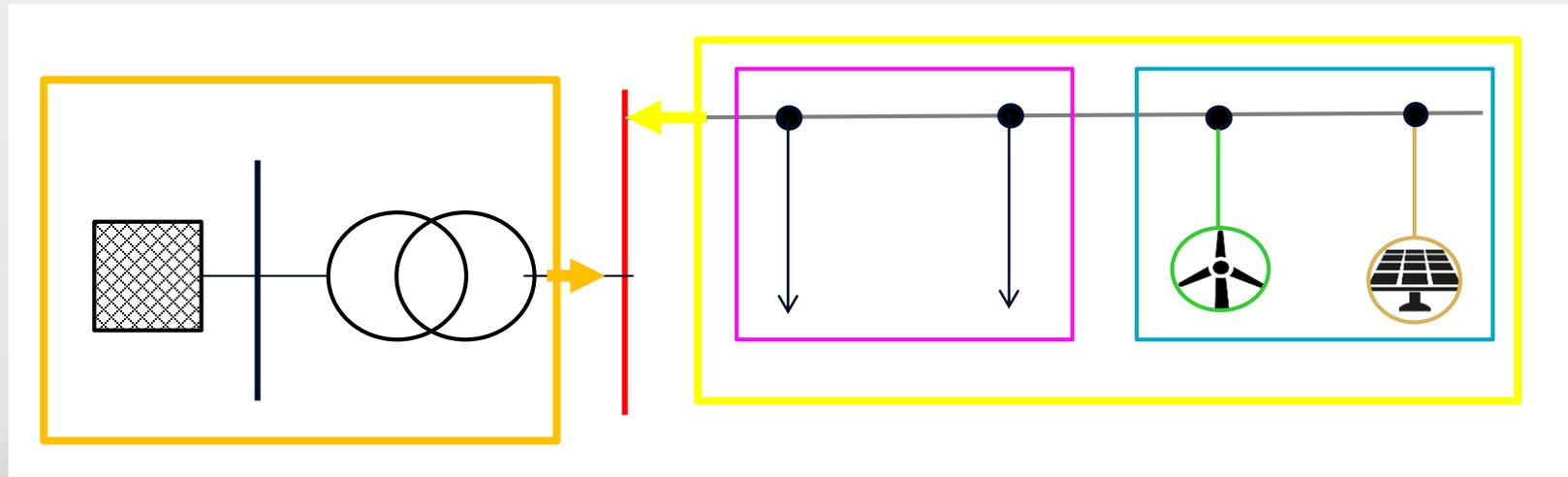
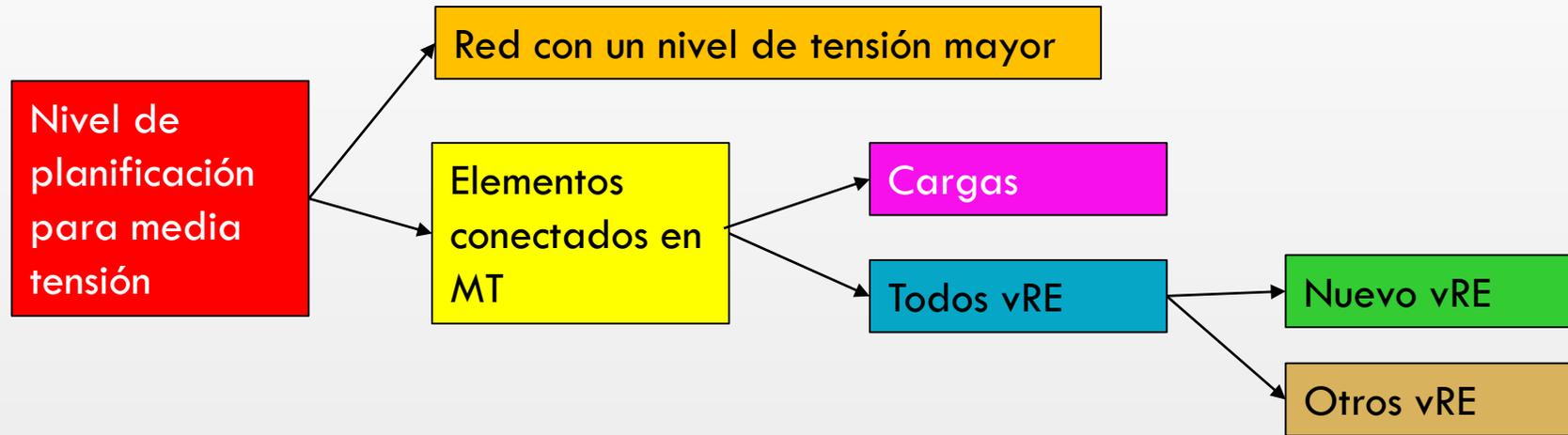


Convertidor con IGBTs (PWM)



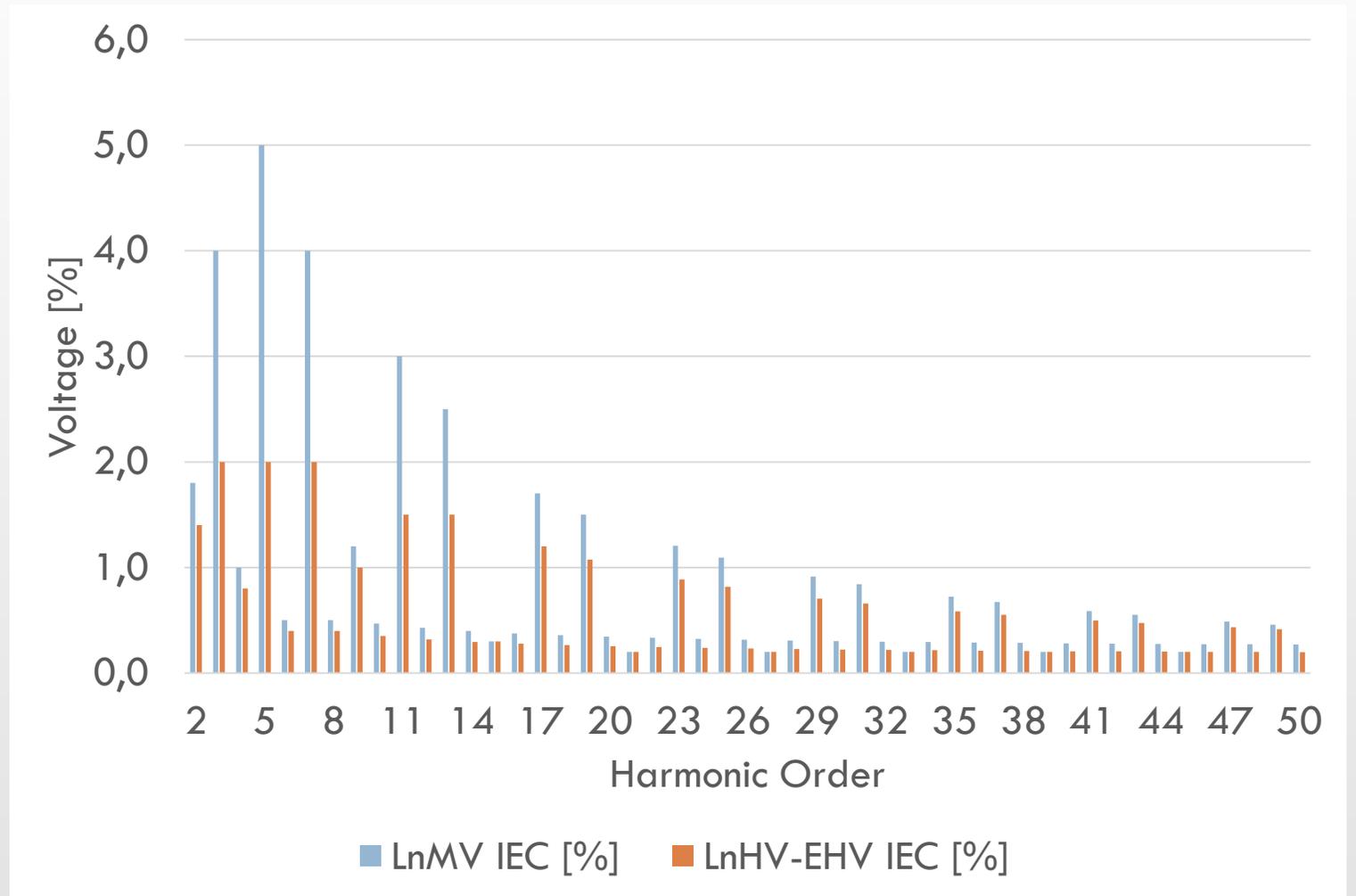
DgSILENT	Wind Power Training	Currents	Date: 10/5/2003
			Annex: 1 / 4
PWM-converter			

Distribución de los límites armónicos (EC61000-3-6)



Distribución entre MT y AT

- La IEC 61000-3-6 define niveles indicativos de planificación para MT y AT para cada orden armónico.
- Los niveles de planificación determinan la máxima distorsión del voltaje armónico para cada orden armónico.

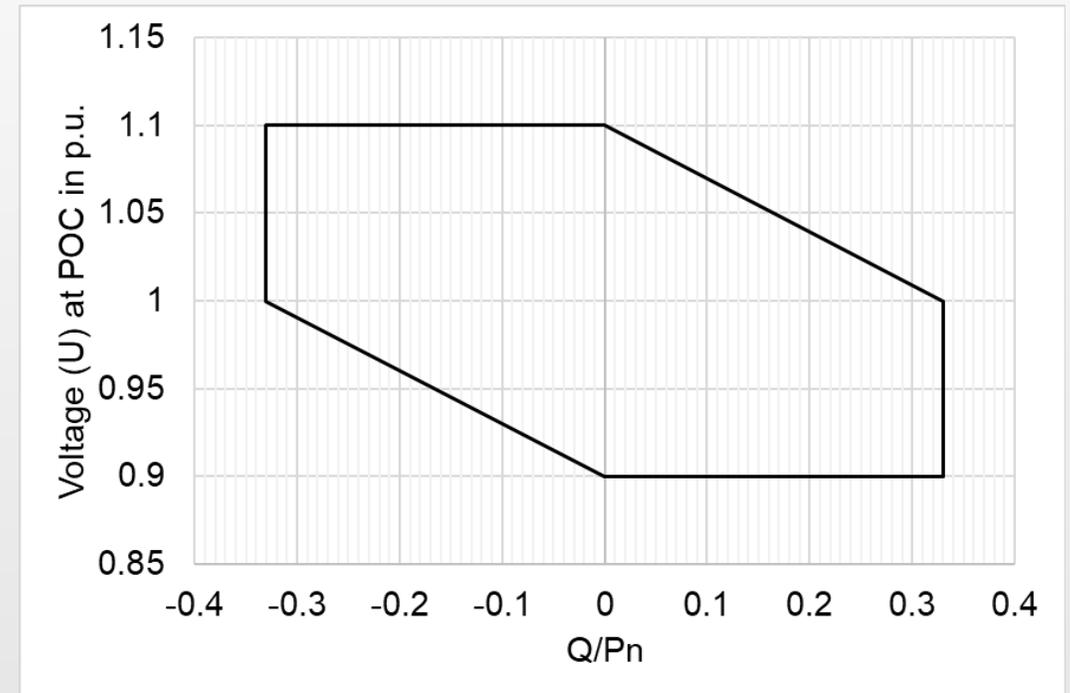


- Restricciones por cambios rápidos de voltaje normalmente limitan la proporción Corto-Circuito (ingl. SCR = short circuit ratio), que se requieren para conectar plantas de generación renovable.
- Flicker continuo es normalmente de baja relevancia, siempre y cuando se usa convertidores aprobados (generación eólica y fotovoltaica)
- Los límites armónicos requieren un procedimiento adecuado de asignación por parte de los operadores del sistema. El método propuesto por la IEC61000-3-6 puede definir límites de emisión de armónicos muy bajos, que son pocos realistas.

Capacidades de potencia reactiva

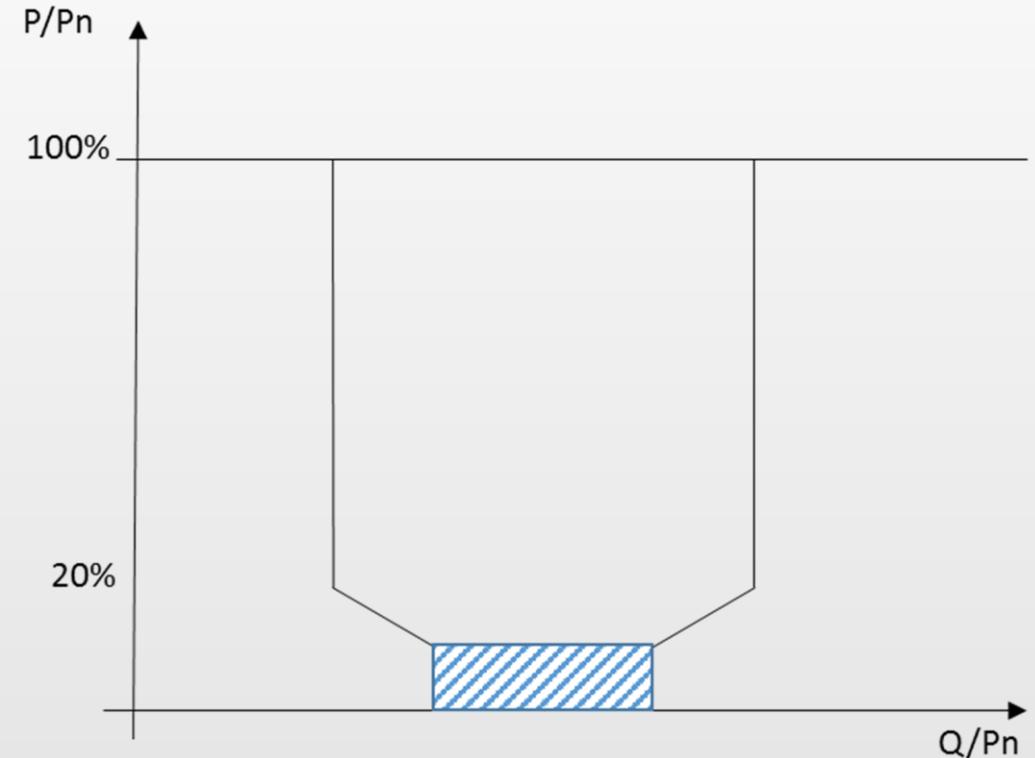
Requisitos P-U

- Típica definición de una característica de potencia reactiva/activa y voltaje
- **Aplicable a condición de máxima carga ($P=P_n$)**
- La planta debe proveer una cobertura continua en toda el área de operación.



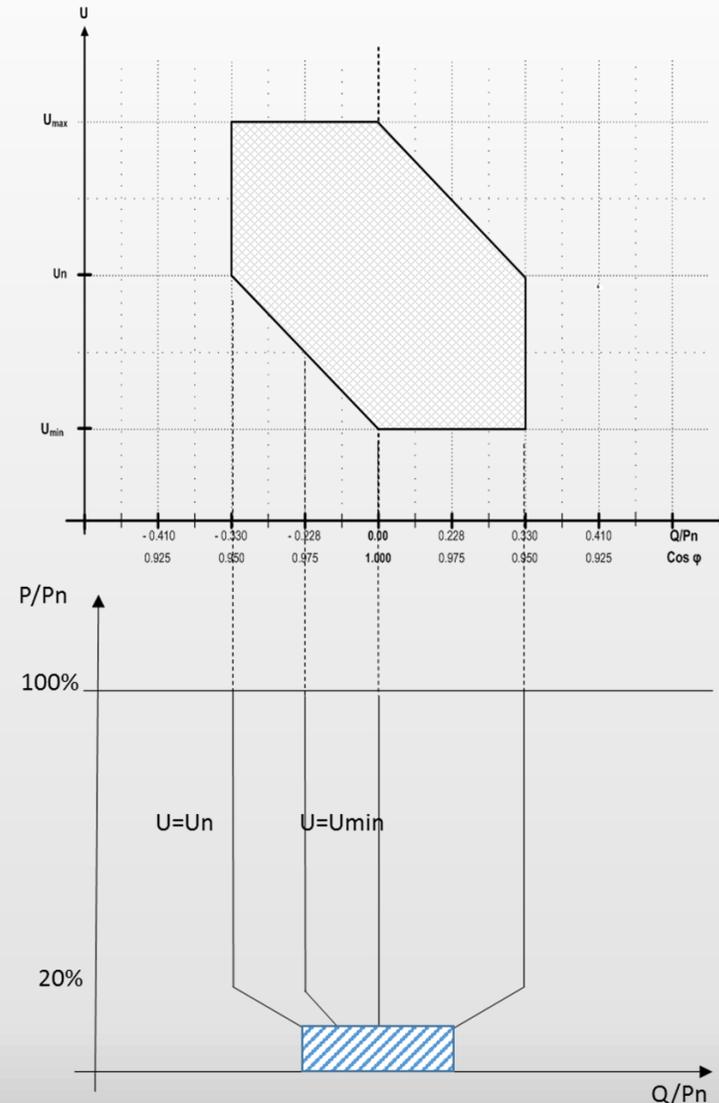
Requisito P-Q

- Típica definición de un requisito P versus Q.
- La característica PQ se aplica a la tensión nominal.
- Las plantas operadoras deben estar capaz de operar en toda el área de forma continua.
- En el área debajo de P_{min} (área rayada) la potencia reactiva debe estar en los rangos tolerados, pero sin el requisito de una cobertura continua.



Requisito P-Q-U

Ambos diagramas previamente descritos son necesarios para especificar el requisito para todo el rango de operación de la potencia active, reactiva y de voltaje.



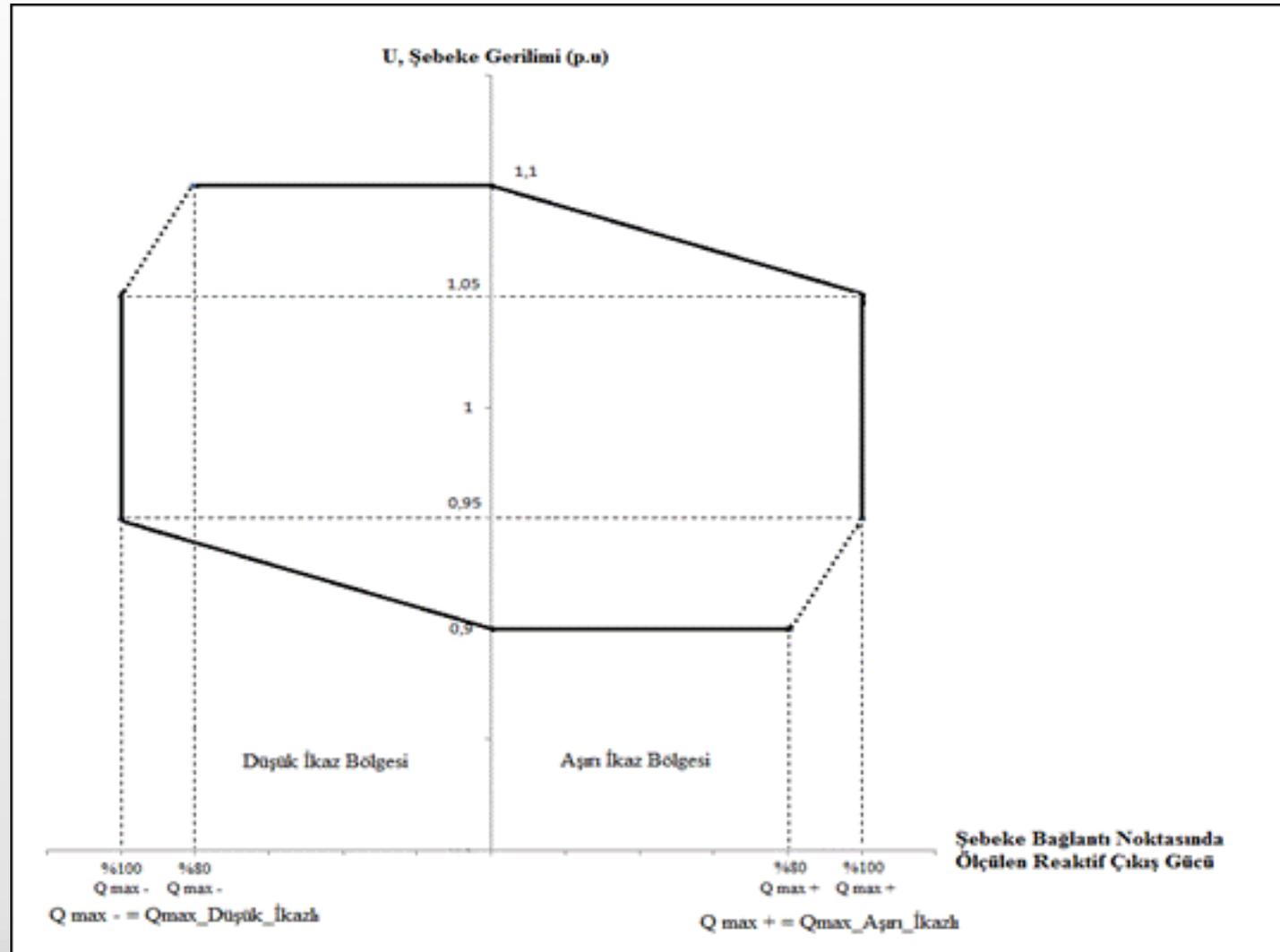
Impacto de costo para una planta de energías renovables

- Capacidades de potencia reactiva requieren convertidores de energía más grandes.
- Suministrar mucha energía reactiva (bajo factor de potencia) aumenta las pérdidas internas de un parque.

Compensación de potencia reactiva por planta o el sistema de potencia:

- Generalmente plantas o el sistema de potencia pueden proveer potencia reactiva.
- Muchas veces proveer potencia reactiva por el sistema de potencia es más costo eficiente porque se puede instalar los sistemas de compensación en el sitio que se requieren y por efectos de escalamiento.

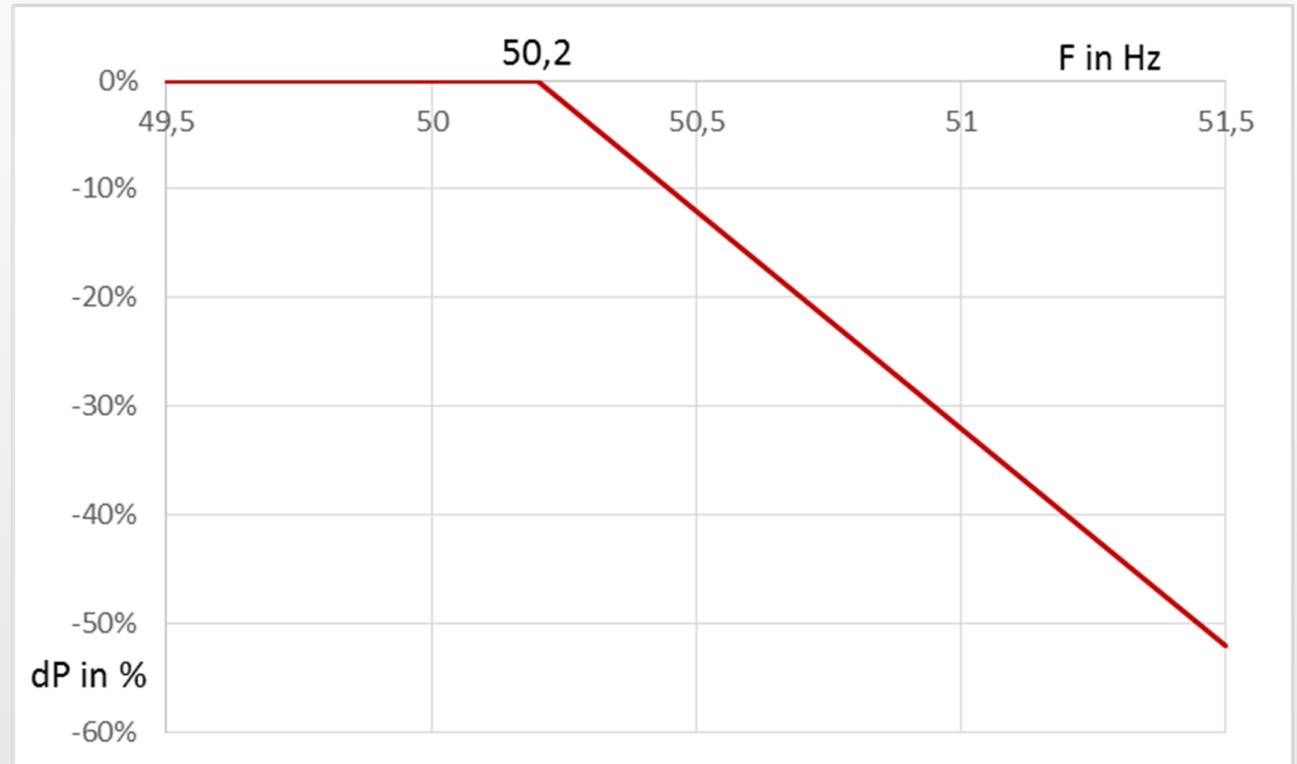
Turquía – Voltaje vs. Potencia reactiva



Control de frecuencia

Respuesta ante alta frecuencias

- Función de limitación de la potencia activa
- Respuesta ante altas frecuencias en caso de frecuencias anormales.



Control primario y secundario con vRE - resumen

- El control primario y secundario de la frecuencia es posible con vRE
- Para proveer reserva positiva es necesario limitar la generación de vRE.
- En la mayoría de los países, solamente plantas de energías renovables muy grandes deben tener la “capacidad” de proveer control de la frecuencia primaria. P.ej. En Reinos unidos plantas con 50MW+ y Alemania 100MW+.
- En comparación con plantas convencionales limitar la potencia activa no resulta en un ahorro de los costos de generación, porque el “combustible” de generación renovable no tiene costo.
- Limitación de la potencia activa equivale a energía no suministrada.

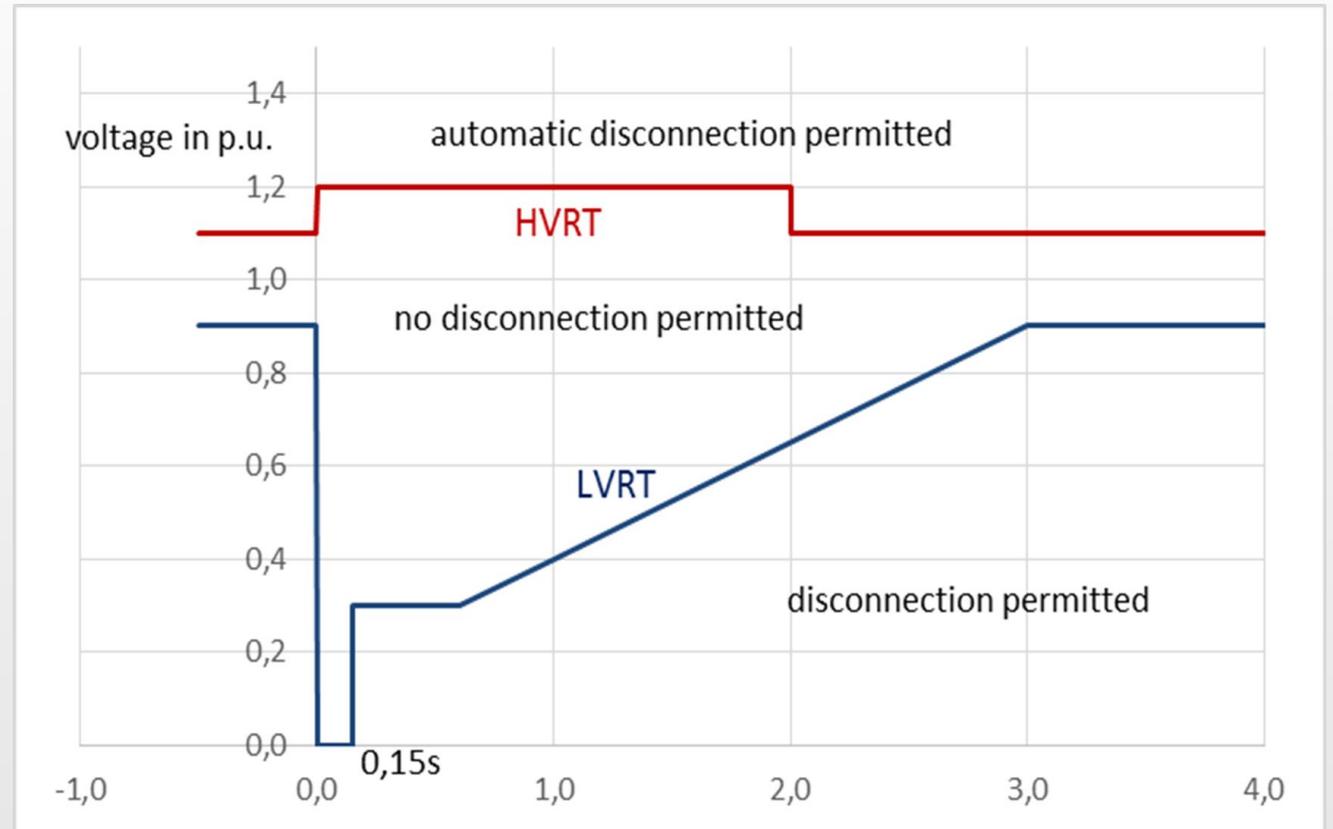
Control primario y secundario con vRE - resumen

- La inversión en sistemas de almacenamiento aumenta el costo de inversión y puede tener como consecuencia que el proyecto resulte ser económicamente no factible.
- En general se debe proveer control de la frecuencia primaria por generadores de combustibles fósiles.
- Solo en el caso que la generación convencional no puede proveer suficiente reserva primaria, la generación renovable debe proveerla.
- La práctica internacional es, que toda la generación renovable provee soporte de frecuencias cuando se observan muy altas frecuencias en el sistema, p.ej. En condiciones de emergencia y no bajo condiciones normales.

Comportamiento durante falla en el sistema

Suporte a huecos de tensión

- Soporte a huecos de baja tensión (LVRT, Low Voltage Ride Through)
- Soporte a huecos de alta tensión (HVRT, High Voltage Ride Through)
- En caso de que el voltaje se mantiene en los rangos inferiores y superiores no se permite que desconecten los generadores.
- En el caso que el voltaje es fuera de los rangos, el generador puede desconectarse.



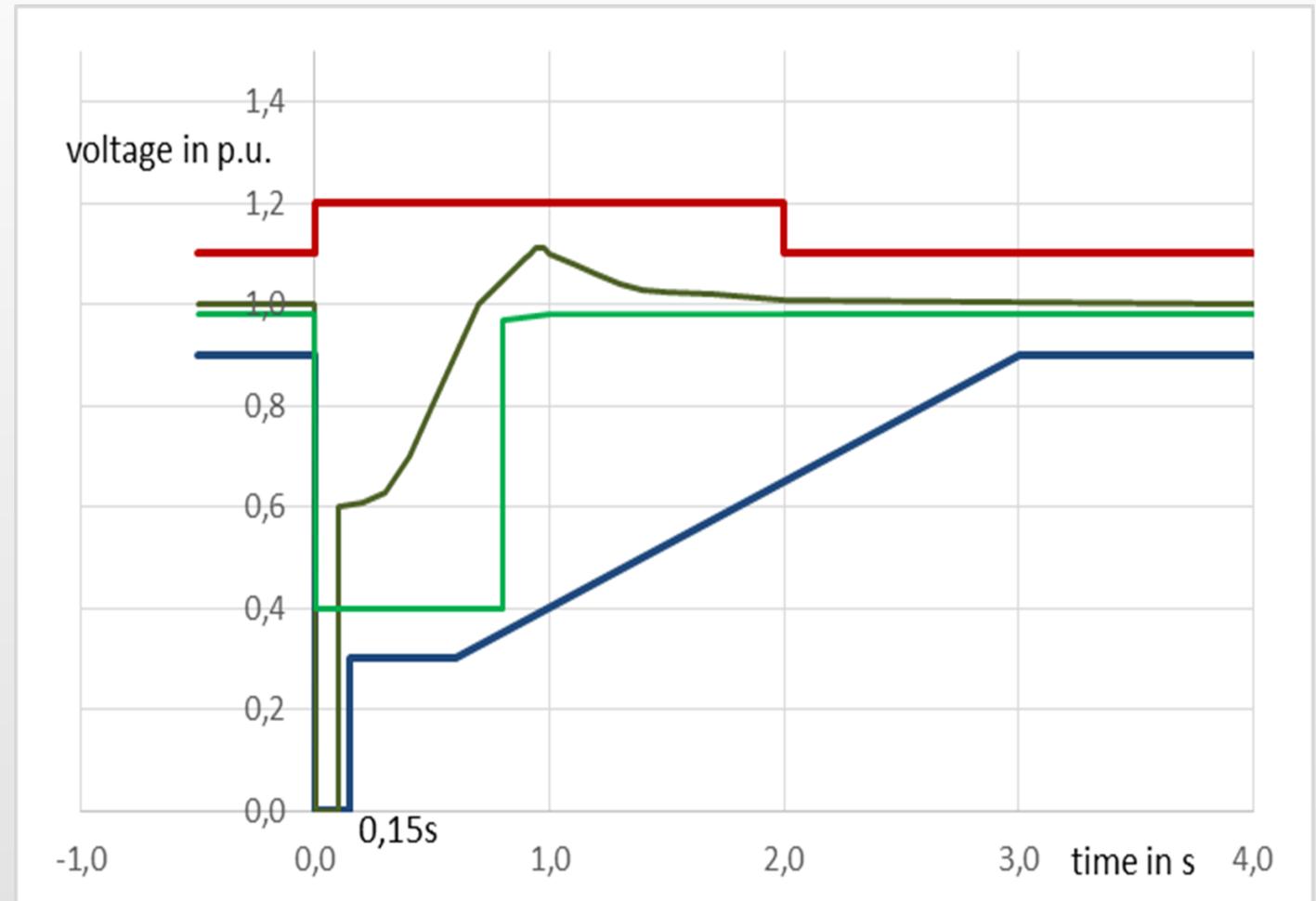
Consideración para los requisitos LVRT y HVRT

El requisito LVRT debe considerar:

- Fallas a diferentes niveles de tensión (con diferentes huecos de tensión y diferentes duraciones de una falla en el sistema)
- Recuperación lenta del voltaje.

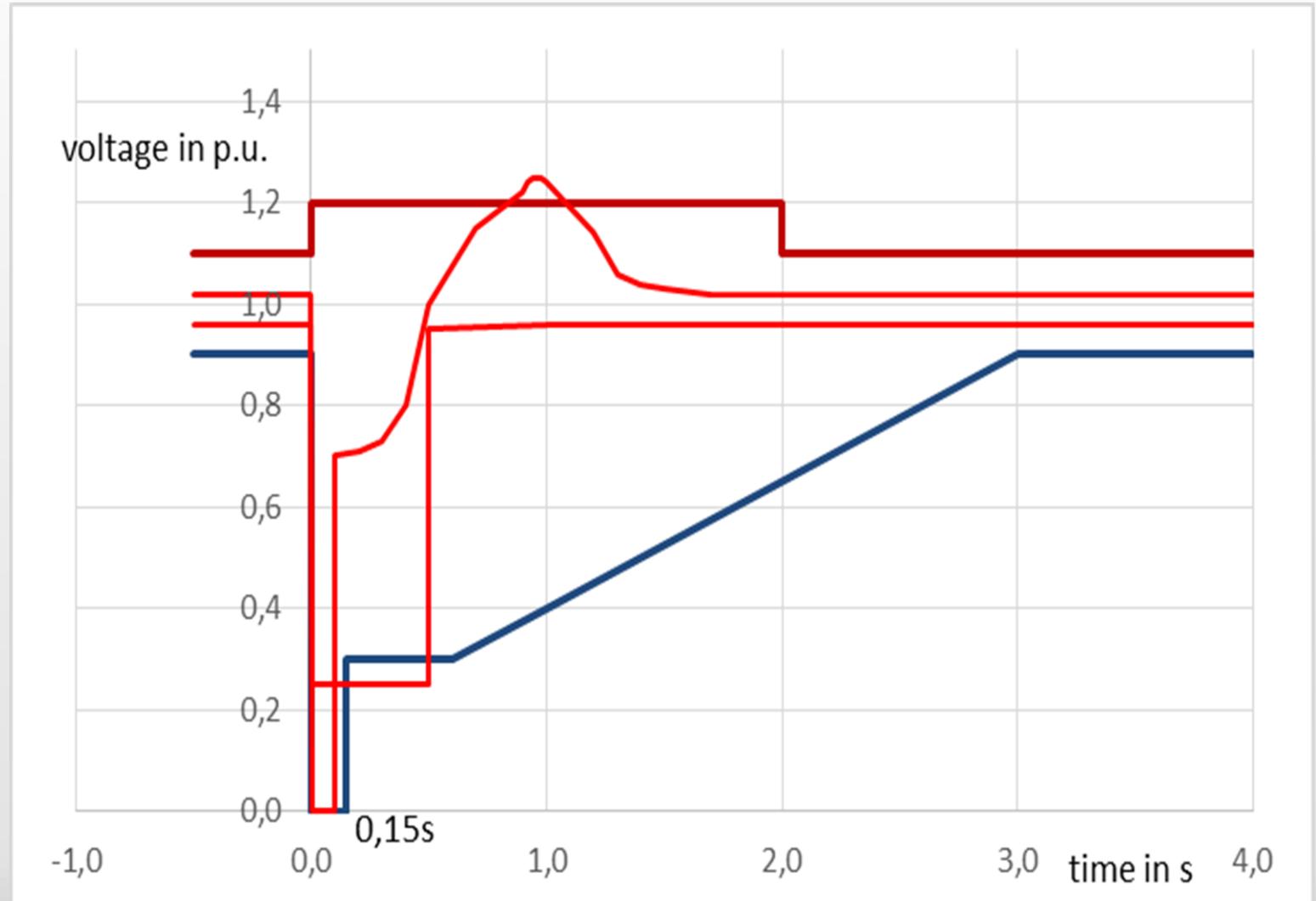
El requisito HVRT debe considerar:

- Máximo sobrevoltaje después de una falla
- Recuperación de la potencia activa de una planta eólica.

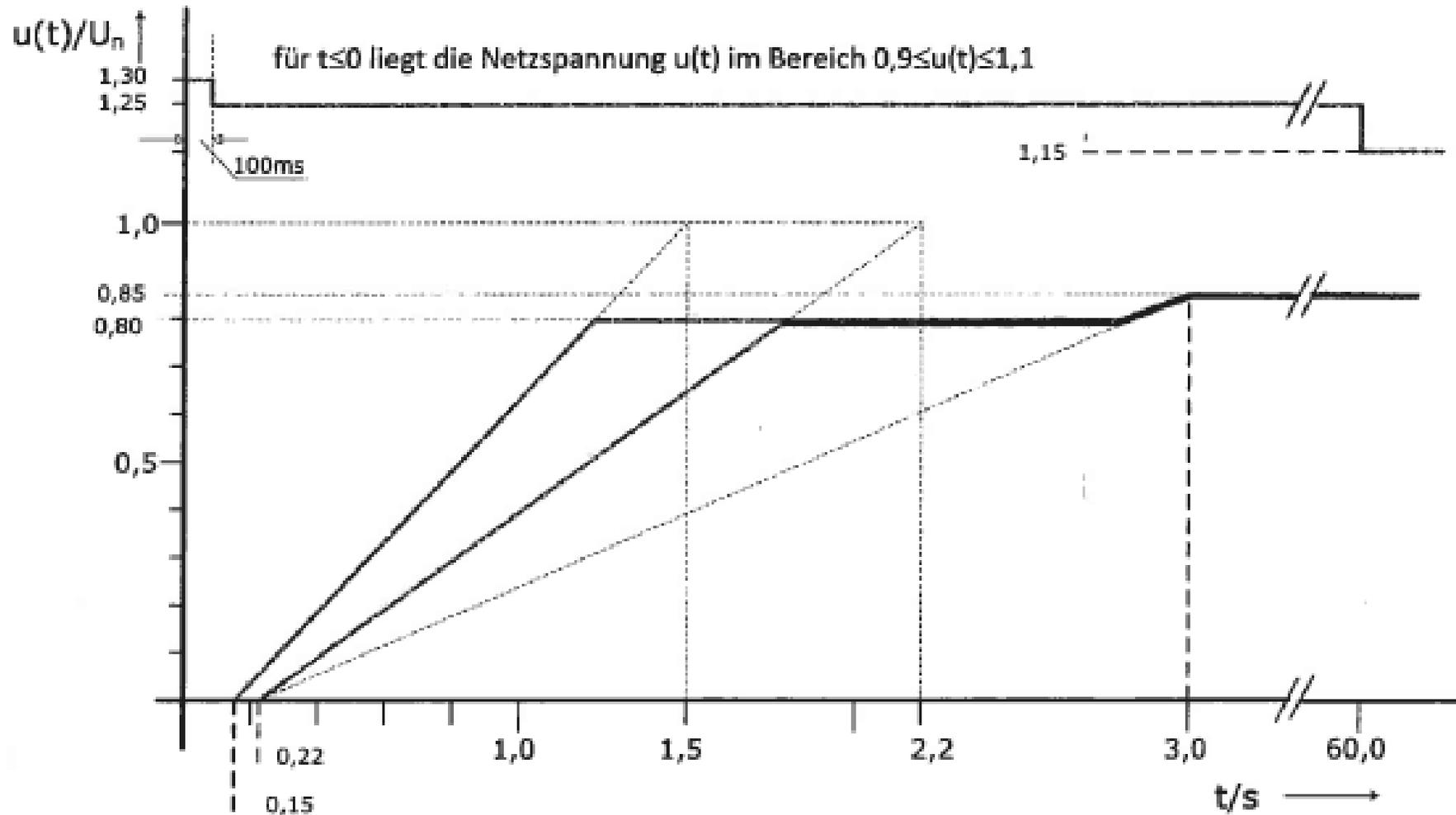


Ejemplos LVRT y HVRT

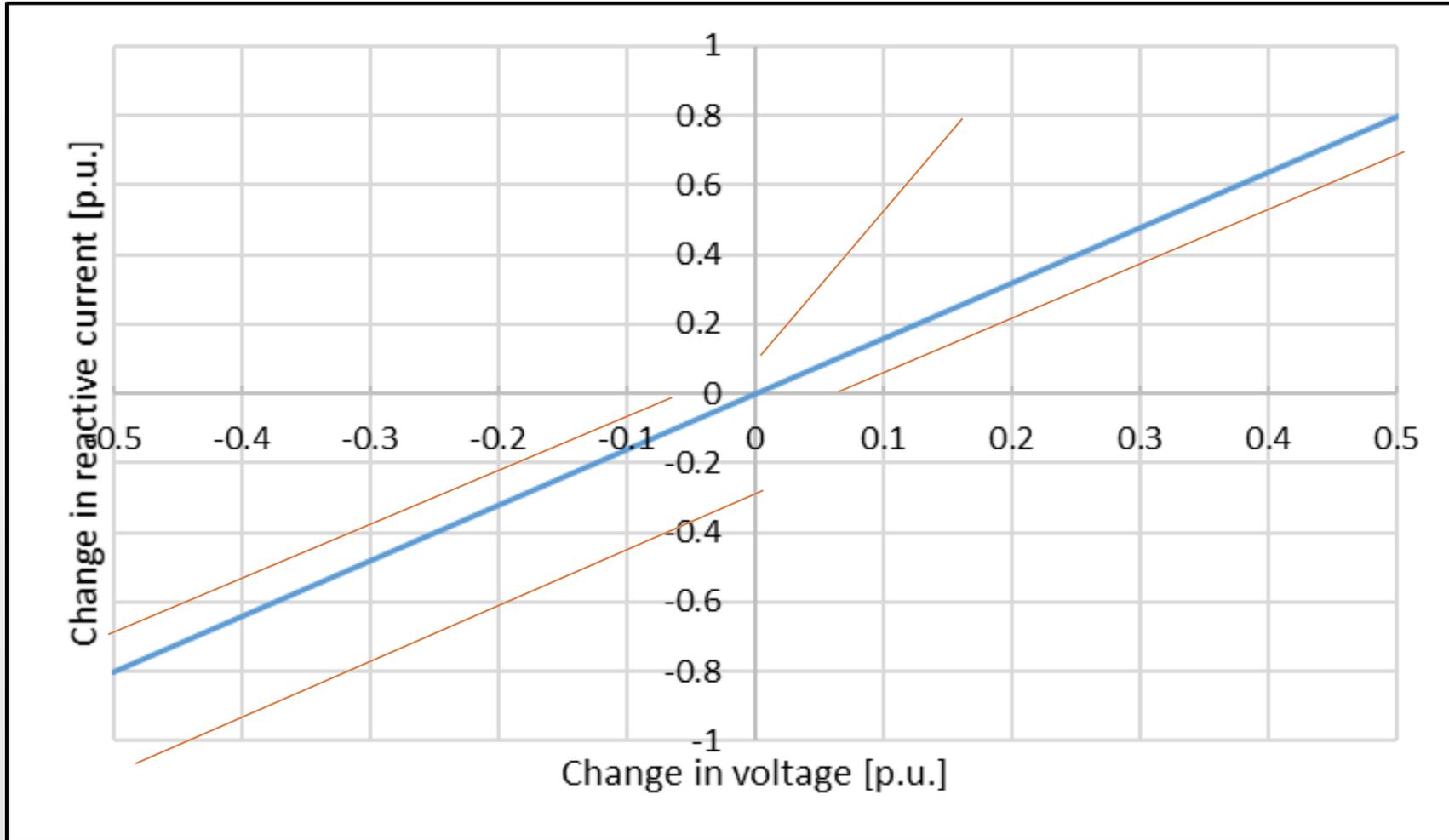
Un ejemplo cuando la desconexión esta permitida.



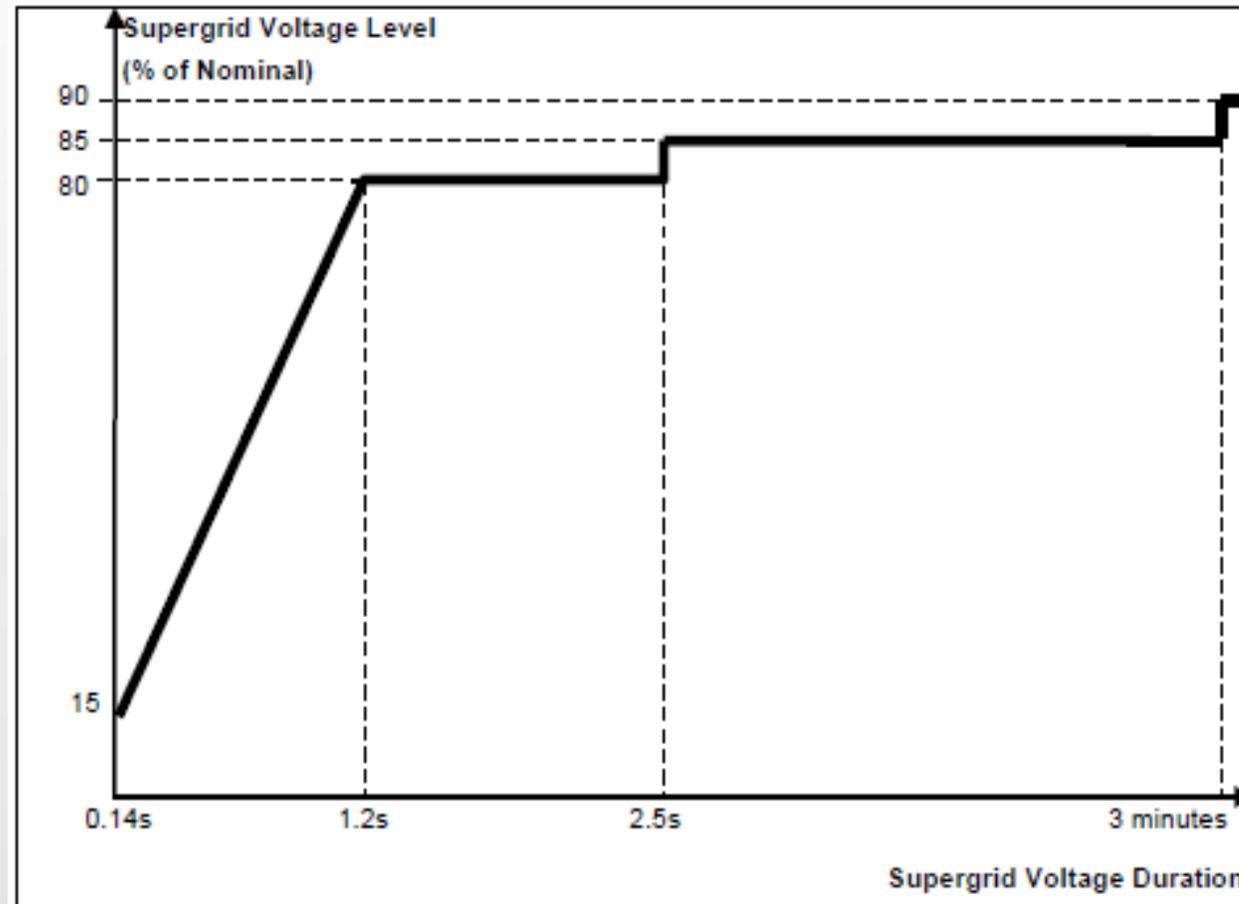
Requisito LVRT de VDE



Requisitos de LVRT: Inyección de corriente reactiva



FRT– The Grid Code (NGT/U.K.)



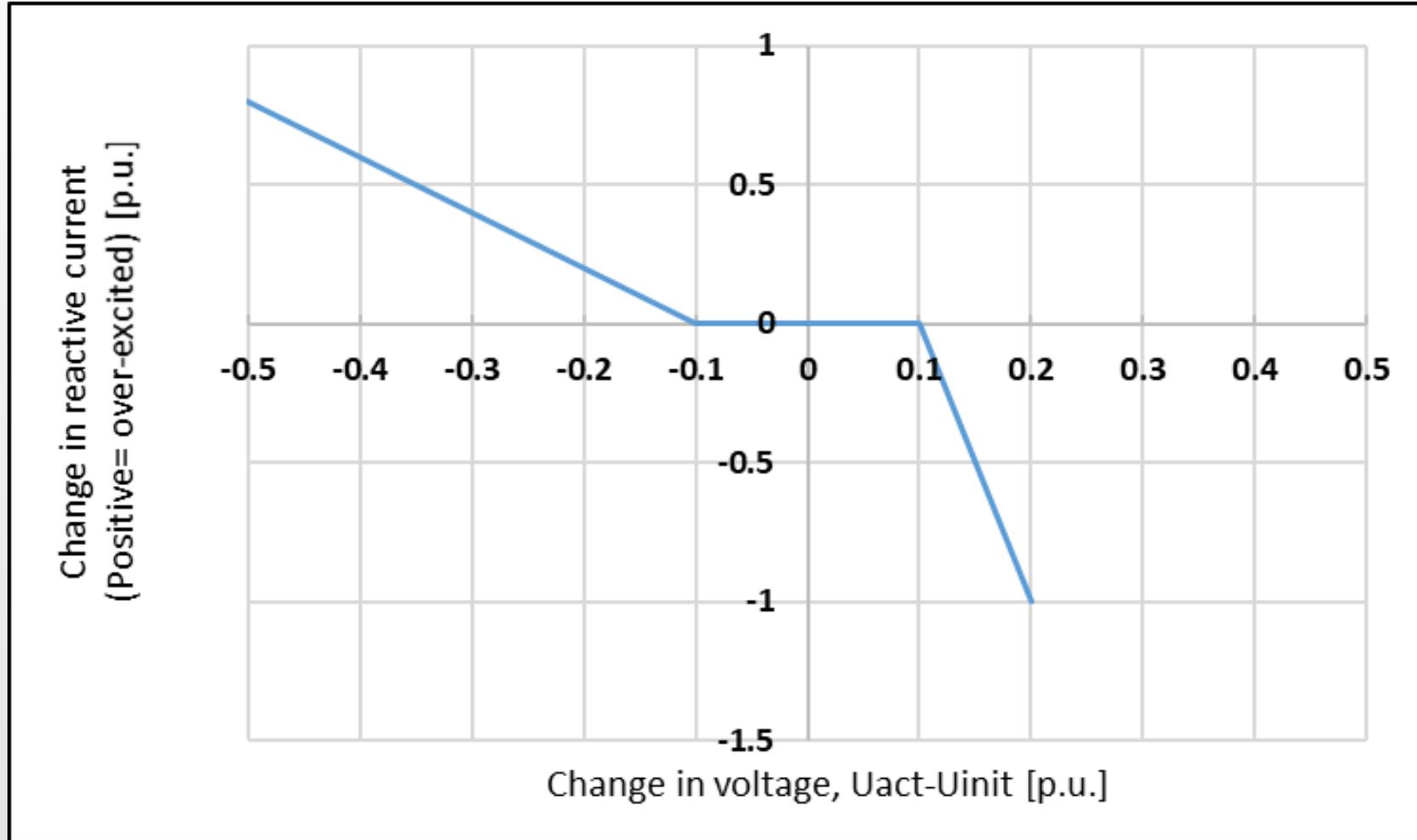
- Max. possible reactive power production

Porque necesitamos soporte de huecos de tensión?

- Se necesita la capacidad LVRT desde una perspectiva de la red de transmisión.
 - Sin capacidades LVRT existe un riesgo de perder mucha generación por una falla en una línea (ingl. single line fault).
 - La imagen al lado derecho muestra el área en que se pierde toda la generación vRE sin capacidades LVRT, en caso de una falla de una línea de transmisión de 380kV (fuente, estudio dena 1, 2003)
- > Sin la capacidad LVRT se necesitará mucho más potencia de balance para mantener la seguridad del sistema.



Recomendaciones para el soporte de huecos de tensión



Recomendaciones para el soporte de huecos de tensión

- El generador debería inyectar una corriente reactiva adicional durante la secuencia positiva.
- La corriente reactiva adicional es proporcional al cambio del voltaje.
- Los constantes de proporcionalidad deberían ser ajustable de forma separada para el voltaje creciente y decreciente.
- Los constantes de proporcionalidad deberían estar ajustable en el rango 0 a10. La banda muerte también deber ser ajustable
- El cambio del voltaje y el corriente reactivo se refieren al lado de baja tensión de cada aerogenerador individual.
- El cambio de voltaje se calcula como la diferencia entre el voltaje actual, menos la banda muerte y el promedio de un minuto del voltaje antes de la falla.
- En ambos casos se calcula el voltaje de la secuencia positiva.
- La corriente reactiva total, que se inyecta durante una falla, es la suma del promedio de un minuto del corriente reactivo antes de la falla y el corriente reactivo adicional.
- El corriente reactivo total debe estar limitado al 100% del corriente nominal.

Recomendaciones para el soporte de huecos de tensión

- Durante fallas la inyección de corriente reactiva debe tener prioridad antes de la inyección de corriente activa.
- La corriente reactiva debe tener un tiempo de subida hasta 30ms y un tiempo de establecimiento hasta 60ms.
- El tiempo de subida se entiende como el tiempo para llegar al 90% del valor final, contado desde el momento que ocurrió la falla.
- El tiempo de establecimiento se refiere al tiempo que la corriente se mantiene en el rango de $\pm 5\%$ del valor final.
- El máximo error entre la corriente reactiva requerida y real debe mantenerse en el rango de $\pm 10\%$ de la corriente nominal.
- La inyección de potencia reactiva durante una falla no debe causar voltajes fuera de los límites permitidos de la planta de generación renovable, p.ej. evitar que el voltaje cause que se desconecten las unidades individuales.
- La planta generadora debe mantenerse conectada durante cuatro fallas sucesivas.

Muchas gracias

Marko Obert

Marko.obert@moellerpoeller.de

Moeller & Poeller Engineering GmbH (M.P.E.)

<http://www.moellerpoeller.de>
