

Integración de la Generación Distribuida en las Redes de Distribución- Mantenimiento de tensión

Ing. Jan Suckow, GIZ, asesor técnico en el proyecto Distribución 4.0
(en colaboración con Ing. Thoralf Bohn– VDE FNN)



Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

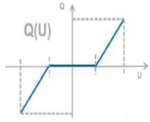


BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

Índice

- **Introducción**
- Antecedentes en Alemania
- Estudio VDE/FNN
- Recomendaciones

Trabajos y Enfoques FNN



Innovación

- Estudios:
- Comportamiento o FRT
- Detección de aislamiento
- Mantenimiento de tensión estacionara



Producción

- Publicación de los estudios para los miembros del VDE FNN
- Transferir e Implementar los resultados en estándares para la aplicación en las EDEs
- Resumir resultados



Comunicación

- Presentación de los resultados mediante fact papers
- Presentación de resultados en conferencias y eventos (Hannover Messe, BMWi, ETV, etc.)
- Presentación de resultados a instituciones publicos (regulador , ministerio)

Introducción

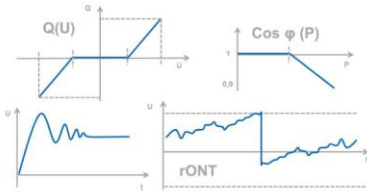
Reporte final

Comparación de la eficiencia técnica y económica de los métodos disponibles en un futuro próximo para asegurar la estabilidad estática de la tensión en redes de baja tensión con un alto nivel de inyección de energía distribuida.



FNN FORUM NETZTECHNIK /
NETZBETRIEB IM VDE

15.12.2014



Contacto TU Braunschweig - elenia
Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel | Institutleiter

- objetivo del estudio fue es la comparación científica de la **eficiencia técnica**, la robustez y la **rentabilidad económica** de las variantes disponibles para asegurar el mantenimiento estático de la tensión en redes de baja tensión con fuerte inyección de GD y y evaluar los efectos en **los potenciales de integración de GD** de las redes existentes
- Los siguientes métodos/medidas de mantenimiento de tensión son objeto del estudio:
 - $\cos\phi(P)$ monofásico y trifásico
 - $Q(U)$ trifásico
 - Transformador de red local controlable (rONT)
 - Medidas de ampliación de la red

Índice

- Introducción
- **Antecedentes en Alemania**
- Estudio VDE/FNN
- Recomendaciones

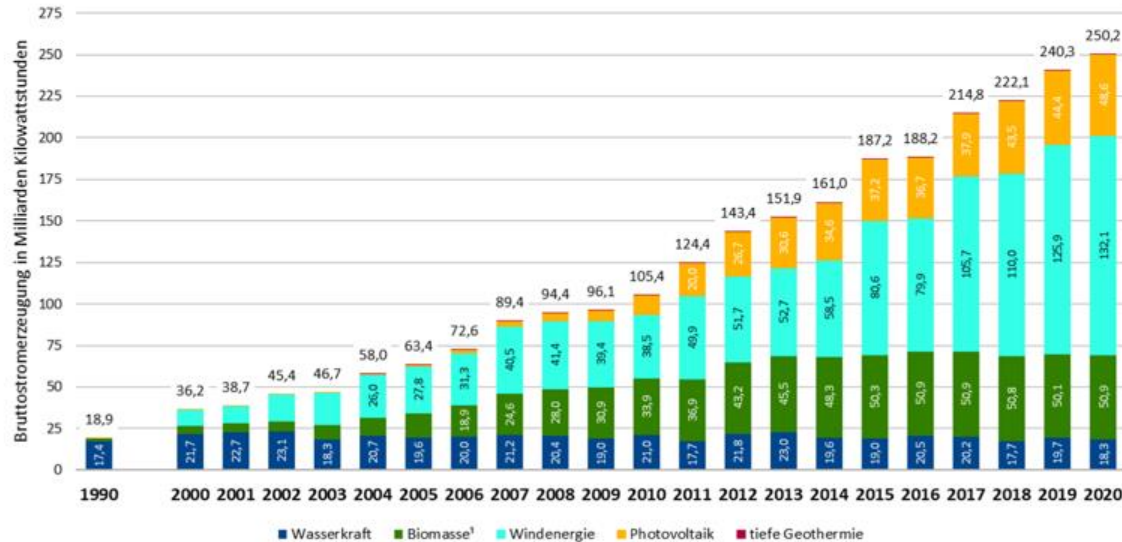
Cifras de GD en Alemania



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

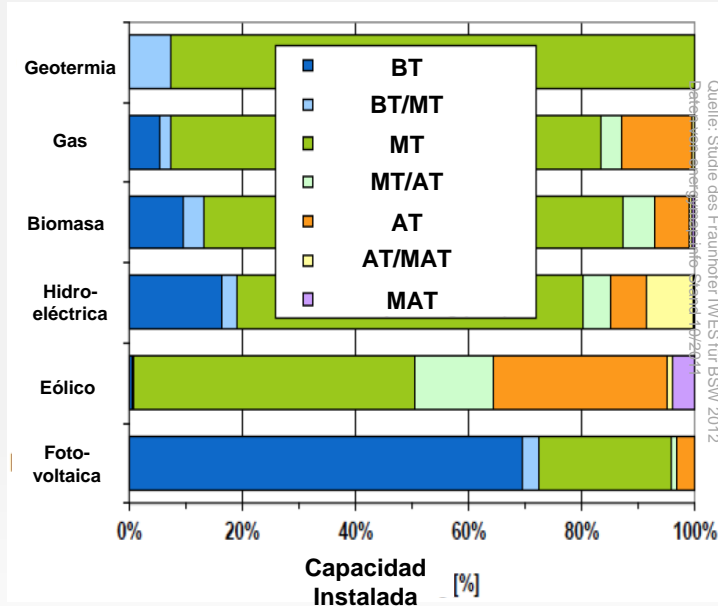


Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

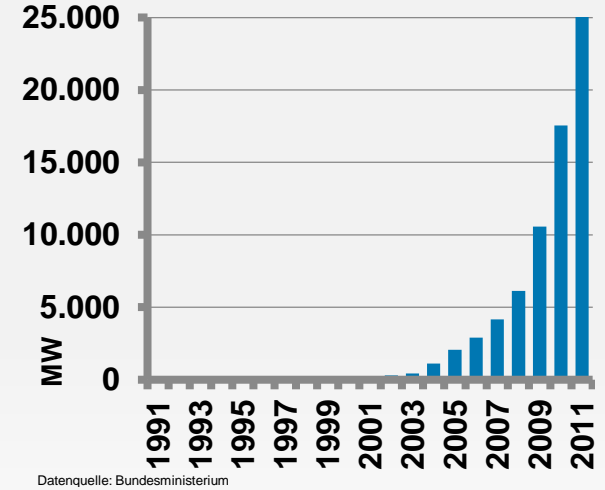


¹ inkl. feste, flüssige und gasförmige Biomasse, Klärschlamm sowie dem biogenen Anteil des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt, ab 2008 nur Siedlungsabfälle)

La fotovoltaica, la energía renovable más descentralizada

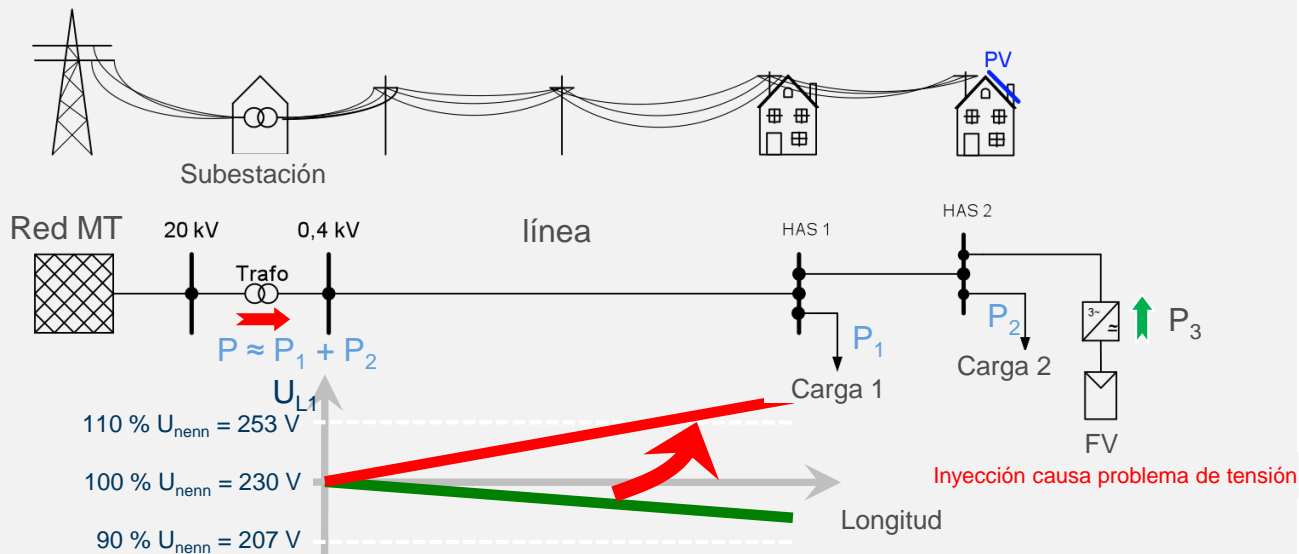


Capacidad Instalada FV



- Más del 70% de la capacidad instalada es de baja tensión. Aproximadamente el 24 % de la capacidad instalada se encuentra en el nivel de media tensión → **94% en la Distribución**
- Elevado número de centrales de generación en las redes de distribución - capacidad instalada relevante para el sistema → **Mercado de masas**
- El desplazamiento de la capacidad instalada a las redes de distribución requiere **nuevos conceptos** → **Cambio de paradigma** que demanda soluciones de las redes de distribución

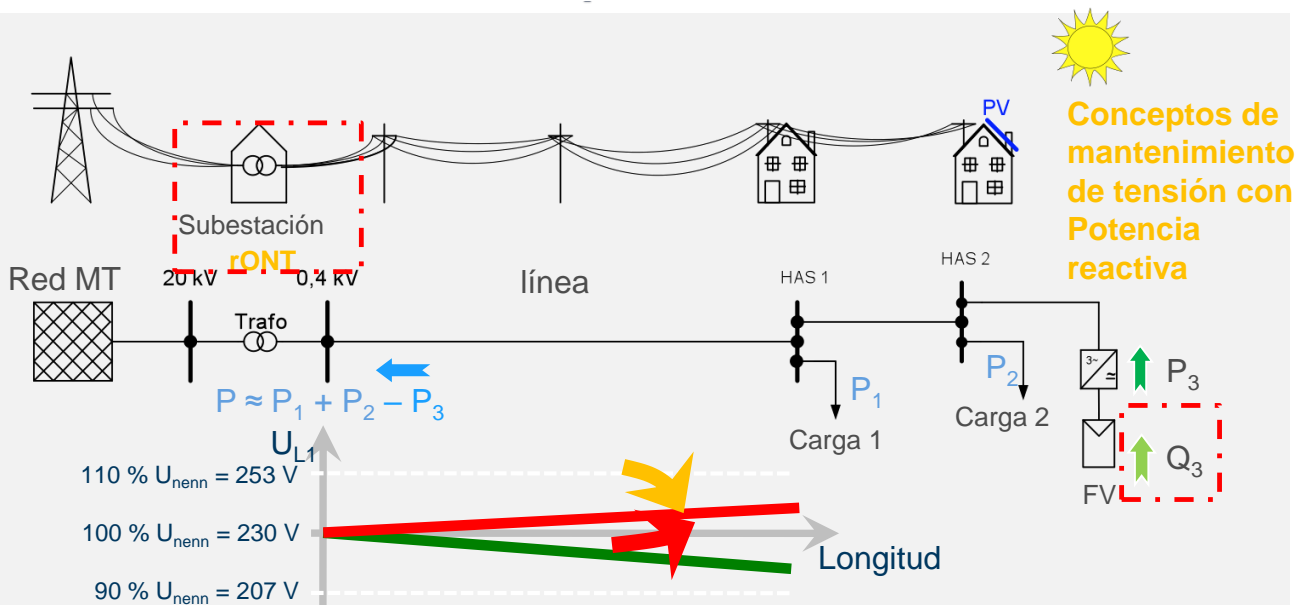
Problemas de tensión en la baja tensión



Quelle:
SMA

- Cuando la red llega a su límite no es posible conectar más sistemas en la baja tensión.
- Para permitir un mayor número de instalaciones se debe aumentar la interoperabilidad de los componentes y la habilidad de dar servicios complementarios a la red.

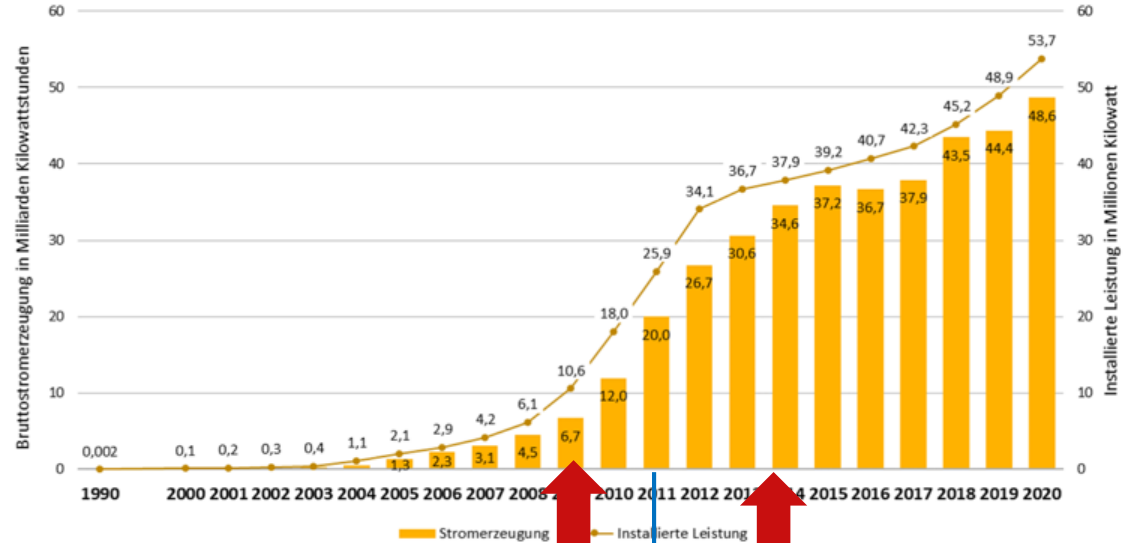
Problemas de tensión en la baja tensión



- Cuando la red llega a su límite no es posible conectar más sistemas en la baja tensión.
- Para permitir un mayor número de instalaciones se debe aumentar la interoperabilidad de los componentes y la habilidad de dar servicios complementarios la red.

Cifras de GD en Alemania y desarrollo de conceptos

Entwicklung der Bruttostromerzeugung und der installierten Leistung von Photovoltaikanlagen in Deutschland



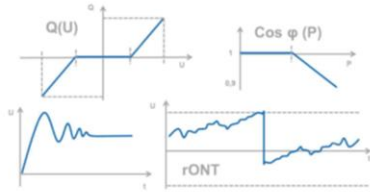
Reporte final

Comparación de la eficiencia técnica y económica de los métodos disponibles en un futuro próximo para asegurar la estabilidad estática de la tensión en redes de baja tensión con un alto nivel de inyección de energía distribuida.



FNN FORUM NETZTECHNIK/
NETZBETRIEB IM VDE

15.12.2014



Contacto TU Braunschweig - elenia
Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel Institutleiter

hasta 2011: Cada instalación en la baja tensión actuaba como una „carga negativa“ Desde 2011 con la regla VDE-AR-N 4105: Funciones compatibles para garantizar operación segura de la red



??

Nuevos conceptos economicos para el desarrollo anticipado

Índice

- Introducción
- Antecedentes en Alemania
- **Estudio VDE/FNN**
 - **Enfoque**
 - **Medidas**
 - **Simulación**
 - **Resultados**
- Recomendaciones

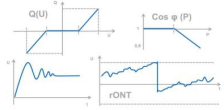
Punto de Partida y Enfoque

Reporte final

Comparación de la eficiencia técnica y económica de los métodos disponibles en un futuro próximo para asegurar la estabilidad estática de la tensión en redes de baja tensión con un alto nivel de inyección de energía distribuida.



FNN FORUM NETZTECHNIK/
NETZBETRIEB IM VDE
15.12.2014



Contacto TU Braunschweig - elenia
Prof. Dr. Ing. Ingrid Isenhardt

Status Quo

- Junto con la frecuencia, el **cumplimiento de la banda de tensión es la característica principal** de la calidad del suministro. La contribución de los sistemas de generación al mantenimiento de la tensión es cada vez más central debido a la **creciente integración de sistemas controlados por inversores**.

Motivación:

- **Problemas de mantenimiento de la tensión** debidos a la GD
- Nuevos métodos para el mantenimiento estático de la tensión para poder integrar GD y postergar inversiones
- **Escepticismo de los operadores de red** ante los conceptos de mantenimiento de la tensión
- **Revisión de la norma** de aplicación FNN VDE-AR-N4105 (Requisito para la conexión)



Technische Universität München



Objetivo: ¿Q(U) es una configuración y un control adecuado y económico para las centrales de generación distribuida de la red?

- Estudio realizado por TU Braunschweig en cooperación con TU Munich, RWTH Aachen y FGH GmbH en nombre de FNN.
- Resultados Diciembre de 2014, Acompañado por expertos de VDE FNN de diferentes empresas.

Objetivos:

- Comparación de la eficacia técnica
- Comparación de la robustez de
- Comparación de la eficiencia económica de
- Elaboración de recomendaciones para la revisión de la norma de aplicación FNN VDE-AR-N 4105

Conceptos de mantenimiento (rONT, Q(U) und $\cos\phi(P)$)

Mecanismos de control considerados para el mantenimiento de la tensión

Control-Cosφ(P) (GD)

- En el control $\cos\phi(P)$, la potencia reactiva se extrae en función de la potencia activa
- $\cos\phi$ von 0,95 bzw. 0,9 (VDE-AR-N 4105)

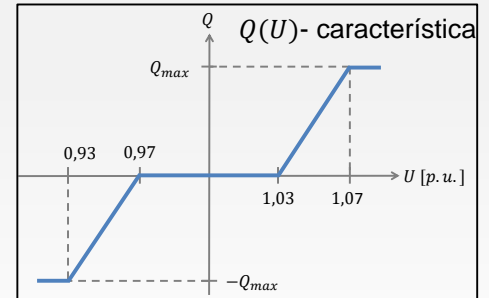
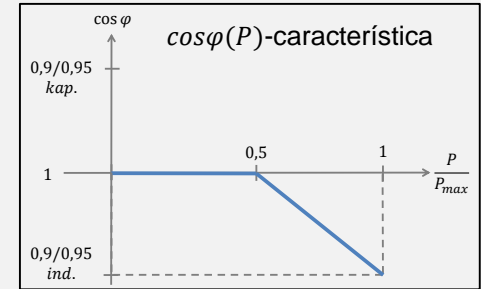
Control Q(U)-(GD)

- El control Q(U) es un control de potencia reactiva en función de la tensión
- Para contrarrestar el aumento de tensión provocado por la planta generadora, se sustrae potencia reactiva en las zonas de la red con problemas de mantenimiento de tensión cuando aumenta la tensión de nodo, y se añade potencia reactiva cuando se reduce la tensión de nodo
- $\cos\phi$ von 0,95 bzw. 0,9

Control- Ront (EDE)

- El rONT (regelbarer OrtsNetzTransformator) es un transformador de distribución con la capacidad de un control automático de la tensión con conmutación interna durante la operación y bajo carga.
- tiene en cuenta la tensión en el lado de baja tensión del transformador $\rightarrow U_{Nom}$
- Capacidades nominales estandares
 - 400 kVA o 630 kVA

Ampliación de la Red convencional (EDE)



Comparación de la eficacia y la eficiencia económica de los cuatro medidas de mantenimiento de la tensión

1. Simulación estática

- 6 redes y 4 medidas
- Definición del potencial de integración de cada medida
- Definición de la ampliación de red necesaria

2. Simulación (15 min)

- Definición de pérdidas
- Definición de energía reactiva

3. Evaluación económica (costo beneficio)

4. Pruebas en el laboratorio para definir parámetros

Base

Medidas de Control de la tensión

- $\cos \phi$ (P)
- Q(U)
- rONT
- Ampliación convencional

Tipos de redes analizadas

- Redes rurales
- Redes de pueblos
- Redes suburbanas
- Cada red es considerado en una variante típica y extrema

Criterio de evaluación

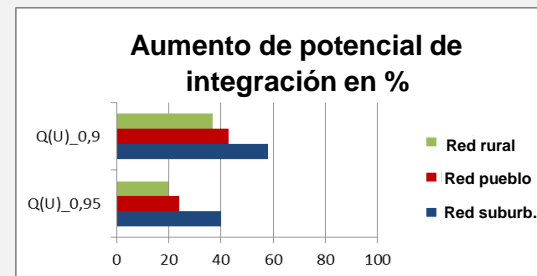
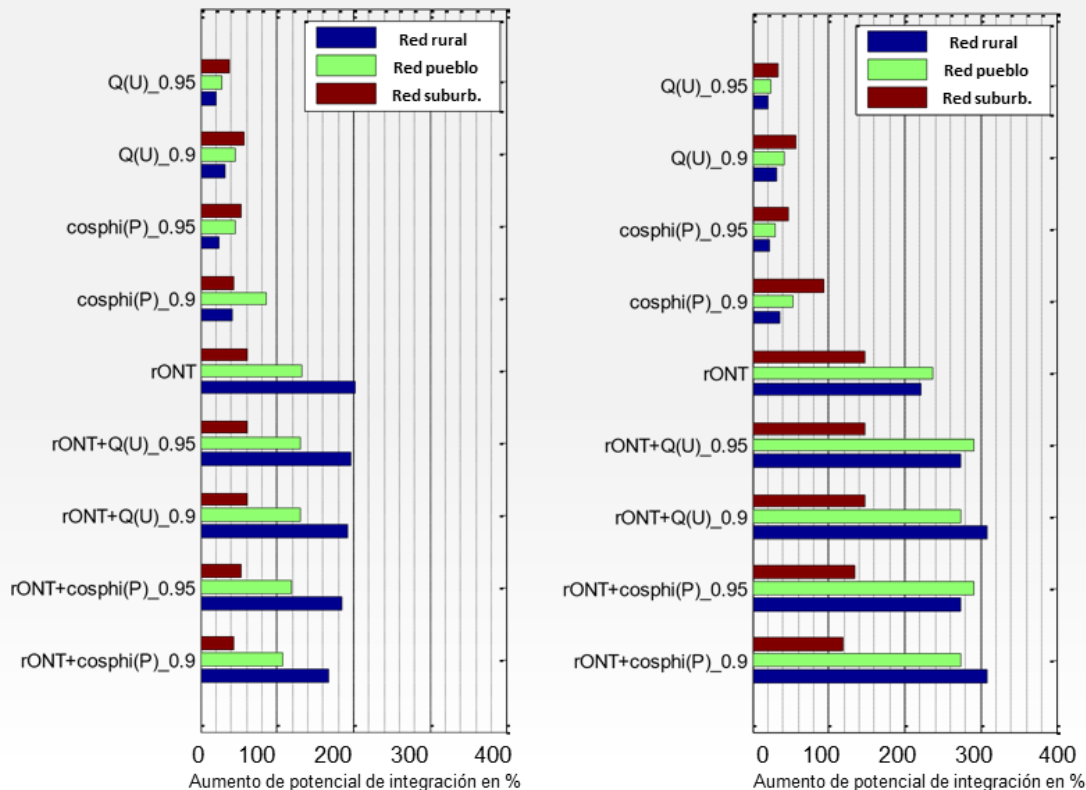
- El potencial de integración como medida de la eficiencia de los mecanismos de control utilizados

Procedimiento

- Aumento gradual de la potencia de generación hasta una violación del valor límite de la tensión de nodo (límite superior e inferior)
- Carga de los equipos (límite superior de cables o transformadores)

Resultado 1: Los conceptos de potencia reactiva aumentan el potencial de integrar la Generación Distribuida

1. Simulación estática



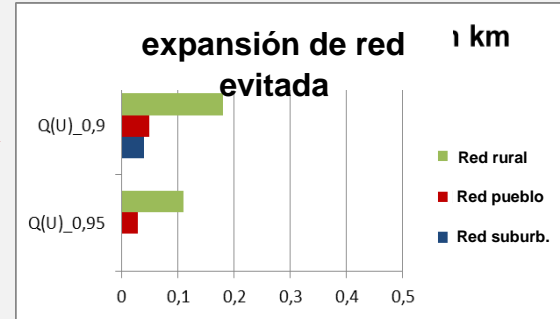
- Los conceptos de potencia reactiva ($\cos \phi (P)$, $Q(U)$) siempre aumentan el potencial de integración de GD, aunque en distintos grados según la red y evitan una ampliación de la red (20%-80%) \rightarrow hasta 200% en combinación con rONT
- En la red rural y de pueblos, un factor de desplazamiento menor ya permite un potencial de integración significativamente mayor.
- En todas las redes de muestra investigadas el máximo potencial de integración es alcanzado con un rONT

Aumento del potencial de integración para redes típicas en el caso homogéneo e inhomogéneo (derecha)

Resultado 1: Los conceptos de potencia reactiva aumentan el potencial de integrar la Generación Distribuida

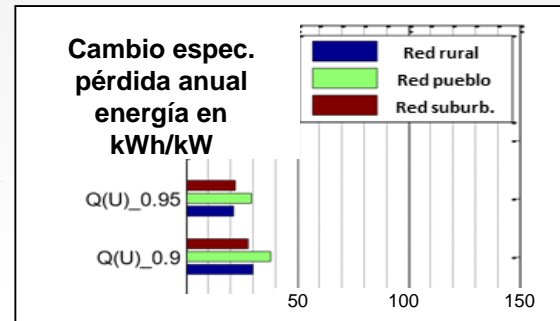
1. Simulación estática

- En cada escenario se simuló la necesidad de ampliar la red convencional para permitir el mismo potencial de integración que las medidas de mant. de tensión
- En las redes de pueblos y zonas rurales, la ampliación de la red evitada es significativamente mayor que en las redes suburbanas.



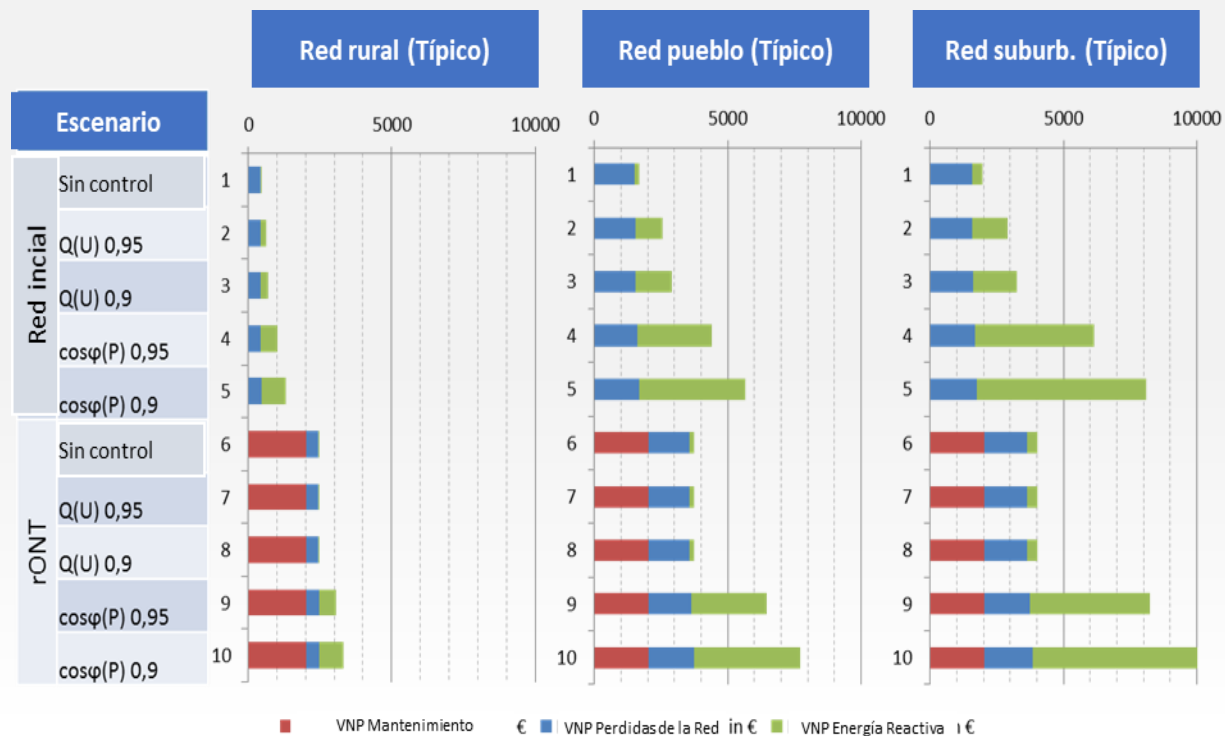
2. Simulación (15 min)

- En comparación con el control $\cos \phi$ (P), la energía reactiva puede reducirse hasta un 80% con Q(U) → El control $\cos \phi$ (P) aumenta la pérdida de energía (reducción de potencia activa de la GD)



Resultados 2: En las redes rurales, $\cos(\phi)$ y Q(U) son hasta 4 veces más baratos que la ampliación de la red

3. Evaluación económica



Costos de operación y mantenimiento para las tres redes típicas

Resultados:

- Los conceptos de potencia reactiva se recomiendan para todas las redes de distribución con problemas de mantenimiento de **tensión debido a su baja inversión** → son más económicos que las otras dos medidas (Instalación de rONT y la ampliación de la red convencional).
- Coste muy elevado de la energía reactiva, especialmente con $\cos \varphi$ (P) (hasta el 80%).
- Costos de Mantenimiento del rONT
- El uso de un rONT a menudo sólo tiene sentido cuando ya hay una alta capacidad de GD integrada en la red. (aumenta el potencial con costos altos)
- Los conceptos de potencia reactiva Q(U) y $\cos \varphi$ (P) **permiten en muchos casos posponer inversiones** mayores, como las medidas rONT o de ampliación de la red.

Determinación de la parametrización segura para $\cos(\phi)$ y $Q(U)$

4. Pruebas en el laboratorio para definir parámetros

Base

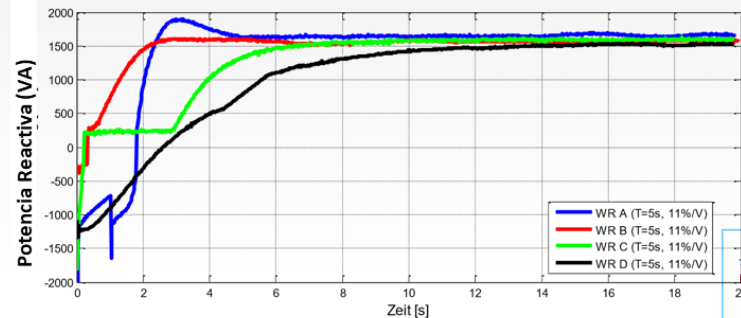
- Cuatro inversores diferentes de cuatro fabricantes distintos

Criterio de evaluación

- Evitar las llamadas "situaciones de una red oscilante" como criterio de parametrización segura
- La parametrización segura debe evitar las "situaciones de red oscilante" en redes "normales" y "extremas".

Procedimiento

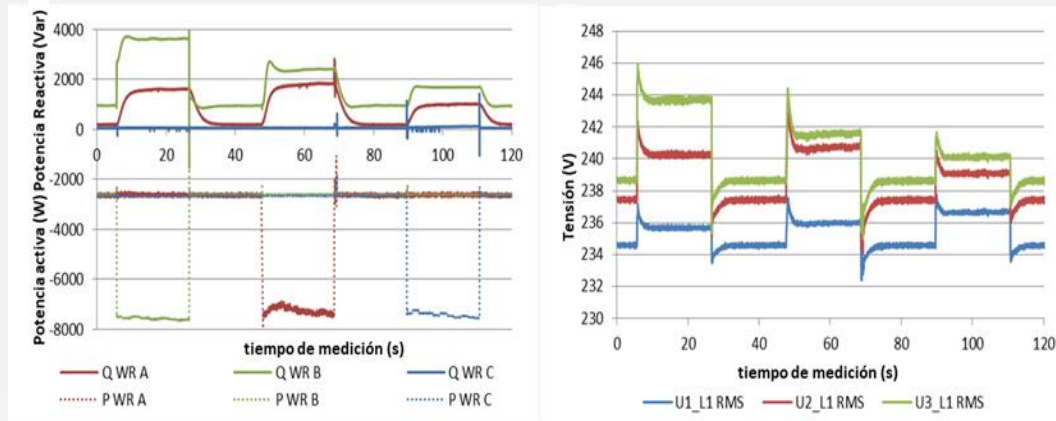
- Medición de los inversores durante los saltos de tensión de excitación en la red de laboratorio.
- Evaluación numérica de los resultados y recomendación de una parametrización estable
- Mediciones compuestas con diferentes parametrizaciones de un rONT



Diferentes tiempos de ajuste de los inversores (WR) con la misma parametrización

Resultado 3: Es posible una parametrización segura

4. Pruebas en el laboratorio para definir parámetros



Curvas de potencia activa, potencia reactiva y tensión para investigaciones con saltos de potencia activa

seleccionando los parámetros de control adecuados, es posible garantizar que incluso los saltos de tensión elevados en una red extrema no provoquen ninguna inestabilidad.

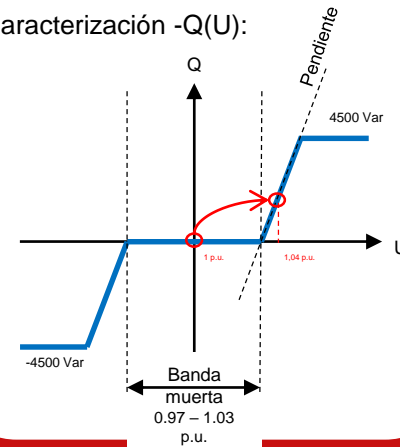
Recomendación :

Aplicar la parametrización del estudio e implementarla en la norma VDE AR 4105

Reto: parametrización segura de la característica $Q(U)$ para evitar oscilaciones e interacciones de tensión o potencia.

- Los resultados detallados de las investigaciones muestran que el comportamiento oscilatorio sólo se alcanza en condiciones extremas y con parametrizaciones críticas.
- Con la misma parametrización, los inversores examinados muestran comportamientos muy variados.

Caracterización $-Q(U)$:



Resultado 4: Efectos de una fuerte inyección asimétrica

Antecedentes

Conexión desequilibrada de unidades de generación

- Creación de desequilibrios de tensión
- Consideración en determinar la capacidad de conexión a la red (grado de desequilibrio $\leq 2\%$)

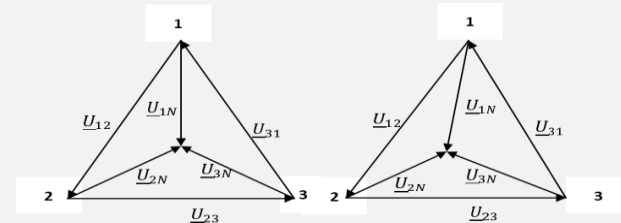
Simulación:

- Pregunta 1: ¿Cuántas unidades generadoras no están conectadas simétricamente?
- Pregunta 2: ¿A qué fases están conectados los CC?

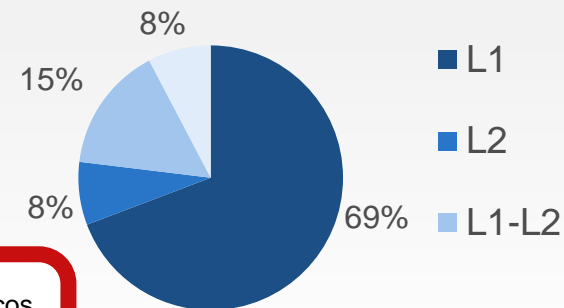
Resultado: La evaluación de redes reales muestra configuraciones potencialmente críticas

- El potencial de integración disminuye con una inyección desequilibrada hasta un 68%.
- $\cos\phi(P)$ + inyección desequilibrada \square menor potencial de integración

- Recomendación: Desarrollar un procedimiento para asegurar una distribución de sistemas monofásicos a las tres fases
- Incentivar/ permitir solamente la conexión trifásica



Red BT 1, GD monofásico



Índice

- Introducción
- Antecedentes en Alemania
- Estudio VDE/FNN
- **Recomendaciones**

Resumen

Los dos conceptos de potencia reactiva $Q(U)$ y $\cos\phi(P)$ son capaces de elevar el potencial máximo de integración de GD en las redes de baja tensión y permiten un aumento de alrededor del 80 %.

El rONT permite una ganancia del potencial de (hasta el 300 %) en las redes rurales y de pueblos

Los conceptos de potencia reactiva son ventajosos para un desarrollo de GD pequeño (penetración de GD)

con el control $Q(U)$ se puede reducir la energía reactiva anual entre un 82 % en comparación con el control $\cos\phi(P)$

Con la parametrización recomendada el control $Q(U)$ no causa comportamiento indeseado y asegura una operación segura

Se demuestra que a partir de una proporción del 40% de centrales de generación asimétricas conectadas limita el potencial de integración de mas GD

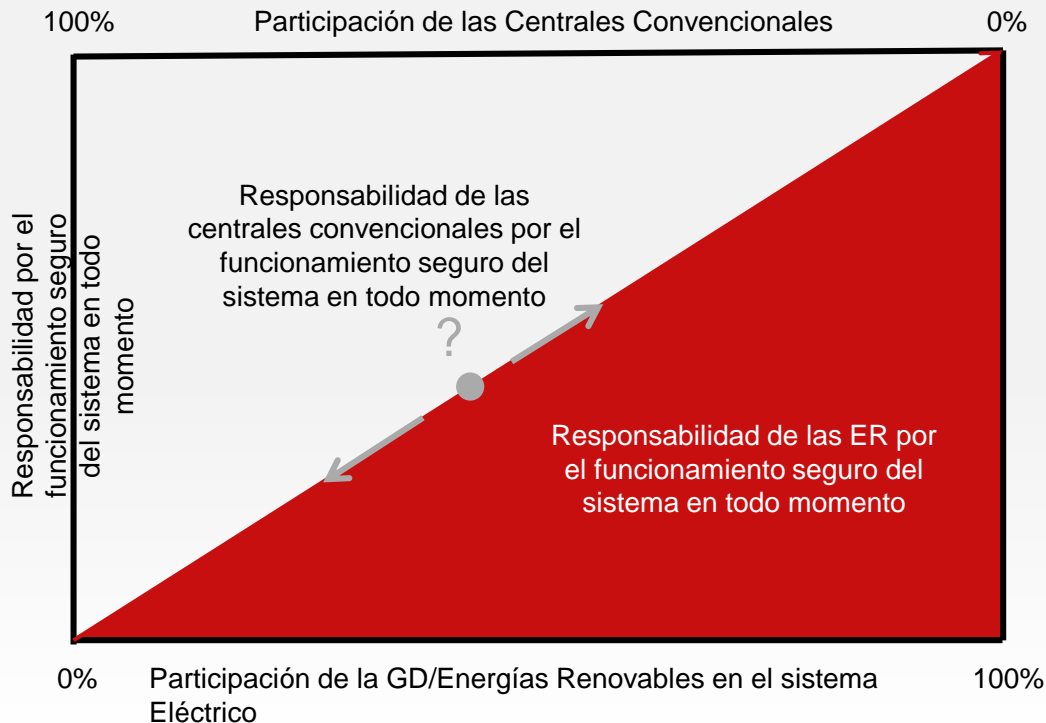
Se recomienda el control $Q(U)$ como procedimiento estándar en los inversores fotovoltaicos para la inyección a el nivel de baja tensión para poder integrar mas GD y la implementación en los normas y estándares de conexión

Los conceptos de potencia reactiva $Q(U)$ y $\cos\phi(P)$ **permiten en muchos casos bajar costos y posponer inversiones** mayores, como las medidas rONT o de ampliación de la red.



2018: VDE-AR-N 4105: $Q(U)$ es una de dos opciones y la EDE tiene el derecho de pedir y activar una de las dos funciones de la GD

La integración de la GD como tema estratégico en el camino de la transición: Quien asume la responsabilidad para la calidad de suministro?



TEMA ESTRATEGICO

Requisitos mínimos reducidos/ no existentes conllevan tarifas de red más elevadas, ya que las medidas/efectos de compensación tienen que ser substituidas (por la EDE)

Requisitos mínimos: El requisito mínimo debe compensar las influencias propias de forma justa

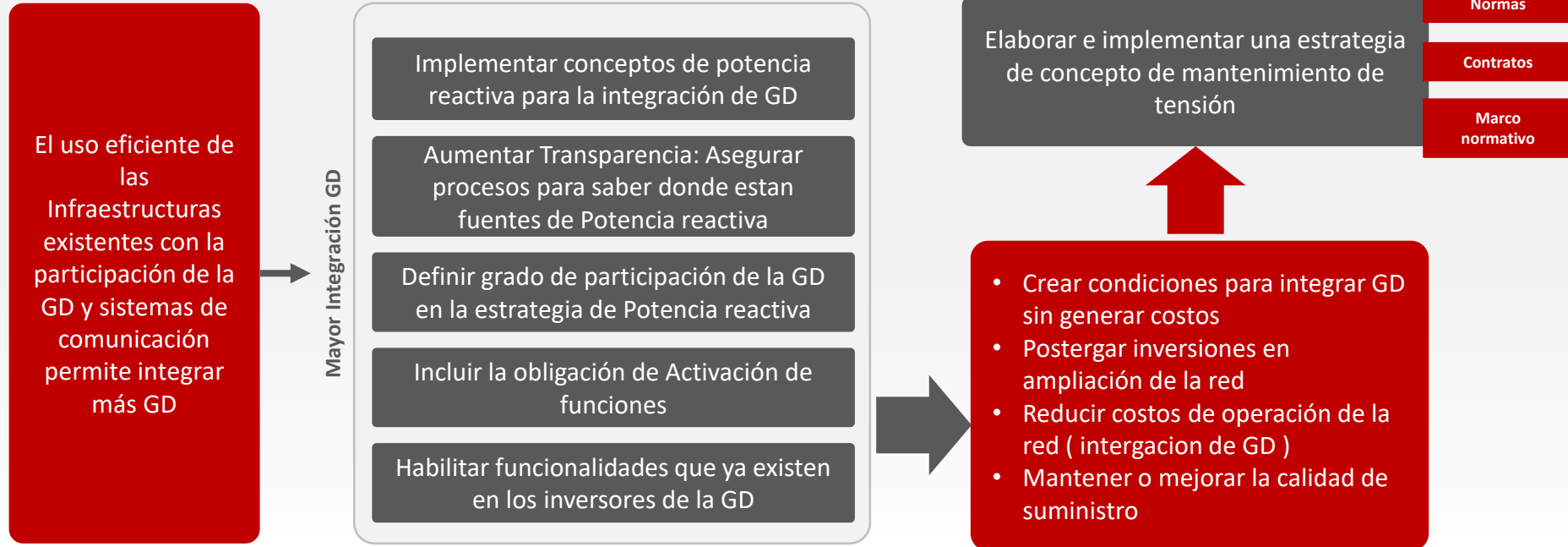
Requisito mínimo adicional: Una contribución general a la estabilidad y calidad de la red.

Esto debe ser de carácter general, en el sentido de que cada Equipo (GD) que proporcione esta función también haga/pueda brindar este servicio/esta contribución regularmente

Lo que no son requisitos mínimos:

- Participación en el mercado de Potencia de control primario
- Servicios independientes con influencia a gran escala

Aumentar el uso de las infraestructuras con GD



Gracias por su atención



**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Registered offices
Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Germany
T +49 228 44 60 - 0
F +49 228 44 60 - 17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Germany
T +49 61 96 79 - 0
F +49 61 96 79 - 11 15

E info@giz.de
I www.giz.de