

VDE-AR-N 4105:2011-08

Esta es la norma de aplicación VDE en el sentido de VDE 0022, que respeta al mismo tiempo los procedimientos descritos en VDE-AR-N 100. Luego de la realización del procedimiento de aceptación resuelto por el presidio de VDE ha sido aceptada, con el número indicado al comienzo, en la normativa VDE; fue dada a conocer a través de “etz Electrotecnia + Automatismos”.

Su reproducción, incluso para fines internos, está prohibida.

ICS 29.160.40

Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb Von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz

**Generadores conectados a la red de distribución en baja tensión -
Requisitos técnicos para la conexión de generadores y su operación en paralelo con
Redes de distribución en baja tensión**

El comienzo de utilización de esta norma de aplicación es el 01.08.2011.
Vale la fecha de puesta en servicio de la planta generadora, es decir, el día de la primera operación en paralelo con la red.
Para mejorar la estabilidad de la red es lícito utilizar primero algunas, o todas los requisitos planteados en 5.7, independientemente de que finalmente haya que cumplir con todas las cláusulas de esta pauta VDE. La decisión al respecto la toma el fabricante, quien debe documentarla.
Para las unidades de generación existentes vale la protección de permanencia.

Extensión global 87 páginas

GENERADORES CONECTADOS A LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

1ª edición, 2011

Prólogo

El foro Técnica de redes/Operación de redes, en VDE (FNN), es responsable de esta norma de aplicación de VDE. Ha sido preparada por el grupo de proyecto "Instalaciones de generación en las redes de baja tensión", creado por los organismos de baja y media tensión de FNN.

Prefacio

Esta norma de aplicación VDE resume los puntos de vista más importantes que hay que considerar al conectar instalaciones de generación a la red de baja tensión del operador de redes. Sirve al mismo tiempo, tanto al operador de la red como al constructor de tales medios, como una ayuda en la planificación y en las tomas de decisión. Además, contiene información importante para el operador respecto a la operación de tales instalaciones.

La norma de aplicación VDE reemplaza a la cuarta edición de la pauta VDEW "Medios privados de generación conectados a la red de baja tensión" [1]. Está dispuesta de una manera completamente diferente y ordenada con una lógica más clara.

Tal como ocurre en los niveles más altos de tensión, las instalaciones de generación que inyectan en redes de baja tensión deberán cooperar a futuro en el control estático de la tensión. Por lo tanto, tienen que entregar su colaboración en el proceso de mantener constante la tensión durante la operación normal de la red de baja tensión correspondiente. Esto tiene consecuencias directas sobre la disposición de las instalaciones.

La norma de aplicación VDE resume los puntos de vista más importantes que hay que considerar al conectar instalaciones de generación a la red de baja tensión, de manera que se preserve la seguridad y confiabilidad de la operación de esta red, según las instrucciones de la Ley de economía energética, y que se respeten los valores límite de la calidad de las tensiones indicados en DIN EN 50160, en un escenario con mayor participación de la generación distribuida.

Se entrega información adicional sobre algunos puntos en particular, con el fin de aclarar determinados requisitos o procedimientos de la norma VDE. Con el fin de limitar el texto de esta norma a lo más esencial, estas aclaraciones se presentan en el Anexo A, ordenadas por tema.

Los ejemplos de cálculos presentados en el Anexo E dan la posibilidad de verificar, sobre la base de los datos disponibles, si es admisible o no la conexión de una instalación de generación a una determinada red de baja tensión. Si se comprueba que tal conexión no es posible, existirá normalmente la posibilidad de conectarse a la tensión inmediatamente superior, es decir, a la red de media tensión. La verificación correspondiente puede ser hecha según se detalla en la pauta BDEW "Instalaciones de generación en redes de media tensión" [2].

En los Anexos F y G se presentan formularios que permiten reunir los antecedentes de la instalación de generación, requeridos desde la etapa de la planificación de la conexión a la red hasta la puesta en servicio de la instalación de generación.

ÍNDICE

	Página
1 CAMPO DE APLICACIÓN	8
2 NORMAS DE REFERENCIA	9
3 CONCEPTOS Y ABREVIATURAS	10
3.1 Conceptos	10
3.2 Abreviaturas	17
4 CONDICIONES GENERALES	18
4.1 Disposiciones e instrucciones	18
4.2 Procedimiento de inscripción y antecedentes relevantes para la conexión	18
4.3 Puesta en servicio de la instalación generadora	19
5 CONEXIÓN A LA RED	20
5.1 Principios para establecer el punto de conexión	20
5.2 Dimensionamiento de los equipos operativos en la red	21
5.3 Variación aceptable de la tensión	21
5.4 Repercusiones sobre la red	22
5.4.1 Generalidades	22
5.4.2 Variaciones rápidas de la tensión	22
5.4.3 Parpadeo	22
5.4.4 Armónicas superiores e intermedias	23
5.4.5 Asimetrías de las tensiones	24
5.4.6 Caídas por fallas de conmutación	24
5.4.7 Instalaciones de control a frecuencia audible	24
5.4.8 Uso de equipos de onda portadora en la red del cliente	25
5.4.9 Precauciones contra caídas o interrupciones de la tensión	25
5.5 Criterios para la conexión	26
5.6 Redes trifásicas	27
5.6.1 Generalidades	27
5.6.2 Generadores alternos sincrónicos	27
5.6.3 Instalaciones con inversores trifásicos	28
5.7 Comportamiento de la instalación de generación conectada a una red	29
5.7.1 Generalidades	29
5.7.2 Corriente de cortocircuito máxima admisible	29
5.7.3 Entrega de potencia activa	29
5.7.3.1 Lo fundamental	29
5.7.3.2 Manejo de las generaciones / de la seguridad de la red	30
5.7.3.3 Entrega de potencia activa cuando la frecuencia está alta	30

5.7.3.4 Inyección de potencia activa con subfrecuencia	31
5.7.4 Principios básicos para el apuntalamiento de la red	31
5.7.5 Potencia reactiva	32
6 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN, PROTECCIÓN DE LA RED Y DE LAS INSTALACIONES (PROTECCIÓN NA)	34
6.1 Exigencias generales	34
6.2 Protección NA central	35
6.3 Protección NA integrada	35
6.4 Interruptor acoplador	35
6.4.1 Generalidades	35
6.4.2 Interruptor acoplador central	36
6.4.3 Interruptor acoplador integrado	36
6.5 Dispositivos de protección para el interruptor acoplador	37
6.5.1 Generalidades	37
6.5.2 Funciones de protección	38
6.5.3 Reconocimiento de la formación de islas	39
7 MEDIDAS PARA FACTURACIÓN	40
8 OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN	41
8.1 Generalidades	41
8.1.1 Reducción necesaria de la potencia o desconexión de la planta	42
8.1.2 Acceso	42
8.1.3 Intercambio de informaciones	42
8.1.4 Acoplamiento eléctrico de puntos de conexión a la red separados	42
8.1.5 Comportamiento durante perturbaciones	42
8.2 Peculiaridades en la operación de la red del operador de redes	43
8.2.1 Puestas a tierra y cortocircuitos durante trabajos en la red	43
8.2.2 Operación de grupos de emergencia	43
8.3 Exigencias para la conexión y sincronización	44
8.3.1 Generalidades	44
8.3.2 Conexión de generadores sincrónicos	45
8.3.3 Conexión de generadores asincrónicos	45
8.3.4 Conexión de unidades generadoras con inversor	45
8.4 Compensación de potencia reactiva	45
9 VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS	46
9.1 Generalidades	46
9.2 Verificación de la potencia inyectada	46
9.2.1 Verificación de la potencia activa inyectada	46

9.2.2 Verificación de los valores de la potencia reactiva	46
9.2.3 Verificación de la función de transición para la potencia reactiva	46
9.3 Verificación de las repercusiones sobre la red	47
9.4 Verificación de las propiedades de la protección de red y de instalación	47
A. ANEXO A, EXPLICACIONES	48
A.1 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN (3.1.8) y UNIDAD GENERADORA (3.1.9)	48
A.2 VARIACIÓN DE TENSIÓN ADMISIBLE (5.3)	48
A.3 REPERCUSIONES SOBRE LA RED (5.4)	49
A.3.1 Variaciones rápidas de la tensión	49
A.3.2 Parpadeo (flicker)	50
A.3.3 Oscilaciones de orden superior y armónicas intermedias	51
A.3.3.1 Generalidades	51
A.3.3.2 Inversores guiados por la red (de 6 o de 12 pulsos)	51
A.3.3.3 Inversores modulados por pulsos	51
A.4 CRITERIOS DE CONEXIÓN (5.5)	52
A.5 POTENCIA REACTIVA (5.7.5)	52
A.6 EXIGENCIAS GENERALES, SEGURIDAD ANTE FALLA INTERNA (6.1)	54
A.7 INTERRUPTOR ACOPLADOR (6.4)	56
A.8 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN PARA EL INTERRUPTOR ACOPLADOR	56
A.8.1 Generalidades	56
A.8.2 Funciones de protección	56
B. ANEXO B, EJEMPLOS DE CONEXIÓN	57
B.1 POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} \leq 4,16$ kVA	57
B.2 POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} \leq 13,8$ kVA	58
B.3 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON ACOPLAMIENTO COMUNICANTE DE LOS INVERSORES MONOFÁSICOS Y PROTECCIÓN NA INTEGRADA	59
B.4 POTENCIA DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA	60
B.5 CONEXIÓN DE UNA NUEVA UNIDAD GENERADORA EN PARALELO CON UNA INSTALACIÓN EXISTENTE, $S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA	61
B.6 CONEXIÓN CON CAJA COLUMNA DE MEDIDORES	62

B.7	CONEXIÓN CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES (consumo propio según § 33 EEG y § 4 (3) KWK-G)	63
B.8	CONEXIÓN CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES > 30 kVA	64
C	ANEXO C, EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DEL PUESTO DE MEDIDORES	65
C.1	PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON UNA POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA (inyección plena)	65
C.2	PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON UNA POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA Y PROTECCIÓN NA CENTRAL	66
C.3	PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON TRANSFORMADORES DE MEDIDA	67
C.4	PUESTO DE MEDIDORES (que puede estar dispuesto no centralizado) PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE AUTO ABASTECIMIENTO O CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES SEGÚN EEG § 33 y KWK-G § 4	68
C.4.1	GENERALIDADES	68
C.4.2	REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA	69
C.4.3	DISPOSICIÓN DE UN PUESTO DE MEDIDORES CENTRAL	69
D.	ANEXO D, RECONOCIMIENTO DE ISLAS	71
D.1	RECONOCIMIENTO DE LA FORMACIÓN DE ISLAS CON PRUEBA DE CIRCUITO RESONANTE	71
D.1.1	Circuito de prueba	71
D.2	RECONOCIMIENTO DE ISLA CON AYUDA DE UN CONTROL DE LAS TENSIONES TRIFÁSICAS	71
E.	ANEXO E, EJEMPLOS DE ANÁLISIS DE LA CONEXIÓN DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN	73
E.1	CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 20 kVA	73
E.2	CONTROL DE LA POTENCIA REACTIVA EN UN BHKW COMANDADO POR EL CALOR	78
F.	ANEXO F, FORMULARIOS OBLIGATORIOS	80
F.1	PROTOCOLO DE PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN	80
F.2	HOJA DE DATOS PARA INSTALACIONES DE GENERACIÓN	81

F.3	EXIGENCIAS PARA EL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE UNIDADES GENERADORAS	82
F.4	EXIGENCIAS PARA EL INFORME DE PRUEBAS DE LA PROTECCIÓN NA	83
G.	ANEXO G, FORMULARIOS VOLUNTARIOS (no obligatorios)	84
G.1	PEDIDO DE CONEXIÓN	84
G.2	CERTIFICADO DE CONFORMIDAD PARA UNIDADES GENERADORAS	85
G.3	CERTIFICADO DE CONFORMIDAD PARA LA PROTECCIÓN DE LA RED Y DE LA INSTALACIÓN	86
	LITERATURA DE REFERENCIA	87

1 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma de aplicación VDE rige para la planificación, construcción, operación y modificación de medios de generación que se conectan a la red de baja tensión de un operador de redes y operan en paralelo con ella (el punto de conexión a la red está en baja tensión). Al respecto es necesario considerar principalmente modificaciones en las instalaciones de generación (IG) que tienen implicancias importantes sobre el comportamiento eléctrico en el punto de conexión.

Para la planificación de la conexión a una red, así como para la expansión y modificación de una instalación de generación valen los requisitos Técnicos de Conexión (TAB) vigentes al momento de presentar la solicitud de conexión. Bajo el concepto de modificaciones de la conexión a la red se incluyen la reconstrucción, ampliación, demolición o desmontaje de una instalación de cliente, así como la modificación de la potencia aparente máxima de una instalación de generación $S_{Am\acute{a}x}$ o del concepto de conexión a la red.

OBSERVACIÓN 1 Si en lo que sigue se remite a un artículo o exigencias de TAB 2007 [3], se trata en todos los casos de una referencia específica a información contenida en esa TAB 2007 [3]. En otros acápite se citan las condiciones técnicas de conexión exigidas por los operadores de red, que normalmente están basadas en TAB 2007 [3] y que los operadores de red deben comunicar al organismo de regulación competente.

Esta norma de aplicación VDE vale también para instalaciones de reemplazo (grupos de emergencia), cuya operación en paralelo con la red pública va más allá del tiempo de sincronización permitido ≤ 100 ms.

En el caso de instalaciones de generación que si bien se conectan a la baja tensión, quedan unidas a la red de media tensión del operador de redes a través de un transformador particular separado, el punto de repercusión está en la red de tensión media. Para calificar la conexión de tales instalaciones debe emplearse la pauta "Medios de generación en la red de media tensión" del BDEW [2].

OBSERVACIÓN 2 En este contexto está permitido conectar y operar bajo esta norma de "Instalaciones de generación en baja tensión" aquellas instalaciones de generación que están conectadas a una red de baja tensión propia del cliente y ejecutada bajo el concepto de recibir potencia de la red pública, que tengan una potencia aparente de conexión máxima $\sum S_{Am\acute{a}x} \leq 100$ kVA (suma de todas las instalaciones de generación en esta red de baja tensión que no cumplen con los requisitos de la pauta BDEW "Medios de generación en la red de media tensión" [2]).

Medios de generación pueden ser, por ejemplo:

- centrales hidráulicas
- instalaciones fotovoltaicas (PV)
- generadores movidos por máquinas térmicas, p.ej. en centrales de generación y calor (BHKW)
- celdas de combustible

La energía eléctrica puede ser generada por generadores sincrónicos o asincrónicos, con o sin convertidor de frecuencia, o por generadores de corriente continua con inversor (p.ej., celdas solares en instalaciones fotovoltaicas).

La potencia aparente de conexión máxima hasta la cual es posible la conexión a la red de baja tensión depende tanto del tipo y forma de operar del medio de generación como de las características de la red.

2 NORMAS DE REFERENCIA

Los documentos citados a continuación son indispensables para la aplicación de esta norma de aplicación. En referencias con indicación de fecha, vale sólo la edición indicada. En referencias sin fecha, vale la última edición del documento referido (incluyendo todas sus modificaciones).

DIN 18015-2, Instalaciones eléctricas en edificios habitacionales – Parte 2, Tipo y alcance del equipamiento mínimo

DIN 43870, Lugares de medición

DIN 43880, Aparatos de una instalación interior – medidas exteriores y las correspondientes medidas interiores

DIN EN 45011:1998-03, Exigencias generales a oficinas que manejan sistemas de certificación de productos – edición trilingüe EN 45011:1998 (ISO/IEC Guide 65:1996)

DIN EN 50160, Características de la tensión en redes públicas de servicio eléctrico

DIN EN 50438 (VDE 0435-901), Exigencias para la conexión de pequeños generadores a la red pública de baja tensión

DIN EN 60909-0 (VDE 0102), Corrientes de cortocircuito en redes alternas trifásicas – Parte 0: Cálculo de las corrientes

DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 3-2: Valores límite – Valores límite para corrientes armónicas superiores (corriente de entrada en el equipo 16 A por conductor)

DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 3-3: Valores límite – limitación de variaciones de tensión, oscilaciones de tensión y parpadeo en redes públicas de baja tensión, para equipos con corriente nominal ≤ 16 A por conductor que no están afectados a una condición especial de conexión

DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 3-11: Valores límite; limitación de variaciones de tensión, oscilaciones de tensión y parpadeo en redes públicas de baja tensión – equipos e instalaciones con corriente nominal ≤ 75 A por conductor, afectados a una condición especial de conexión

DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 3-12: Valores límite – valores límite de corrientes armónicas superiores producidas por equipos e instalaciones con una corriente de entrada ≤ 16 A y ≤ 75 A por conductor, previstos de ser conectados a redes públicas de baja tensión

DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 4-7: Procedimientos de pruebas y medidas – Guía general a los procedimientos e instrumentos para la medida de armónicas superiores e intermedias en redes de abastecimiento eléctrico y equipos conectados

DIN EN 61000-4-30 (VDE 0847-4-30), Compatibilidad electromagnética (EMV) – Parte 4-30: Procedimientos de pruebas y medidas – Procedimientos para medir la calidad de la tensión

DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-460), Construcción de instalaciones de baja tensión – Parte 4: Medidas de protección – Capítulo 46: Separar e interrumpir

DIN VDE 0100 (VDE 0100), Construcción de instalaciones de baja tensión

DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200), Construcción de instalaciones de baja tensión – Conceptos generales

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), Construcción de instalaciones de baja tensión – Parte 4-41: Medidas de protección – Protección contra contacto eléctrico

DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551), Instalaciones eléctricas en edificios – Parte 5: Elección y construcción de equipos eléctricos – Capítulo 55: Otros equipos – Acápite 551: Instalaciones de generación eléctrica de baja tensión

DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712), Construcción de instalaciones de baja tensión – Parte 7-12: Exigencias para oficinas, salas e instalaciones especiales – Sistemas de generación solar-fotovoltaica

DIN VDE 0105 (VDE 0105), Operación de instalaciones eléctricas

DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100):2009-10, Operación de instalaciones eléctricas – Parte 100: Consideraciones generales

DIN VDE 0603 (VDE 0603), Repartidores en instalaciones y puestos de medida AC 400 V

VDE-AR-N 4400:2011-08, Medidas de corriente (metering code)

3 CONCEPTOS Y ABREVIATURAS

3.1 Conceptos

Para el uso de este documento valen los siguientes conceptos (en alemán están ordenados alfabéticamente).

3.1.1

Operador de la instalación

Empresario o una persona, natural o jurídica, por él designada, que se encarga de las obligaciones de la empresa en cuanto a la operación segura y el correcto estado de las instalaciones del cliente.

3.1.2

Constructor de las instalaciones

Personas o empresas que construyen, amplían, modifican o mantienen una instalación eléctrica, así como personas o empresas que si bien no han construido, ampliado, modificado o mantenido una instalación eléctrica, han revisado los trabajos ejecutados, en calidad de expertos, tomando así la responsabilidad por su ejecución de forma debida.

3.1.3

Tomador de la conexión

Es toda persona natural o jurídica (p.ej., el propietario) cuya instalación eléctrica está unida directamente, a través de una conexión, con la red de un operador de redes.

Observación: el tomador de conexión está en una relación jurídica con el operador de redes.

3.1.4

Reconexión automática (AWE)

Es la reconexión del interruptor de potencia correspondiente a una parte fallada de la red, controlada por un dispositivo automático, hecha en la esperanza de que la falla haya desaparecido durante el tiempo de interrupción.

3.1.5

Corriente de diseño I_r

Para un equipo o instalación, es la corriente con la cual el equipo o instalación puede operar permanentemente, según definición de la norma o diseño del fabricante.

3.1.6

Sistema de corriente alterna

3.1.6.1

Sistema de corriente alterna ideal

Es un sistema trifásico simétrico con las siguientes características

- 1) Simetría eléctrica de las unidades de generación, es decir,
 - a) Los valores efectivos de las tres tensiones en estrella o entre fases son en cada caso iguales
 - b) Todas las tensiones poseen la misma frecuencia f o bien la misma frecuencia angular $\omega=2\pi f$
 - c) El desplazamiento angular entre las diversas tensiones es de 120°
- 2) Los equipos de operación están contruidos simétricamente, con las mismas impedancias de secuencia positiva y negativa
- 3) Carga simétrica

3.1.6.2

Sistema de corriente alterna real

Es una red de corriente alterna en la cual la simetría de las tensiones de red puede estar alterada por la influencia de cargas desequilibradas o de instalaciones de generación que inyectan con asimetría.

3.1.7

Circuito de corriente final

Es un circuito de corriente que está previsto para abastecer directamente con electricidad equipos eléctricos de consumidores o bien enchufes.

3.1.8

Instalación de generación (EZA)

Todas las unidades generadoras de un portador de energía primaria (p.ej., todas las unidades PV) conectadas a una conexión de red o bien a la conexión de una casa (véase también Anexo A).

Observación: Los símbolos ocupados en fórmulas, que se refieran a instalaciones de generación, llevarán el subíndice "A".

3.1.9

Unidad generadora (EZE)

Cada unidad que por separado está destinada a la producción de energía eléctrica (véase también Anexo A).

Observación 1: En el caso de una unidad fotovoltaica corresponde al inversor, incluyendo los componentes/módulos solares (que desde el punto de vista de la red) están conectados a continua-

ción. Una instalación generadora fotovoltaica con dos inversores directamente conectados al mismo lugar de medidores consiste entonces en dos unidades generadoras.

Observación 2: Los símbolos ocupados en fórmulas, que se refieran a la unidad generadora, llevarán el subíndice “E”.

3.1.10

Parpadeo (flicker)

Designa la impresión subjetiva de variaciones en la densidad luminosa, que se origina por las variaciones en la tensión, transmitidas a través de la cadena ampollita eléctrica – ojo – cerebro.

3.1.10.1

Intensidad del parpadeo de corta duración P_{st}

Es una magnitud que permite dimensionar oscilaciones de tensión que producen parpadeo, durante un tiempo de observación de 10 minutos.

Observación: El subíndice “st” designa en este caso “tiempo breve” (del inglés short time).

3.1.10.2

Intensidad del parpadeo de larga duración P_{lt}

Es una magnitud que permite dimensionar oscilaciones de tensión que producen parpadeo, durante un tiempo de observación de 120 minutos.

Observación: El subíndice “lt” designa en este caso “tiempo largo” (del inglés long time).

3.1.11

Punto de conmutación con función de separación accesible en todo momento

Punto aéreo de conexión del cable interno domiciliario con la arremetida de la red de baja tensión del operador de redes (p.ej., armario de conexión de cables, armario repartidor de cables, estación con transformador, caja de conexión casera), siempre que esté accesible en todo momento y sin restricciones para el personal del operador de redes.

3.1.12

Instalación del cliente

Instalación eléctrica según § 13 y § 14 NAV y consecuentemente, la totalidad de los medios eléctricos de operación detrás del punto de entrega, con excepción de la instalación de medición; sirve para el abastecimiento de los usuarios de la conexión.

3.1.13

Potencia de cortocircuito

3.1.13.1

Potencia de cortocircuito inicial S''_k

Es la potencia alterna de cortocircuito inicial, determinante en el cálculo de la resistencia al cortocircuito según DIN EN 60909-0 (VDE 0102)

$$S''_k = \sqrt{3} U_n I_k$$

3.1.13.2

Potencia de cortocircuito de la red S''_{kN}

Potencia de cortocircuito existente por el lado de la red, sin la participación de la instalación de generación por conectar.

3.1.13.3

Potencia de cortocircuito de la red S''_{kV}

Es la potencia de cortocircuito de la red, en el punto de conexión, basada en la corriente de cortocircuito permanente, determinante en el cálculo de reacciones sobre la red.

Observación: Al respecto, véase [4]. Es normalmente menor que la potencia de cortocircuito que se utiliza para verificar la resistencia al cortocircuito de las instalaciones.

3.1.14

Corriente de cortocircuito I''_k

Corriente alterna de cortocircuito inicial según DIN EN 60909-0 (VDE 0102).

3.1.15

Interrupción breve

Breve interrupción (de la conexión), originada por una desconexión automática de una falla y la reconexión AWE que le sigue, o cualquier otra interrupción de duración breve.

3.1.16

Potencia

3.1.16.1

Potencia aparente de dimensionamiento S_{rE}

La potencia aparente para la cual están dimensionadas las componentes de la unidad generadora.

3.16.2

Potencia reactiva Q

Componente de la potencia aparente que no contribuye a la generación de energía eléctrica.

Observación: Es el producto de la potencia aparente por el seno del ángulo de desfase φ existente entre las oscilaciones básicas de la tensión estrella de los conductores U y la corriente I .

3.1.16.3

Potencia aparente máxima de una instalación de generación $S_{Amáx}$

Es la potencia útil máxima de la instalación de generación $P_{Amáx}$ dividida por el $\cos \varphi$ entregado por el operador de la red

$$S_{Amáx} = \frac{P_{Amáx}}{\cos \varphi}$$

Observación: $S_{Amáx}$ es determinante en la prueba de conexión a la red.

3.1.16.4

Potencia aparente máxima de una unidad generadora $S_{Emáx}$

Es la potencia útil máxima de la unidad generadora $P_{Emáx}$ dividida por el $\cos \varphi$ entregado por el operador de la red

$$S_{Emáx} = \frac{P_{Emáx}}{\cos \varphi}$$

3.1.16.5

Potencia útil máxima de una unidad generadora $P_{Emáx}$

Es la mayor potencia útil de una unidad generadora, obtenida como el mayor promedio posible en un lapso de tiempo de 10 minutos.

3.1.16.6

Potencia útil máxima de una instalación de generación $P_{Amáx}$

Es la mayor potencia útil de una instalación de generación, resultante de la suma de las potencias útiles máximas de sus unidades generadoras ($P_{Amáx} = \sum P_{Emáx}$).

3.1.16.7

Potencia aparente S

Es el producto de los valores efectivos de la tensión conductor exterior – conductor de neutro por la corriente en cada conductor exterior.

3.1.16.8

Potencia útil P

Es la potencia eléctrica determinante en la generación de energía eléctrica, y que está disponible para ser transformada en otras formas de energía (p.ej., mecánica, térmica o química).

Observación: Es la potencia nominal de la unidad generadora, en condiciones nominales, indicada por el fabricante. Se debe considerar la potencia entregada por los medios de operación de la planta en el lado de la red (p.ej., inversor).

3.1.17

Factor de potencia λ

Es la relación entre la magnitud de la potencia activa $|P|$ y la potencia aparente S:

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

Observación: λ , P y S se refieren a valores efectivos de la respectiva función alterna completa, incluyendo la onda fundamental y todas las armónicas superiores.

3.1.18

Máximo factor de corriente de conmutación $K_{imáx}$

Es el cociente entre la mayor corriente que aparece durante un proceso de acoplamiento (p.ej., corriente de partida o de maniobra, o la mayor corriente de desconexión en operación normal) y la corriente nominal del generador I_{rE} . La corriente debe ser entendida como valor efectivo sobre un período.

3.1.19

Red de media tensión

Red alterna de los operadores de redes con una tensión nominal comprendida entre 1 kV y 60 kV.

3.1.20

Punto de conexión a la red

Es el punto de la red en que la instalación del cliente se conecta a la red del operador de redes.

Observación: El punto de conexión a la red tiene importancia sobre todo en relación con la planificación de la red. Una distinción entre punto de conexión y punto de transición no es siempre necesaria.

3.1.21

Operador de red

Es el operador de una red pública de abastecimiento de energía eléctrica.

3.1.22

Ángulo de impedancia de la red Ψ_k

Arco tangente de la relación de la reactancia X_k con la resistencia R_k de la impedancia de cortocircuito en el punto de la red en consideración ($\Psi_k = \arctg (X_k / R_k)$).

3.1.23

Protección de la red y las instalaciones (protección NA)

Instalación de protección, probada por tipos, con certificado de conformidad, en la que se encuentran equipadas todas las funciones de protección según 6.5.

3.1.24

Red de baja tensión

Red alterna del operador de redes con una tensión nominal ≤ 1 kV.

3.1.25

Oscilación de orden superior (armónica) v

Es una oscilación sinusoidal, cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia nominal de la red (50 Hz).

3.1.26

Instalaciones de generación regulables

Instalaciones fotovoltaicas o cualquier otro tipo de instalación de generación que pueden ser operadas en todo el rango de potencias entre 0% $P_{Am\acute{a}x}$ y 100% $P_{Am\acute{a}x}$.

3.1.27

Equipo de protección

Equipo que contiene uno o más relés de protección, así como, de ser necesario, componentes lógicos, que le permiten realizar una o más funciones de protección preestablecidas.

3.1.28

Auto supervisión

Función que normalmente está incorporada dentro del equipo de protección y que está diseñada para ubicar automáticamente fallas dentro y fuera del equipo de protección.

3.1.29

Tensión

3.1.29.1

Tensión de diseño U_r

Es la tensión de un equipo o de una instalación, definida por el fabricante o por una norma, que este equipo o instalación soporta en forma permanente.

3.1.29.2

Tensión de servicio U_b

Es el valor efectivo (valor medio en un período de 10 minutos) de la tensión concatenada, durante operación normal, en un instante determinado, en un punto determinado de la red.

3.1.29.3

Tensión nominal U_n

Es la tensión mediante la cual se denomina o identifica una red o una instalación.

3.1.30

Variación de tensión $\Delta U_{m\acute{a}x}$

Designa la elevación o disminución del valor efectivo de la tensión, distinguiéndose variaciones de tensiones lentas y rápidas.

Observación: Cuando la variación de tensión se da en forma relativa, se refiere la variación de la tensión concatenada a la tensión de operación de la red:

$$\Delta u = \frac{\Delta U_{m\acute{a}x}}{U_b}$$

3.1.30.1

Variación lenta de tensión

Es la elevación o reducción de la tensión (valor promedio, en 10 minutos, del valor efectivo), normalmente como resultado de cambios en el valor de la carga total y/o de la inyección total de generación, en una red o en una parte de ella.

3.1.30.2

Variación rápida de tensión

Una única y rápida variación del valor efectivo de la tensión entre dos valores consecutivos de la tensión, cada uno de ellos con una duración específica, pero no fija.

3.1.31

Sobre excitación

Condición operativa de un generador sincrónico en la que éste toma potencia reactiva capacitiva desde la red.

3.1.32

Punto de transición

Es el punto de la red que representa el límite entre las áreas de responsabilidad del operador de la red y del operador de la instalación de conexión.

Observación: El punto de transición tiene importancia sobre todo para la operación. No corresponde necesariamente al límite de las propiedades.

3.1.33

Razón de transformación \ddot{u}

Cociente entre las tensiones de diseño de alta y baja de un transformador.

3.1.34

Sub excitación

Condición operativa de un generador sincrónico en la que éste toma potencia reactiva inductiva desde la red.

3.1.35

Punto de repercusión

Es el lugar en la red pública, más cercano a la instalación del cliente, en que están conectados o

en que existe la posibilidad de que se conecten otros clientes.

Observación: Normalmente, el punto de repercusión es el punto de conexión a la red. Tiene importancia para juzgar las repercusiones de la instalación sobre la red.

3.1.36

Factor de desplazamiento $\cos \varphi$

Es el coseno del ángulo de desfase entre las oscilaciones fundamentales de la tensión fase - neutro y de la corriente.

3.1.37

Armónicas intermedias μ

Son las oscilaciones sinusoidales, cuya frecuencia no es un múltiplo entero de la frecuencia nominal de la red (50 Hz).

Observación: Las armónicas intermedias cubren todo el espectro, incluyendo el rango de frecuencias entre 0 y 50 Hz.

3.2 Abreviaturas

Para el uso de la presente norma VDE valen las siguientes abreviaturas, que se agregan a las contenidas en la Norma DIN EN 50173.

AWE	Reconexión automática
BGV	Reglamentos de los gremios profesionales
BHKW	Bloque con central y calefacción
BKE	Instalación de contactos y afianzamiento
EMK	Fuerza electromotriz
EZA	Instalación generadora
EZE	Unidad de generación
FI(-Schutz)	Protección por corriente de falla
IG	Instalación de generación
KWK	Acoplamiento fuerza-calor
NA-Schutz	Protección de red e instalación
PEN	Conductor de neutro y seguridad (del inglés Protective Earth Neutral)
PV	Fotovoltaico
RCD	Protección por corriente residual (del inglés Residual Current Protective Device)
TAB	Disposiciones técnicas de conexión
TRA	Instalaciones de control por frecuencia audible
TRBS	Normas técnicas para la seguridad de la operación
TN-C	Conductor combinado de neutro y seguridad (del francés Terre Neutre Combiné)
TN-S	Conductores de neutro y seguridad separados (del francés Terre Neutre Séparé)
TT	Conductor de seguridad separado (del francés Terre-Terre)

4 CONDICIONES GENERALES

4.1 Disposiciones e instrucciones

Los medios de generación deben ser construidos y operados respetando cada una de las disposiciones e instrucciones vigentes en cada caso, de manera que puedan operar adecuadamente en paralelo con la red de baja tensión del operador de la red y se elimine toda posible repercusión inadmisible sobre la red o sobre otros clientes. Para ello se requiere, entre otros, que no se supere la potencia aparente de inyección máxima de la instalación $S_{Am\acute{a}x}$.

Para la construcción y la operación de las instalaciones eléctricas se debe respetar:

- las instrucciones legales y administrativas vigentes;
- las normas DIN y DIN-VDE vigentes, en particular la norma DIN VDE 0100 (VDE 0100), y con ello la DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551), armonizada con la norma europea;
- las disposiciones de los gremios profesionales competentes, vigentes, relativas a la seguridad y a la previsión de accidentes del trabajo;
- las disposiciones y requisitos del operador de la red de distribución, en particular las disposiciones técnicas de conexión (TAB).

Todo trabajo en la instalación eléctrica, detrás de la protección existente en la conexión de la casa, debe ser ejecutado por un instalador eléctrico inscrito en el registro de instaladores del operador de la red. Sólo se exceptúan trabajos de mantenimiento detrás del puesto de medidas.

El operador de la red de distribución puede, en casos individuales justificados, exigir modificaciones o complementos a las instalaciones en proyecto o existentes, siempre que ello sea indispensable por razones de un abastecimiento seguro y sin perturbaciones.

4.2 Procedimiento de inscripción y antecedentes relevantes para la conexión

El operador de la red debería participar ya en la etapa de planificación. Para la inscripción del proyecto, que en términos generales debería hacerse respetando el procedimiento indicado en TAB 2007 [3] y aquel considerado por el operador de la red, se deberán presentar oportunamente al operador de la red los siguientes antecedentes:

- Declaración de inscripción de la conexión a la red (normalmente un formulario impreso por el operador de red; si no, el formulario de solicitud presentado en el Anexo G.1);
- Plano de ubicación, con la dirección de la propiedad, en el que además se indique la designación y los límites del terreno, así como la ubicación exacta de la instalación de generación;
- Hoja de datos técnicos de las instalaciones (ver ejemplo en Anexo F.2);
- Indicación de si el operador de la instalación desea una inyección plena o excedentaria (ver Anexo F.2);
- Para cada unidad generadora, un certificado de conformidad, con el correspondiente protocolo de pruebas. En estos certificados se indican las propiedades eléctricas de la unidad generadora y se ratifica su conformidad con los requisitos de la norma (ver Anexos F.3 y G.2);
- Descripción de las protecciones, según capítulo 6, y un certificado de conformidad, con su correspondiente protocolo de pruebas, para las protecciones de la instalación y de la red (para la protección NA, ver capítulo 6, respectivamente los Anexos F.4 y G.3);
- Plano de disposición y unilineal de la conexión de las instalaciones a la red de baja tensión, que contenga los datos de los medios operativos dispuestos, detallando la disposición de los

equipos de medida y protección, así como los puestos de facturación (incluso si están descentralizados). Para ello, ver Anexo B.

4.3 Puesta en servicio de la instalación generadora

Como máximo una semana antes de la fecha prevista para la puesta en servicio de las instalaciones deberá entregar el constructor de las instalaciones el formulario de puesta en servicio, completo y firmado, al operador de la red. Para ello utilizará el procedimiento establecido por el operador de la red.

La puesta en servicio de una instalación generadora sin la autorización del operador de la red está prohibida, ya que puede poner en peligro la seguridad operativa de la red y alterar la calidad de las tensiones en la red.

El constructor de las instalaciones y el operador de la red deberán concordar la fecha de puesta en servicio de las instalaciones de generación y la fecha de la primera operación en paralelo.

Al poner en servicio instalaciones KWK, que manejan calor, y que operan en un modo monovalente (no hay otro generador de calor), se procurará realizar la puesta en servicio con la mayor rapidez posible.

El constructor de las instalaciones realiza la puesta en servicio de la planta generadora. El operador de la red y el operador de las nuevas instalaciones acordarán si es necesaria la presencia en ellas del operador de la red. El constructor de las instalaciones deberá emitir un protocolo de puesta en servicio (ver Anexo F.1).

En el protocolo de puesta en servicio, el constructor de las instalaciones confirmará que las obras fueron realizadas respetando los requisitos técnicos de conexión contenidas en esta norma VDE.

Una vez completado el protocolo de puesta en servicio, será firmado en dos ejemplares. Un ejemplar queda a cargo del operador de las instalaciones, quien lo guardará para certificar la realización de las pruebas. El segundo ejemplar será entregado al operador de la red.

Para la primera operación en paralelo con la red se procederá de la siguiente manera:

- inspección de las instalaciones;
- comparación de las instalaciones construidas con los antecedentes de planificación;
- comparación de los equipos de medida y facturación con los antecedentes técnicos y comerciales presentados;
- someter a una prueba de arranque los contadores para la entrega y eventual compra de energía;
- verificación de la conexión y desconexión del equipo externo de compensación de potencia reactiva (de existir), en conjunto con la correspondiente instalación de generación;
- en el caso de instalaciones de generación con potencias > 100 kW, comprobación de los dispositivos técnicos para reducir la potencia inyectada en el marco del manejo de la generación / manejo de la inyección / manejo de la seguridad de la red;
- comprobación de los dispositivos de supervisión de la inyección máxima de potencia aparente (si es que el operador de la red lo exigió);

En caso de existir una protección central tipo NA (protección de la red y de las instalaciones, ver capítulo 6), es necesario que el constructor de las instalaciones realice un disparo, para verificar el funcionamiento del circuito protección NA – interruptor de acoplamiento. La protección central NA dispone para ello de un botón de prueba, cuyo accionamiento hace funcionar el interruptor. La operación debe ser visible en el interruptor.

Se deberá controlar que el valor de ajuste de la protección de sobretensión $U>$ en la protección NA que esté más cerca de la conexión a la red (puede ser la protección NA central, pero también la protección NA integrada), corresponda a $1,1 U_n$. De no ser así, ajustar a este valor y documentar el hecho en el protocolo de puesta en servicio F.1.

Tanto la protección NA central como aquella integrada deberán ser selladas después de la puesta en servicio de la instalación generadora, o bien, si el equipo lo permite, establecer un código (password) de seguridad, código que no debe ser conocido por el operador de la instalación.

5 CONEXIÓN A LA RED

5.1 Principios para establecer el punto de conexión

Las instalaciones de generación serán conectadas en un punto adecuado de la red, el punto de conexión. Sobre la base de los antecedentes descritos en 4.2, el operador de la red determina el punto de conexión más adecuado, de manera que asegure un funcionamiento seguro de la red, incluyendo la nueva instalación generadora, y que sea posible recibir y transmitir la nueva inyección de potencia. De importancia decisiva en este análisis es siempre el comportamiento de la instalación generadora en el punto de conexión, respectivamente, en el punto de repercusión. Con ello se pretende asegurar que la instalación generadora pueda ser operada sin reacciones molestas sobre la red pública, que pudieren reducir la calidad de servicio para otros clientes. En el Anexo E se presentan algunos ejemplos de juicios sobre la conexión de instalaciones de generación.

Por principio, las instalaciones de generación se conectan al punto de transición de la instalación de recepción del cliente.

En algunos casos individuales puede ser necesario construir un punto de transición separado, según TAB 2007 [3], para la conexión de la instalación generadora, punto que se une a la red mediante una línea de conexión separada. En tal caso es preciso asegurarse de que la instalación generadora esté claramente aislada eléctricamente del resto de las instalaciones receptoras de energía del cliente. El punto de transición para la instalación receptora deberá disponer de una indicación de la ubicación del punto de transición para la instalación generadora.

Por principio, instalaciones de generación ubicadas en terrenos distintos, cada uno con conexión de recepción desde la red pública, no pueden ser conectadas a la red del operador de red en un solo punto de conexión para la entrega común. Sin embargo, instalaciones de generación ubicadas en un mismo edificio, cada una con su conexión de recepción desde la red, si pueden ser unidas a un punto común de conexión para la entrega a la red. Tal como en el caso indicado más arriba, se requiere en las instalaciones receptoras una indicación de la ubicación de los puntos de transición.

El propietario de la instalación de transición deberá caracterizar cada punto de transición separado de una instalación generadora con un letrero duradero “Sitio de separación instalación generadora – red de distribución”.

Para apreciar la posibilidad de conectar una instalación generadora, desde el punto de vista de las repercusiones sobre la red, se considera la impedancia de la red en el punto de repercusión (nivel de cortocircuitos de la red, resonancias), la potencia aparente a inyectar máxima, así como el tipo y forma de operar de la instalación generadora. En este análisis se considera el estado de conexión normal y la operación sin problemas de la red. En la medida que haya varias instalaciones de generación conectadas a la misma red de distribución, se deberá considerar su efecto acumulado. Es posible que, por variaciones en la topología de la red originadas por mantenimientos o fallas, sea necesario reducir temporalmente la potencia entregada en el punto de conexión a la red en análisis, o incluso, que se requiera desconectar temporalmente la instalación. Ejemplos de conexión se muestran en el Anexo B.

5.2 Dimensionamiento de los equipos operativos en la red

Las instalaciones de generación pueden originar, por su forma de operar, una mayor carga en líneas, transformadores y otros equipos operativos en la red. Es por ello que el operador de la red efectúa una revisión de la factibilidad de cargar estos equipos con las inyecciones de las instalaciones de generación conectadas, considerando los reglamentos vigentes.

El cálculo se hace considerando la máxima potencia aparente correspondiente a la suma de las instalaciones de generación $\sum S_{Am\acute{a}x}$ y por regla general con el grado de carga $m = 1$. Se exceptúa el caso de cables enterrados para la conexión de instalaciones fotovoltaicas, en que se calcula con $m = 0,7$.

5.3 Variación aceptable de la tensión

Cuando la red opera sin perturbaciones, el valor relativo de las variaciones de tensión originadas en todos los puntos de repercusión, por todas las fuentes de generación con punto de conexión en una red de distribución determinada, no deben exceder el valor 3%, referido a la situación sin instalaciones de generación:

$$\Delta u_a \leq 3\% \quad (1)$$

En casos individuales fundados, según determinación del operador de la red y tomando en consideración las posibilidades de sostener estáticamente las tensiones, es posible desviarse de este valor 3%.

Observación: La variación de tensión puede ser positiva o negativa, es decir, puede haber una subida o una bajada de la tensión, dependiendo del factor de desplazamiento resultante con todas las instalaciones de generación conectadas.

En el cálculo de las variaciones de tensión es preciso considerar el factor de desplazamiento indicado por el operador de la red para el caso de la máxima potencia aparente de conexión de la instalación de generación $S_{Am\acute{a}x}$.

En el caso de redes de distribución enmalladas y potencias a inyectar elevadas y espacialmente alejadas, se recomienda realizar el cálculo de las variaciones de tensión con ayuda de programas de flujos de potencias complejos.

5.4 Repercusiones sobre la red

5.4.1 Generalidades

Las instalaciones eléctricas de la instalación del cliente deben ser planificadas, construidas y operadas de tal manera, que las repercusiones sobre la red del operador de redes y sobre las instalaciones de otros clientes sean limitadas de forma permanente a un valor tolerable. Si de todas maneras aparecen repercusiones molestas sobre la red de distribución, el cliente deberá tomar medidas de paliación en sus instalaciones, las que deberán ser consensuadas con el operador de la red. El operador de la red está autorizado para separar de la red la instalación de generación, hasta que se resuelva la dificultad.

Valores obtenidos de los instrumentos del constructor que puedan ser indispensables para calificar repercusiones sobre la red, deberán ser puestos a disposición del operador de la red por el tomador de la conexión (ver Anexo F.3).

Si la conexión de varias instalaciones de generación lleva a exceder los valores límites de parpadeo (flicker) en el punto de repercusión más desfavorable, habrá que tomar medidas para respetar el límite de parpadeo en dicho punto. La responsabilidad de ellas recaerá sobre los operadores de instalaciones, sucesivamente en el orden en que tengan mayor participación en la intensidad del parpadeo.

5.4.2 Variaciones rápidas de la tensión

Las variaciones de tensión en el punto de repercusión originadas por la conexión o desconexión simultánea de unidades de generación no llevan a repercusiones indeseables sobre la red cuando la variación máxima de tensión en dicho punto (referida a U_n) no supera el valor 3%.

$$\Delta u_{m\acute{a}x} \leq 3\% \quad (2)$$

Con este valor de 3%, la repetición de estas variaciones no debe superar una vez en 10 minutos.

Dependiendo del nivel de cortocircuitos de la red en el punto de repercusión S_{kV} , de la potencia aparente de conexión máxima de la unidad generadora conectada y de la relación entre la corriente de partida I_a y la corriente de diseño I_{rE} , es posible estimar la variación de tensión con la siguiente fórmula:

$$\Delta u_{m\acute{a}x} = \frac{k_{m\acute{a}x} \cdot S_{nEm\acute{a}x}}{S_{kV}} = \frac{I_a}{I_{rE}} \cdot \frac{S_{Em\acute{a}x}}{S_{kV}} \quad (3)$$

5.4.3 Parpadeo

Como parpadeo (flicker) se designa un fenómeno caracterizado por oscilaciones de la tensión, cuya frecuencia y amplitud alcanzan valores tales, que las ampollas alimentadas por esta tensión presentan molestas oscilaciones luminosas. Detalles se pueden obtener de [4]. La unidad de medida y criterio de apreciación de la gravedad del parpadeo originado por instalaciones de generación es la intensidad de parpadeo de larga duración P_{lt} .

Se considera que las repercusiones originadas por instalaciones de generación con corrientes de diseño ≤ 75 A están suficientemente limitadas cuando las unidades generadoras respetan los valores límites indicados por las normas DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3), resp. DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11).

El conjunto de todas las instalaciones de generación conectadas a la red de baja tensión no debe superar, en el punto de repercusión más delicado, la intensidad de parpadeo de larga duración

$$P_{lt} = 0,5 \quad (4)$$

Este valor rige también para instalaciones de generación con corrientes de diseño > 75 A.

5.4.4 Armónicas superiores e intermedias

Las corrientes de armónicas superiores e intermedias generadas por las instalaciones de generación forman parte del informe de conformidad (ver capítulo 9).

Se considera que las repercusiones sobre la red están suficientemente limitadas cuando las unidades generadoras respetan los valores límite

- De la clase A, en Tabla 1 de la norma DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), si la corriente de diseño ≤ 16 A por conductor;
- De las Tabla 2 y 3 de la norma DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), si la corriente de diseño > 16 A y ≤ 75 A por conductor.

Tabla 1 – Armónicas superiores, referidas a la potencia de cortocircuito de la red S_{KV} , que se admite sean inyectadas en un punto de conexión a la red.

Número de orden v, μ	Corriente armónica superior relativa $i_{v,\mu zul}$ [A/MVA]
3	3
5	1.5
7	1
9	0.7
11	0,5
13	0,4
17	0.3
19	0.25
23	0.2
25	0.15
$25 < v < 40$ (impares)	$0.15 \cdot 25/v$
v par	$1.5/v$
$\mu < 40$	$1.5/v$
$42 < \mu, v < 178^b$	$4,5/v$

^b múltiplos enteros y no enteros dentro de un ancho de banda de 200 Hz con la frecuencia media v . Medidas según DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7).

En los casos en que las referidas normas indican valores límites específicos para determinadas unidades generadoras, se deberá considerar dichos valores.

En caso de que no se respeten los valores límites de las normas DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), resp. DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12), se calculan las corrientes armónicas superiores admisibles I_{vzul} de una instalación de generación a partir de las corrientes armónicas superiores unitarias

i_{vzul} indicadas en Tabla 1, multiplicadas por la potencia de cortocircuito de la red en el punto de repercusión (sin la colaboración al cortocircuito de la instalación de generación):

$$I_{vzul} = i_{vzul} \cdot S_{KV} \quad (5)$$

La Tabla 1 vale también en el caso de instalaciones de generación con corrientes de diseño > 75 A.

Cuando en un mismo punto de repercusión intervienen varias instalaciones de generación, se obtienen las corrientes a considerar de la misma Tabla 1, superponiendo las corrientes según se indica en A.3.3.

Las corrientes armónicas superiores deben ser medidas según DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7).

Observación: De los procedimientos indicados en la norma DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7) deberá emplearse:

- Con oscilaciones superiores, el valor efectivo de subgrupos de armónicas superiores;
- Con oscilaciones intermedias, el valor efectivo de subgrupos centrados de armónicas intermedias.

Las corrientes armónicas superiores que, como resultado de una tensión de red deformada, fluyen hacia la instalación del cliente (p.ej., hacia los circuitos de filtros), no se consideran a cargo de la instalación de generación. Lo mismo vale si la instalación de generación trabaja como un filtro activo de armónicas superiores, reduciendo de forma continua las armónicas de orden superior contenidas en la tensión de la red. No se debe afectar de forma indebida a los sistemas de control por frecuencias audibles (ver 5.4.7).

5.4.5 Asimetrías de las tensiones

Cuando se conectan varias instalaciones de generación monofásicas en un mismo punto de conexión se debe buscar que las inyecciones de potencia sean lo más iguales posibles en los tres conductores de la red, no siendo lícito superar una diferencia máxima en las potencias de 4,6 kVA.

5.4.6 Caídas por fallas de conmutación

La profundidad relativa de las caídas por fallas de conmutación d_{conm} originadas en los inversores manejados por la red no puede superar, en el punto de repercusión y en las peores condiciones de operación, el valor

$$d_{conm} = 5\% \quad (6)$$

($d_{conm} = \Delta U_{conm} / \hat{U}_n$, en que \hat{U}_n es el valor cresta de la tensión nominal U_n).

5.4.7 Instalaciones de control a frecuencia audible

Las instalaciones de control a frecuencia de tono audible (TRA) operan normalmente con frecuencias comprendidas entre unos 100 Hz y los 1.500 Hz. La frecuencia utilizada en la red local a la cual se va a conectar una instalación de cliente deberá ser consultada al operador de la red. Los niveles de los impulsos de frecuencia audible empleados están normalmente entre 1% U_n y 4% U_n .

Es claro que las instalaciones de generación significan una carga adicional para las estaciones de control; que puede reducir fuertemente el nivel de las señales de control en la red del operador de redes, afectando negativamente estas instalaciones de control.

Por principio, vale que el nivel de los impulsos audibles, en cualquier punto de la red de baja tensión, no puede ser reducido en más de un 5% (con relación a la situación sin instalación de generación), debiéndose considerar las instalaciones consumidoras y de generación de acuerdo con su impedancia a la frecuencia de tono.

Al analizar esta reducción de nivel debido a las instalaciones de generación se debe considerar que aquellas instalaciones de generación que inyectan su potencia a través de inversores estáticos sin circuitos de filtrado no contribuyen normalmente a reducir el nivel de las señales de control. Cuando existen filtros o condensadores de compensación se debe analizar la resonancia serie con la reactancia de cortocircuito del transformador de la instalación.

Además de limitar la caída de nivel de las señales, se deberá evitar que se originen tensiones molestas indebidas. En particular,

- Toda tensión molesta, originada por la instalación de generación, cuya frecuencia corresponda a la del control local, o que esté muy cerca de ella ($\pm 5\%$), no debe superar el valor $0,1\% U_n$;
- La tensión molesta originada por una instalación de generación, cuya frecuencia está en el rango de ± 100 Hz en torno a la frecuencia empleada por el sistema de control local, o que está muy cerca de ella, no puede superar, en el punto de repercusión, el valor $0,3\% U_n$.

Estos valores límite, así como mayores detalles en torno al control, se encuentran definidos en la norma "Sistema de control por frecuencias audibles" [5].

El operador de una instalación de generación deberá adoptar medidas correctivas rápidas, en caso de que su instalación afecte indebidamente el funcionamiento del control por frecuencias audibles de la red, aunque dicho efecto haya sido determinado con posterioridad a la puesta en servicio.

5.4.8 Uso de equipos de onda portadora en la red del cliente

En el caso de que el operador de la instalación utilice en su red equipos de onda portadora, se deberá asegurar, empleando los equipos adecuados (p.ej., trampas de onda), de que no se transmitan señales perturbadoras a la red del operador de redes o a otras instalaciones de clientes.

Un cliente sólo puede ocupar la red del operador de redes para transmitir señales de onda portadora con el permiso de éste.

5.4.9 Precauciones contra caídas o interrupciones de la tensión

Si sus instalaciones de generación son sensibles a breves caídas de la tensión o a interrupciones del servicio, el cliente deberá tomar las precauciones del caso para proteger sus instalaciones y mantener una buena seguridad.

5.5 Criterios para la conexión

Para la ejecución técnica de la conexión de la instalación de generación a la red, o bien, a la instalación del mismo cliente, se deberá respetar los requisitos técnicos de conexión del operador de redes. En caso de inyección plena en la red del operador de redes se deberá conectar sólidamente, dentro de las instalaciones del cliente, la línea de conexión de la instalación de generación con el puesto de medidas; puesto de medidas que deberá ser ejecutado siguiendo la última TAB válida (hoy, TAB 2007 [3]). La inyección al puesto de medidas deberá ser realizada siempre por la parte superior del recinto.

Las instalaciones de generación que operan con inyección de excedentes (p.ej., según § 33 (2) EEG [6], resp. § 4 (3a) KWKG [7]) constituyen una excepción a ello. En efecto, en este caso es posible conectar las instalaciones de generación en subgrupos; en el caso de instalaciones fotovoltaicas hasta una potencia útil $P_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kW. Los puestos de medida para los medidores de inyección Z2 (ver capítulo 7 y ejemplos de conexión en Anexo B) deberán ser ejecutados de la siguiente manera:

- a) Para una disposición central, según TAB vigente (hoy, TAB 2007 [3]);
- b) Para una disposición no central y junto a la instalación de generación, según TAB vigente (hoy, TAB 2007 [3]), o en un repartidor pequeño (≥ 2 TE) según DIN VDE 0603 (VDE 0603), también con medidor con montaje en rieles;
- c) Para una disposición no central dentro de la instalación de generación (unidad con certificado CE), respetando las normas para la conexión del tipo de medidores escogido (tripolar DIN 43870, unidad BKE DIN 43870, equipos de medida para montaje en rieles según DIN 43880, en los tamaños 1, 2 y 3).

Observación 1: Referida a c): El local de montaje y la forma de conexión forman parte de la certificación CE.

Observación 2: Referida a c): Función de ampliación “Capacidad de comunicación”: El fabricante de los equipos deberá indicar en la Hoja técnica que no es posible una conexión futura p.ej., a SmartGrid. Pero, de ser ello posible, deberá indicar cómo podría ser hecha tal ampliación (ya sea interna- o externamente).

La conexión a un circuito de corriente final está prohibida. El constructor de la instalación deberá poner especial cuidado en la comprobación de las instalaciones eléctricas en cuanto a dimensionamiento de conductores y a las protecciones.

Ejemplos de configuraciones de puestos de medida se dan en el Anexo C.

Según la nueva DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551), la conexión de una instalación de generación a la red de baja tensión del operador de redes ya no requiere de un punto de separación permanentemente accesible. Por lo tanto, a futuro se evitará este punto de separación en la conexión a la red pública. Para el operador de redes, esto acarrea consecuencias en la operación de sus redes (ver 8.2).

Las instalaciones de generación deben ser siempre diseñadas y conectadas a la red como si fueran generadores alternos trifásicos simétricos (las propiedades de un sistema alterno trifásico son explicadas en 5.6, el concepto “sistema alterno trifásico” se define en 3.1.6).

Sin embargo, las instalaciones de generación pueden ser conectadas monofásicamente a la red cuando, en cada punto de conexión, la suma de todas las unidades conectadas monofásicamente, por conductor, sea inferior a

$$\sum S_{E_{\max}} \leq 4,6 \text{ kVA} \quad (7)$$

En consecuencia, la potencia máxima que es posible conectar monofásicamente a los tres conductores, en un punto de conexión, es de 13,8 kVA.

Cualquier ampliación de una planta, que lleve a superar este límite, deberá ser conectada a la red en un sistema alterno trifásico. Esta exigencia puede ser cumplida también si las unidades generadoras de una determinada fuente de energía primaria, conectadas independientemente de forma monofásica, poseen un acoplamiento comunicante. Al realizar una ampliación es posible reemplazar los inversores monofásicos por inversores alternos trifásicos (ver 5.6.3), aprovechando así la capacidad máxima de 3x4,6 kVA para la conexión de nuevas unidades de generación.

Un acoplamiento comunicante entre unidades generadoras asegura una inyección simétrica de la instalación de generación en cada uno de los conductores de la red alterna, según 5.6.3.

Observación: Las unidades generadoras con acoplamiento comunicante operan como un inversor simétrico trifásico, inyectando simétricamente aunque falle alguna de las unidades generadoras.

En este caso se permite también una asimetría de 4,6 kVA (entre las situaciones de diseño y de operación) en un punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras (ver Anexo B.4).

Observación: Con esto desaparece la norma anterior, que permitía que las unidades fotovoltaicas entregaran un máximo de 110% de la capacidad de su inversor.

En el Anexo A se dan explicaciones sobre los criterios de conexión; ejemplos de conexión de instalaciones se dan en el Anexo B.

5.6 Redes trifásicas

5.6.1 Generalidades

Debido a la existencia de cargas asimétricas y/o de instalaciones de generación que inyectan asimétricamente, aparecen corrientes asimétricas en un sistema alterno trifásico simétrico. Estas corrientes originan caídas de tensión, que pueden llevar a tensiones asimétricas en otras partes de la red. El valor extremo permisible de la asimetría de tensiones constituye un distintivo del producto tensión de la red, según se define en DIN EN 50160.

Con la idea de mantener las propiedades simétricas de la red trifásica, es preciso que las instalaciones de generación posean las características que a continuación se describen.

5.6.2 Generadores alternos sincrónicos

Los generadores sincrónicos crean una fuerza electromotriz (EMK), resp. una tensión rotórica (tensión en vacío) que satisface los requisitos ideales de simetría (ver Figura 1).

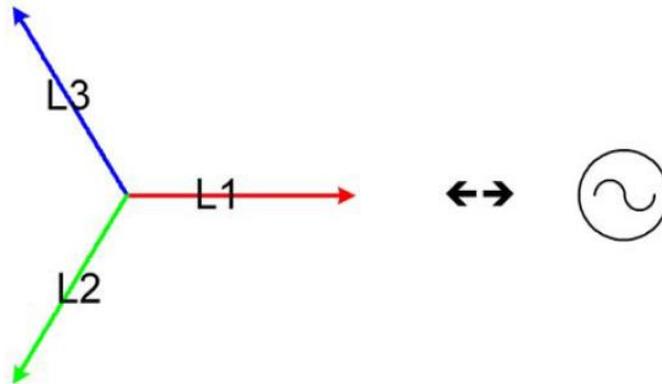


Figura 1 – Tensión en vacío de un generador sincrónico como un sistema trifásico ideal

En caso de un cortocircuito, surge una limitación de las corrientes por efecto de tres “resistencias internas” iguales, que en una primera aproximación se consideran reactancias puras (reactancias de cortocircuito). La Figura 2 muestra un circuito equivalente de un generador sincrónico para el análisis de un cortocircuito. Para un generador sincrónico de rotor cilíndrico vale aproximadamente $x''_g = x''_d$ (p.u.).

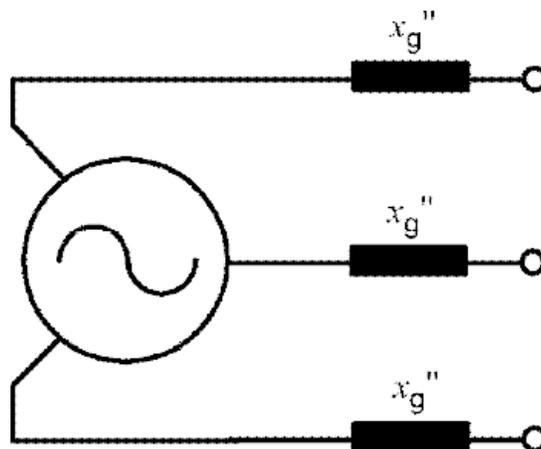


Figura 2 – Circuito equivalente, para un cortocircuito, de un generador sincrónico

Debido a la simetría de las tensiones rotóricas y a la pequeña reactancia de cortocircuito del generador ($x''_d \ll 1$), las eventuales corrientes asimétricas inyectadas al generador sincrónico originan asimetrías muy pequeñas en bornes del equipo. Los generadores están – expresados en componentes simétricas – en condiciones de entregar corrientes de secuencia positiva o negativa, y con una conexión adecuada, de secuencia cero. La inyección de estas corrientes actúa entonces en contra de la asimetría de las tensiones.

5.6.3 Instalaciones con inversores trifásicos

La potencia generada por “instalaciones de generación trifásica por inyección a través de inversores” debe ser inyectada simétricamente a los tres conductores de conexión. La instalación de inversores debe ser hecha preferentemente como una unidad trifásica. Se considera técnicamente equivalente una conexión de tres inversores monofásicos, siempre que ésta inyecte a los tres conductores de conexión en una forma trifásica y simétrica, con ayuda de un acoplamiento comunicante.

Se espera que en un mediano plazo estas instalaciones con inversores trifásicos tengan las mismas condiciones de operación trifásica simétrica que los generadores sincrónicos.

5.7 Comportamiento de la instalación de generación conectada a una red

5.7.1 Generalidades

No está permitido que la instalación de generación se desconecte automáticamente de la red en caso de ocurrir una desviación en la frecuencia que esté en el rango 47,5 Hz a 51,5 Hz. La forma en que ello se logra está descrita en 5.7.3.3 y 5.7.3.4. La ejecución de una regulación de la potencia útil dependiente de la frecuencia ocurre en el control de las unidades generadoras.

5.7.2 Corriente de cortocircuito máxima admisible

Al operar una instalación de generación se incrementa la corriente de cortocircuito en la red de baja tensión, en el valor de la contribución de la instalación. La información sobre la contribución esperada de la instalación de generación en el punto de repercusión debe ser hecha según 4.2. En forma aproximada se pueden considerar en el cálculo de las corrientes de cortocircuito de una instalación de generación los siguientes múltiplos de la corriente nominal:

- En generadores sincrónicos, 8 veces;
- En generadores asincrónicos, 6 veces;
- En generadores con inversor, 1 vez.

En caso de que la corriente de cortocircuito en la red del operador de redes se eleve por sobre el valor nominal, por efecto de la nueva instalación de generación, el tomador de la conexión y el operador de la red deberán concordar medidas adecuadas para limitar la contribución desde la nueva instalación.

5.7.3 Entrega de potencia activa

5.7.3.1 Lo fundamental

El operador de la red está autorizado a solicitar y realizar la desconexión de una instalación en los siguientes casos:

- Peligro potencial para la operación segura de la red;
- Estrechez, resp. peligro de sobrecargas en la red del operador de redes;
- Peligro de una formación de islas;
- La estabilidad estática o dinámica de la red está en peligro;
- Elevación de la frecuencia que pone en peligro el sistema;
- Reparaciones, resp. realización de faenas de construcción;
- Operación de la red con unidades de reserva;
- Resincronización de partes de la red;
- Dentro del marco de manejo de las generaciones / de la seguridad de la red (ver 5.7.3.2).

5.7.3.2 Gestión de la inyección/ Manejo de las generaciones / de la seguridad de la red

Las instalaciones de generación con una capacidad de la planta superior a 100 kW deben poder reducir su potencia útil en pasos de no más que el 10% de la potencia útil máxima $P_{Am\acute{a}x}$. Esta reducción de la potencia debe ser posible en cualquier situación de la operación y a partir de cualquier punto de operación, a un valor objetivo predeterminado por el operador de la red. Este valor objetivo queda establecido normalmente en el punto de conexión a la red, puede ser único o en escalones, y corresponde a un porcentaje de la potencia útil máxima $P_{Am\acute{a}x}$. Por el momento han probado su eficacia valores objetivo 100% / 60% / 30% / 0% (en todo caso, la potencia generada puede ser un poco menor. Si no hay otra forma técnica de hacerlo, es posible desconectar directamente la instalación de generación). El operador de la red no interviene en el control de la instalación de generación. El es sólo responsable por la entrega de la señal. Normalmente se usan para ello contactos libres de potencial.

La reducción de la potencia inyectada es una responsabilidad propia del operador de la instalación. Para ello hay que respetar las condiciones contractuales, en particular si con ello se produce una importación de potencia hacia las instalaciones del cliente.

Las instalaciones de generación regulables deben ejecutar de inmediato la reducción de la potencia al valor objetivo y terminarla en un plazo no superior a un minuto. En estas instalaciones de generación debe ser técnicamente posible reducir la potencia hasta el valor objetivo 10% sin que se requiera una separación automática de la red. Está permitido que las instalaciones se separen de la red cuando la inyección es inferior al 10% de la potencia útil máxima $P_{Am\acute{a}x}$.

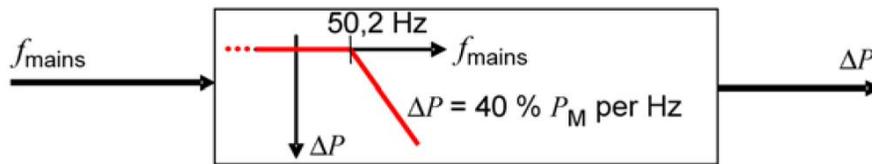
Las restantes instalaciones de generación deben efectuar la reducción de su inyección al valor objetivo en un plazo máximo de cinco minutos. Si no se consigue llegar al valor objetivo en este plazo, se deberá desconectar la instalación.

5.7.3.3 Entrega de potencia activa cuando la frecuencia está alta

Todas las instalaciones de generación regulables deben poder cooperar en el control de oscilaciones de frecuencia en la red, en el rango de frecuencias entre 50,2 Hz y 51,5 Hz, reduciendo la inyección de potencia activa cuando la frecuencia está subiendo o elevándola si la frecuencia está cayendo. Ello se deberá hacer variando la potencia inyectada con una gradiente del 40% de P_M por cada Hz, en que P_M es la potencia útil entregada en el momento en que la frecuencia de la red supera los 50,2 Hz (se habla de “enfriar este valor”). De ello se desprende que, en el rango de frecuencias entre 50,2 Hz y 51,5 Hz, y en cuanto a la inyección de potencia activa, la instalación de generación se desplaza permanentemente hacia arriba y hacia abajo en la “característica de frecuencia” (ver Figura 3). Los pasos de medida de la frecuencia deberán ser ≤ 10 mHz.

Si acaso, en el momento en que la frecuencia de la red regresa a un valor inferior a 50,2 Hz, la potencia inyectada por la instalación puede ser mayor que el valor enfriado P_M , el incremento de la potencia útil inyectada a la red del operador de redes no debe superar una gradiente del 10% de la potencia útil máxima $P_{Am\acute{a}x}$ por minuto.

Si la frecuencia de la red supera los 51,5 Hz, se deberá desconectar inmediatamente la instalación de la red (ver 6.5.2).



$$\Delta P = 20P_M \frac{50,2 \text{ Hz} - f_{\text{red}}}{50 \text{ Hz}} \quad \text{Con } 50,2 \text{ Hz} \leq f_{\text{red}} \leq 51,5 \text{ Hz}$$

Si $47,5 \text{ Hz} \leq f_{\text{red}} \leq 50,2 \text{ Hz}$ no hay restricciones

Si $f_{\text{red}} > 51,5 \text{ Hz}$ o $f_{\text{red}} < 47,5 \text{ Hz}$ separación de la red

ΔP es la reducción de potencia inyectada,

P_M es la potencia útil entregada en el momento en que la frecuencia de la red supera los 50,2 Hz y

f_{red} es la frecuencia de la red

Figura 3 – Reducción de la potencia activa con sobre frecuencia

Como alternativa a la reducción de la potencia inyectada cuando la frecuencia de la red supera los 50,2 Hz, las instalaciones de generación no regulables pueden desconectarse de la red pública. El fabricante deberá asegurar, para cada tipo de instalación, que las frecuencias de desconexión de las unidades estén bien repartidas, con pasos máximos de 0,1 Hz.

Las instalaciones de generación que admiten una regulación limitada, p.ej. sólo en el rango entre $0,7 P_{\text{Amáx}}$ y $P_{\text{Amáx}}$, pueden ser reguladas dentro de este rango de acuerdo con la característica anterior. Fuera del rango regulado se procede a la desconexión de la instalación, con límites bien repartidos.

Los generadores lineales, como máquinas Stirling con una potencia aparente máxima $S_{\text{Amáx}} \leq 30$ kVA, están exceptuados de esta obligación, pudiendo permanecer conectados a la red cuando la frecuencia de la red esté en el rango entre 50,2 Hz y su frecuencia máxima admisible. Si la frecuencia de la red supera el límite del generador, o bien los 51,5 Hz, la máquina deberá desconectarse de la red.

La desconexión de una instalación, cuando la frecuencia de la red supere el límite admisible, deberá ocurrir en un plazo no mayor a un segundo.

5.7.3.4 Inyección de potencia activa con subfrecuencia

No está permitido desconectar automáticamente de la red una instalación, cuando la frecuencia de la red caiga al rango entre 47,5 Hz y 50 Hz. Se exceptúan los generadores lineales, como máquinas Stirling con una potencia aparente máxima $S_{\text{Amáx}} \leq 30$ kVA, por su escasa relevancia actual en los sistemas de distribución.

5.7.4 Principios básicos para el apuntalamiento de la red

Las instalaciones de generación deben poder participar en la mantención estática de las tensiones en la red del operador de redes. Por mantención estática de las tensiones se entiende el sostener en el tiempo las tensiones en toda la red de baja tensión, tratando de mantener dentro de

márgenes contractuales las lentas variaciones de tensión que de todas maneras se producen.

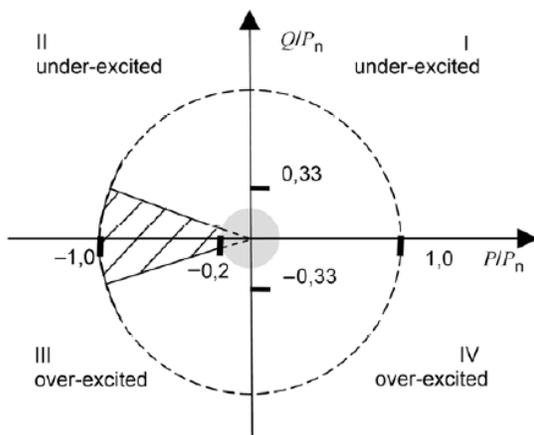
Si los requisitos técnicos de la red lo hacen necesario, y el operador de la red lo hace presente, las instalaciones de generación deben participar en esta mantención estática de las tensiones en la red de baja tensión.

No se exige a las instalaciones que inyectan en las redes de baja tensión un apoyo dinámico de las tensiones, esto es, la mantención de las tensiones cuando ocurren caídas de tensión en los niveles superiores de tensión del sistema interconectado.

5.7.5 Potencia reactiva

Con independencia del número de fases con que se inyecta, las instalaciones de generación deberán poder ser operadas con los siguientes factores de desplazamiento ($\cos \varphi$), bajo condiciones de operación normales y estacionarias, dentro de la banda de tolerancia de la tensión de $U_n \pm 10\%$ y dentro de las condiciones de operación admisibles para la instalación, a partir de una entrega de potencia activa $> 20\%$ de la potencia activa nominal:

- Instalación de generación con $\sum S_{Em\acute{a}x} \leq 3,68 \text{ kVA} \rightarrow \cos \varphi = 0,95$ sub excitado hasta 0,95 sobre excitado, según DIN EN 50438 (no se requiere indicación de característica por el operador de la red);
- Instalación de generación con $3,68 \text{ kVA} < \sum S_{Em\acute{a}x} \leq 13,8 \text{ kVA} \rightarrow$ indicación de característica por el operador de la red en el rango $\cos \varphi = 0,95$ sub excitado hasta 0,95 sobre excitado (ver Figura 4);
- Instalación de generación con $\sum S_{Em\acute{a}x} \leq 13,8 \text{ kVA} \rightarrow$ indicación de característica por el operador de la red en el rango $\cos \varphi = 0,90$ sub excitado hasta 0,90 sobre excitado (ver Figura 5).



Rango límite de potencia para la potencia reactiva de una instalación generadora
Figura 4 Rango $3,68 \text{ kVA} < \sum S_{Em\acute{a}x} \leq 13,8 \text{ kVA}$

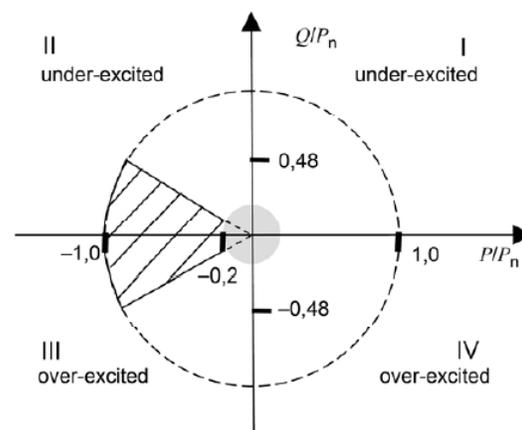


Figura 5 Rango $\sum S_{Em\acute{a}x} \leq 13,8 \text{ kVA}$

En el diagrama fasorial del consumidor esto significa operar en los cuadrantes II (sub excitado) y III (sobre excitado).

La potencia reactiva de la instalación de generación debe poder ser ajustada libremente dentro de los límites rayados de los triángulos límite de potencia reactiva en las figuras 4 y 5.

Ante una variación de la potencia activa, la potencia reactiva deberá poder ser ajustada automáticamente, de acuerdo con el $\cos \varphi$ pretendido.

La forma y el valor objetivo del ajuste de la potencia reactiva dependen de las condiciones generales en la red, y pueden ser establecidos, dentro de los triángulos de regulación, por el operador de la red para cada instalación en particular. Para aquellas instalaciones de generación cuyas unidades se conectan a través de inversores o generadores sincrónicos con control de la potencia reactiva, el operador de la red puede indicar:

- a) Una característica $\cos \varphi$ / potencia activa [$\cos \varphi (P)$], o bien,
- b) Un factor de desplazamiento fijo.

Si el operador de la red pide una línea característica, cualquier valor objetivo dentro de ella debe poder ser ajustado automáticamente en la unidad generadora, en un lapso de 10 segundos.

La ejecución de los requisitos de potencia reactiva ocurre en los bornes de los generadores de las unidades generadoras.

Observación 1: El operador de la red puede indicar una característica $\cos \varphi (P)$ para aquellas unidades generadoras que inyectan una potencia variable. Unidades de este tipo son, p.ej., instalaciones fotovoltaicas o bloques central-calor BHKW con un generador conectado a través de inversor.

Observación 2: Usar un factor de desplazamiento fijo se presta para aquellas unidades generadoras que inyectan una potencia constante, como los BHKW con su generador directamente acoplado a la red (ver ejemplo en E.2). La mantención de la consigna puede ser hecha con condensadores adecuados. En tal caso no se requiere un control de las unidades por línea característica.

Observación 3: Aparte de estos procedimientos poco críticos para la estabilidad del control de las tensiones de la red, es posible que a futuro se establezcan esquemas dependientes de la tensión de la red, como la característica $Q(U)$ típica de redes con tensiones mayores.

La consigna para el control de potencia reactiva la entrega el operador de la red, al solicitante de la conexión, al aceptar la conexión. Cualquier cambio del ajuste o del procedimiento demandado por el operador de la red deberá ser dirigido a través del tomador de la conexión.

La figura 6 muestra la característica $\cos \varphi (P)$:

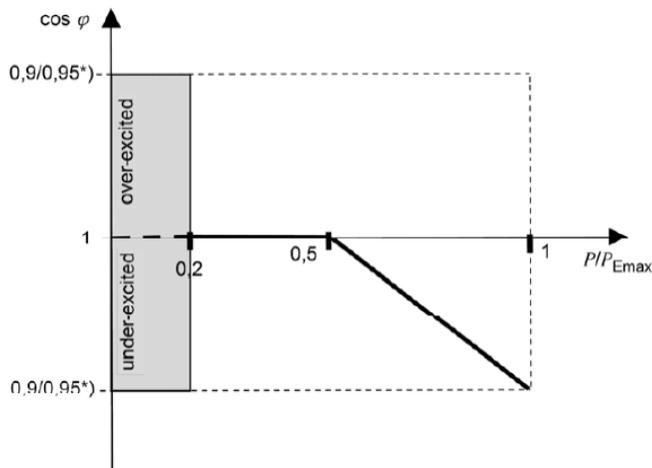


Figura 6 – Característica estándar de $\cos \varphi (P)$

Observación 4: Las unidades generadoras debieran ser suministradas con la característica estándar de figura 6. Sin embargo, dependiendo de la topología de la red, carga de la red y de la potencia inyectada, el operador de la red puede solicitar una característica diferente.

Observación 5: Mayores explicaciones sobre la potencia reactiva se dan en el Anexo A.

6 EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN PROTECCIÓN DE LA RED Y DE LAS INSTALACIONES (PROTECCIÓN NA)

6.1 Exigencias generales

La protección de red y de las instalaciones (protección NA) es una protección probada por tipo, con certificado de conformidad (ver Anexo G.3), en la que están instaladas todas las funciones de protección según 6.5. La protección NA actúa sobre el interruptor de acoplamiento, según 6.4.

La protección NA debe ser instalada como protección central, en el puesto central de medidores. Para instalaciones de generación ≤ 30 kVA es también admisible instalar una protección NA integrada en las unidades generadoras. Dependiendo de la suma de las potencias aparentes máximas de todas las instalaciones de generación en un punto de conexión a la red $\sum S_{Am\acute{a}x}$, resultan las siguientes exigencias para la protección NA:

- $\sum S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA \rightarrow protección NA central en el puesto central de medidores
- $\sum S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA \rightarrow protección NA central en el puesto central de medidores o descentralizado en subgrupos o protección NA integrada

Observación 1: Excepción al primer caso: En bloques central-calor se permite una protección NA integrada, aunque la potencia de la instalación de generación supere los 30 kVA, siempre que en el punto de conexión a la red exista un elemento de interrupción con la función de separar las instalaciones, que sea siempre accesible al personal del operador de la red.

Observación 2: Se debe respetar lo dicho en 6.5.2.

Observación 3: En caso de que opere la protección NA integrada, se deberá informar siempre primero al constructor de las instalaciones, puesto que la causa del disparo puede estar en las instalaciones del cliente. En caso de que opere la protección NA central, se deberá informar al operador de la red.

Observación 4: Al determinar la suma de las potencias aparentes máximas de todas las instalaciones de generación en un punto de conexión, $\sum S_{Am\acute{a}x}$, hay que considerar todas las instalaciones existentes y todas las que se agregan. Los bloques central-calor que están premunidos de un elemento de interrupción con la función de separar las instalaciones, que sea siempre accesible al personal del operador de la red, no se consideran en el cálculo de $\sum S_{Am\acute{a}x}$.

La pérdida de la tensión auxiliar de la protección NA central o del control de la protección NA integrada debe llevar al disparo inmediato del interruptor acoplador. El disparo de la función protección de una protección integrada no puede ser demorado indebidamente por otras funciones del control, de manera de respetar los tiempos de desconexión requeridos. Las funciones de protección deben permanecer operativas aún en el caso de una falla del control de la instalación.

La seguridad de operación ante una falla única debe estar garantizada, tanto para la protección NA central como para la integrada (ver explicaciones en A.6).

6.2 Protección NA central

La protección central NA, como elemento de operación independiente, debe ser ubicada en un repartidor de corrientes apropiado, según TAB 2007, capítulo 8, párrafo 1; y no en el espacio superior de conexiones según TAB 2007, 7.2, párrafo 9. Deberá ser conectada al puesto central de medidores. Debe poder ser sellada o disponer de un código (password). Ejemplos de la disposición de una protección NA central y de la conexión de instalaciones de generación al puesto central de medidores se dan en el Anexo C.

El constructor de la instalación deberá efectuar una prueba de disparo del circuito de disparo “protección NA – interruptor de acoplamiento” de la protección NA central. La protección NA central dispone para ello de un botón de prueba, cuyo accionamiento provoca el disparo del interruptor acoplador. La operación debe ser visible en el interruptor de acoplamiento.

Observación: Si la instalación de generación está conectada a través de varios medidores, se requiere un interruptor acoplador para cada conexión. Estos interruptores son operados por una protección NA (ver Anexo B).

6.3 Protección NA integrada

La protección NA integrada puede ser incorporada al control programable de las unidades generadoras (p.ej., en el control del inversor). En tal caso se puede prescindir del botón de prueba y del sello, pero se requiere un código (password), si acaso la función U> es modificable.

La protección NA integrada opera sobre un interruptor acoplador integrado (ver 6.4.3).

6.4 Interruptor acoplador

6.4.1 Generalidades

Para la conexión de una instalación de generación, a la red de baja tensión del operador de redes o al resto de las instalaciones del cliente, se deberá emplear un interruptor acoplador. Este interruptor acoplador consiste en dos dispositivos eléctricos de desconexión, conectados en serie, y es por lo tanto redundante. El interruptor acoplador es comandado por la protección NA y dispara automáticamente cuando opera al menos una función de protección.

El interruptor acoplador puede conectar con la red la instalación completa del cliente, como también conectar la instalación de generación con el resto de las instalaciones del cliente. En la medida que no se considere operación en islas, pueden usarse para ello los equipos de interrupción de las diversas unidades generadoras (interruptor acoplador integrado).

Observación: El empleo del interruptor acoplador integrado es también posible en combinación con una protección NA central. En todo caso, a partir de $\sum S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA (suma de las potencias aparentes máximas de todas las instalaciones de generación en un punto de conexión, ver 6.1) se deberá conectar la protección NA central directamente al puesto central de medidores. El tiempo máximo de desconexión no debe superar los 200 ms. Se debe realizar un test de funcionamiento.

Los elementos de desconexión del interruptor acoplador deben ser a prueba de cortocircuitos y disparables sin retardo por las protecciones consideradas en 6.5. La capacidad de interrupción de los dos elementos de desconexión que conforman el interruptor acoplador deberá ser dimensionada al menos para el rango de operación del fusible previo, o bien, para la contribución al cortocircuito máxima de la instalación de generación.

Para los dos dispositivos de interrupción del interruptor acoplador se deberá emplear interruptores con capacidad al menos para desconectar la carga. Además, se debe garantizar la desconexión de todos los polos (ver explicaciones en A.7).

El tiempo propio del interruptor acoplador debe venir indicado en los antecedentes del fabricante.

El tomador de la conexión deberá probar la resistencia al cortocircuito de toda la instalación, de acuerdo con los requisitos para la conexión.

Ejemplos de conexión se dan en el Anexo B.

6.4.2 Interruptor acoplador central

Las dos disposiciones de interruptores de un interruptor acoplador central deben estar ejecutadas como disposiciones galvánicas (p.ej., relés sólo para instalaciones de generación $\sum S_{Am\acute{a}x} \leq 10, 0$ kVA , interruptor protector de motor, interruptor de poder mecánico). No se exige una función de separación como en DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-460).

Las dos disposiciones de interruptores del interruptor acoplador deben ser instaladas en el circuito repartidor de corrientes de la instalación de generación, directamente en el puesto central de medidores. Ejemplos de la disposición de interruptores acopladores y consecuentemente de la conexión al puesto de medidores de instalaciones de generación se dan en el Anexo C.

Observación: Los dos dispositivos de interrupción conectados en serie no garantizan seguridad de operar con una falla interna, según lo explicado en A.6. Una falla interna puede ser tratada en forma segura, pero no ser reconocida como tal y no llevar a la desconexión de la instalación de generación.

6.4.3 Interruptor acoplador integrado

La conformación del interruptor acoplador debe ser realizada considerando la seguridad ante falla interna (ver explicación en A.6).

Este interruptor acoplador (p.ej., relé de potencia, protección, interruptor de poder mecánico, etc.) asegura una desconexión segura ante falla única, galvánica y de todos los polos.

Observación: El interruptor acoplador integrado no garantiza una separación según DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-460). Para la ejecución de trabajos de mantenimiento deberá estar complementado con un equipo de interrupción adicional, que no forma parte del interruptor acoplador (p.ej., un interruptor de línea).

En el caso de instalaciones de generación con inversores se debe ubicar el interruptor acoplador en el lado de la red del inversor. Un cortocircuito en el inversor no debe alterar la función de aislante de fallas del interruptor acoplador.

6.5 Dispositivos de protección para el interruptor acoplador

6.5.1 Generalidades

La protección NA cumple la tarea de desconectar la instalación de generación de la red, cuando se presentan valores inadmisibles de las tensiones o la frecuencia (ver también DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551), 8.2). Con ello se pretende evitar que la instalación de generación realice una inyección no deseada en una parte de la red que puede estar separada de la red de distribución, como también que contribuya a un cortocircuito en esta red.

Las conclusiones de 6.5.2 no se refieren a las funciones de protección contra cortocircuitos, contra sobrecargas, contra golpes eléctricos y separación de todos los polos del circuito de corriente de apoyo a la instalación (p.ej., por interruptor de línea, interruptor FI), que deben ser realizadas de acuerdo con los requisitos de las disposiciones de VDE válidas, pero que son de responsabilidad del tomador de la conexión (hay que asegurar la protección propia). En este sentido es posible que las funciones de protección indicadas en esta norma VDE tengan que ser ampliadas por el tomador de la conexión de la instalación de generación. En todo caso, la protección propia no puede menoscabar los requisitos planteados en esta norma VDE.

El operador de la instalación deberá preocuparse personalmente de que maniobras, oscilaciones de tensión, reconexiones automáticas en la red que antecede a la instalación, y en general, procesos en la red del operador de redes, no lleven a daños en sus instalaciones.

Se requiere realizar las siguientes funciones de protección del acoplamiento:

- Protección contra caídas de tensión $U <$
- Protección contra sobretensiones $U >$
- Protección contra sobretensiones $U >>$
- Protección contra caída de la frecuencia $f <$
- Protección contra subidas de la frecuencia $f >$
- Reconocimiento de la formación de islas

Los dispositivos de protección contra tensiones deberían considerar el valor efectivo de media onda, bastando con analizar la oscilación fundamental de 50 Hz.

Solamente la protección por sobretensión $U >$ debe considerar el valor medio deslizante en 10 minutos, evitando superar el límite superior de tensiones según DIN EN 50160 (supervisión de la calidad de la tensión). Para ello basta con que cada 3 segundos se determine un nuevo promedio en 10 minutos, que se compara con el valor de ajuste de $U >$ en Tabla 2.

Las protecciones de tensión deben ser realizadas de tal manera que vigilen los conductores de la arremetida externa. En instalaciones de generación ≤ 30 kVA se medirá la(s) tensión(es) de cada conductor externo en el cual se inyecta, respecto al conductor de neutro.

En el caso de instalaciones de generación > 30 kVA, los equipos de protección de tensiones deben ser trifásicos, usando las tres tensiones entre conductores de fase y de neutro. Las tres tensiones concatenadas entre fases de los conductores externos pueden calculadas a partir de las tensiones fase a neutro, o medidas directamente (caso en que las medidas suben a 2x3).

Los valores de tensión deben ser ligados lógicamente “O”. Una conexión con lógica “O” significa:

- En la protección de sobretensión, el sobrepaso del valor umbral en al menos una medida de tensión conduce a la operación del relé;
- En la protección de caída de tensión, una caída bajo el valor umbral en al menos una medida de tensión conduce a la operación del relé.

Las protecciones de frecuencia pueden ser ejecutadas monofásicamente.

Los valores de ajuste de las funciones de protección y los últimos cinco datos de falla (con fecha; no se requiere reloj patrón, basta con un timbre) deben poder ser leídos en la protección NA. Cortes del suministro ≤ 3 segundos no deben llevar a la pérdida de los datos de fallas. En la protección NA central debe ser posible leer la información con independencia de las condiciones de operación de la instalación de generación, y sin medios auxiliares. En la protección NA integrada es posible leer los resultados en una interfaz de comunicación.

6.5.2 Funciones de protección

Con excepción de la protección por sobretensiones $U>$, todas las funciones de la protección NA deben tener un ajuste firme, no modificable.

Las funciones de protección de la protección NA deben estar dispuestas de tal manera, que el tiempo de desconexión (suma de los tiempos propios de la protección NA y del interruptor acoplador, más el eventual agregado de un tiempo ajustable de demora para el relé de protección, no supere los 200 ms.

En la protección NA se deberá ajustar las siguientes funciones de protección:

Tabla 2 – Valores de ajuste para la protección NA

Función de protección	Ajuste del relé	
Protección contra caídas de tensión $U<$	$0,8 U_n$	< 100 ms
Protección contra sobretensiones $U>$	$1,1 U_n$	< 100 ms
Protección contra variaciones extremas de tensión $U>>$	$1,15 U_n$	< 100 ms
Protección contra caída de la frecuencia $f<$	47,5 Hz	< 100 ms
Protección contra subidas de la frecuencia $f>$	51,5 Hz	< 100 ms

Observación 1: La indicación de tiempo “< 100 ms” para el ajuste de los relés de protección parte de suponer un tiempo propio máximo para la protección NA más el interruptor de acoplamiento, de 100 ms. Con ello se respetan los 200 ms de tiempo total de desconexión. Si se sabe que el tiempo de operación de los componentes es inferior a 100 ms (p.ej., 50 ms) se puede dejar más tiempo para que la protección mida y analice la situación (p.ej., hasta 150 ms). En todo caso, como valor de ajuste se visualizará en este caso 100 ms en la protección NA. En ningún caso se debe superar

el tiempo total de desconexión de 200 ms.

Observación 2: Hay que asegurarse de que no se supere la tensión $1,1 U_n$ en el punto de conexión a la red. Si para controlar esta tensión se emplea una protección NA central, está permitido que la protección contra sobretensiones $U>$ ubicada en la unidad de generación descentralizada sea ajustado con hasta $1,15 U_n$. El constructor de la instalación debería analizar en este caso posibles repercusiones sobre las instalaciones del cliente. Para el caso en que la caída de tensión en la instalación casera no es despreciable (arremetida larga), se recomienda la combinación de una protección NA central ($U>$: $1,1 U_n$) y protección NA integrada ($U>$: $1,1$ a $1,15 U_n$).

Si en el caso de instalaciones de generación ≤ 30 kVA se usa una sola protección NA integrada no está permitido cambiar el ajuste $1,1 U_n$ de la protección de sobretensión $U>$.

La tolerancia aceptable entre ajuste y valor real de operación no puede superar 1% en el caso de las tensiones y 0,1% en la frecuencia.

Los requisitos para una conexión/reconexión de la instalación de generación están descritas en 8.3.

6.5.3 Reconocimiento de la formación de islas

En el caso de instalaciones de generación se deberá reconocer la formación de islas con uno de los dos procedimientos siguientes:

- a) Procedimiento activo, p.ej., mediante procedimientos de shift de frecuencia (en instalaciones fotovoltaicas);
- b) Procedimiento pasivo, con ayuda de una supervisión trifásica de las tensiones (sólo posible en instalaciones sin inversor o en unidades generadoras monofásicas con inversor).

El procedimiento a) se realiza mediante un test de circuito resonante, mientras que el b) ocupa una fuente de tensión alterna (ver Anexo D).

Observación: En casos especiales se puede requerir, para asegurar el desacople o para garantizar una operación segura de la red, de funciones de protección adicionales (p.ej., relés de salto vectorial o relés de salto de carga). Este es el caso, p.ej., cuando en una red concurren instalaciones de generación con máquinas rotatorias cuya potencia $> 20\%$ de la potencia de instalaciones fotoeléctricas con procedimiento de shift de frecuencia. En este caso, las máquinas rotatorias más poderosas debieran disponer de una protección por salto de vector.

El reconocimiento de islas se realiza en la protección NA central o en la protección NA integrada de las unidades. Si todas las unidades generadoras de una instalación de generación disponen de reconocimiento de islas, que operan sobre el interruptor acoplador integrado, entonces, y con independencia de la potencia de la instalación, es posible prescindir del reconocimiento de islas en la protección NA central.

El reconocimiento de la formación de islas y la consecuente desconexión de la instalación de generación a través del interruptor acoplador central, debe ocurrir antes de 5 segundos.

7 MEDIDAS PARA FACTURACIÓN

La disposición y operación del equipamiento de medida Z1 ocurre según VDE-AR-N 4400:2011-08 (hasta ahora norma BDEW “Metering Code” [8]), según la norma VDN “Condiciones técnicas de conexión para la conexión a la red de baja tensión (TAB 2007)” [3], y los requisitos de conexión del operador de la red. A partir de potencias de la instalación > 100 kW deben ocuparse medidores de perfil de carga.

El constructor de las instalaciones y el operador de la red, resp. el operador del puesto de medidas, deben ponerse oportunamente de acuerdo sobre la disposición y la operación de los elementos de medida. De acuerdo con la ley sobre medidas y calibración de medidores, en la relación comercial sólo pueden emplearse medidores y transformadores de medida aceptados y contrastados.

Como medidores Z1 (ver C.4.3) del consumo tomado de la red del operador de redes y para la entrega a la red del operador de redes debe emplearse preferentemente medidores bidireccionales. En el caso de potencias de las instalaciones hasta ≤ 100 kW vale la alternativa de instalar medidores separados, con bloqueo de marcha atrás, instalados en puestos diferentes, para la recepción y para la entrega. La disposición debe ser concordada con el operador de la red. Los equipos de medida para recepción y entrega (Z1) ocupados en instalaciones de generación deben estar dispuestos de tal manera que se asegure separadamente, y para ambas direcciones del flujo de corriente, un esquema que realice el saldo trifásico. Los medidores electrónicos deben ser parametrizados, según el principio Ferraris, en cuanto a bloqueo de marcha atrás y a abarcar las dos direcciones. Al efecto se debe formar primero el saldo, referido al punto de medida, sobre los tres conductores externos y aplicar sobre este saldo la función “bloqueo de marcha atrás”, resp. hacer la correspondencia con los medidores “recepción” y “entrega”.

Para asegurar una medida sin problemas de la generación entregada a la instalación del cliente, según § 33 (2) EEG 2009 [6], resp. la generación neta de corriente en KWK según § 4 (3a) KWK-G 2009 [7], deberán emplearse como medidores Z2 (ver C.4) exclusivamente medidores con bloqueo de marcha atrás. Para cada tipo de instalación (p.ej., PV o KWK) se emplearán medidores Z2 separados. Entre el medidor Z2 y la instalación del cliente se colocará un dispositivo de separación (ver Figuras C.6 y C.7 en C.4.3). No está permitida la separación, de los tres conductores externos de una unidad generadora que inyecta trifásicamente, entre puestos de medida diferentes (p.ej., para inyección plena o inyección con excedentes). En el caso de instalaciones fotovoltaicas con una potencia activa $P_{Am\acute{a}x}$ de hasta ≤ 30 kVA y en el caso de instalaciones KWK a gusto del operador de la instalación, el puesto de medidas Z2 puede ser ubicado en un puesto central de medidores según TAB [3], o bien en o junto a las unidades generadoras (ver 5.5).

Además, se debe respetar los requisitos técnicas generales para las medidas (p.ej., temperatura, humedad, situación de uso, influencias mecánicas).

Observación: Esta normativa reemplaza a “Complementos a TAB 2007” [9].

Los requisitos mínimas para las clases de precisión de los equipos de medida son establecidas por el correspondiente operador de la red. Normalmente se preferirán las siguientes clases de precisión:

- Medidores de energía: Clase 2 (energía activa);
- Medidores de perfil del consumo Clase 1 (energía activa) y clase 2 (energía reactiva);
- Transformadores de corriente 0,5 S

En el caso de medidores de perfil del consumo, el operador de las instalaciones proveerá un terminal de telecomunicaciones por el que se pueda teletransmitir valores de medidas. Los datos tomados por el operador de la red tienen la condición de confidenciales y sólo serán accesibles a personal autorizado.

En el caso de medidores directamente conectados en un puesto de medidas, según TAB 2007 [3], deberá escogerse para los conductores, según DIN 43870-3, los siguientes colores:

- Conductores “recinto de conexión inferior → medidor” negro
- Conductores “medidor → borne separación conductor principal en recinto superior” café

El campo de medidores debe estar identificado con un letrero “Instalación de generación”, duradero y fácil de leer.

8 OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN

8.1 Generalidades

La operación de instalaciones eléctricas comprende todas las actividades técnicas y organizativas necesarias para que las instalaciones realicen sus actividades de forma eficiente y segura. Entre estas actividades destacan todas las operaciones de maniobra, así como los trabajos electrotécnicos y no electrotécnicos descritos en la abundante literatura competente y en normas y reglamentos. Hacemos referencia principalmente a DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100).

El operador de la instalación es responsable de la operación de la instalación de generación. Si el operador de redes requiere realizar alguna faena en las instalaciones del cliente, el operador de la instalación le comunicará el nombre de un especialista eléctrico, capacitado para ejecutar los trabajos eléctricos en las instalaciones del operador de la instalación.

Para la conexión de la instalación de generación deben respetarse los requisitos de 8.3. Durante la operación sólo es posible cambiar los requisitos del capítulo 5, que sirvieron de base a las decisiones sobre la conexión de la instalación, con la anuencia del operador de la red.

El operador de la instalación debe mantener siempre en condiciones técnicas óptimas las instalaciones requeridas para la operación en paralelo con la red de baja tensión. Para ello deberán probarse regularmente, por personal eléctrico calificado, los interruptores y protecciones, verificando su correcto funcionamiento. Esta exigencia se cumple en condiciones normales de operación y de ambiente, si acaso se mantiene los plazos de revisión indicados en BGV A 3 o TRBS 1201. Estas pruebas repetitivas deben tener al menos los siguientes alcances:

- Prueba de las condiciones ambientales (suciedad, daños mecánicos o en el aislamiento) y en caso necesario, eliminación de deficiencias;
- Control de disparo del interruptor acoplador.

El resultado debe quedar anotado en un protocolo de pruebas, el que deberá ser entregado, a pedido, al operador de la red.

Las pruebas repetitivas, por turno, de la protección NA, del interruptor acoplador y de la cadena de accionamientos “protección NA – interruptor de acoplamiento” pueden ser evitadas, si en el curso de las pruebas de conformidad (ver G.3) se ha realizado una prueba por partes y se dispone de

un certificado de pruebas según DIN EN 45011, emitido por una Oficina de Certificaciones acreditada por el Centro alemán de acreditaciones (DAkkS).

El operador de la red puede solicitar, en casos fundados, una prueba de la protección NA y del interruptor acoplador, con el fin de comprobar su correcta capacidad de funcionamiento.

8.1.1 Reducción necesaria de la potencia o desconexión de la planta

El operador de la instalación está obligado a detener y desconectar de la red la instalación de generación, a pedido del operador de la red, si ello es necesario por trabajos indispensables para la operación de la red del operador de redes. Las eventuales desconexiones programadas deben ser comunicadas oportunamente al operador de la instalación y de forma adecuada.

El operador de la red está facultado para desconectar inmediatamente de la red la instalación de generación, o para reducir la entrega de potencia activa por la instalación de generación, en casos de peligro, de una falla o de inminente pérdida de seguridad de la red.

En caso de que se supere la potencia de conexión máxima acordada, el operador de la red está facultado para desconectar de la red la instalación de generación. Para ello puede exigir al operador de la instalación la colocación de equipos técnicos adecuados, que desconecten de la red pública la instalación, cuando se superen determinados valores límite (p.ej., máxima potencia de conexión).

El operador de la red está también facultado para desconectar de la red sectores de una instalación, si acaso establece la existencia de deficiencias importantes relativas a la seguridad de las personas y de la instalación. La desconexión rige hasta que se eliminen las deficiencias.

8.1.2 Acceso

Al operador de la red se le debe permitir el acceso a todos los componentes de la instalación de generación (puesto de medidas, protección NA central (si existe), interruptor acoplador, dispositivos del manejo de la generación / manejo de la seguridad de la red (si existen) y a las unidades generadoras), ello en concordancia con el operador de la instalación.

8.1.3 Intercambio de informaciones

El operador de la red debe informar al operador de la instalación cualquier cambio importante en su red, que pueda tener importancia para la operación en paralelo existente. A su vez, el operador de la instalación informará y coordinará oportunamente con el operador de la red con referencia a cambios previstos en la instalación de generación que puedan repercutir sobre la operación en paralelo o sobre la protección de desacoplamiento, como p.ej., incremento o disminución de la potencia de la instalación, reemplazo de protecciones, cambio en los equipos de compensación.

8.1.4 Acoplamiento eléctrico de puntos de conexión a la red separados

Puntos de conexión a la red del (o los) operador(es) de redes independientes entre sí, no pueden estar unidos galvánicamente entre sí o con otras instalaciones.

8.1.5 Comportamiento durante perturbaciones

Se debe respetar los requisitos para la reconexión según 8.3.

El operador de la instalación informa de inmediato al operador de la red sobre sucesos especiales observados, en la medida que sean de interés para el operador de la red.

Debido a la posibilidad de que en cualquier momento reaparezca la tensión de la red, en caso de una interrupción del suministro, se debe considerar siempre al punto de conexión como permanentemente bajo tensión. Normalmente no habrá una comunicación del operador de la red, avisando la reposición del servicio.

Para explicar una perturbación podrán ser necesarias investigaciones y medidas no planificadas previamente, que el operador de la red y el operador de la instalación deberán realizar en sus medios de operación. En la aclaración y eliminación de perturbaciones, los operadores de red y de la instalación se apoyan mutuamente. Ellos intercambiarán toda la información necesaria para aclarar la falla.

8.2 Peculiaridades en la operación de la red del operador de redes

8.2.1 Puestas a tierra y cortocircuitos durante trabajos en la red

Condición básica para un trabajo seguro en la red, luego de desconectar el tramo, es impedir la eventual reconexión, no deseada, de cualquier fuente de tensión. Puesto que no es posible asegurar la no ocurrencia de operaciones equivocadas, y que no se dispone en todos los casos de puestos de maniobra con separación, es preciso usar como método de trabajo según DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100):2009-10, la puesta a tierra y el cortocircuito de acuerdo con DIN VDE 0105-100:2009-10, 6.2.4.2, o el trabajo bajo tensión según DIN VDE 0105-0105:2009-10, 6.3. La puesta a tierra y el cortocircuito deben ser realizados antes y después de la zona de trabajo. Para ello se deben ocupar “cajas de conexión casera” adecuadamente dimensionadas.

Para el operador de redes, esto significa la aplicación consecuyente de las cinco reglas de seguridad para trabajos en redes de baja tensión (salvo para trabajos bajo tensión). Aguas debajo de un conductor separado de la red, en la red de baja tensión del operador de redes (visto desde el transformador de apoyo a la red, o sea, en el lado de los clientes del punto de separación), debe trabajarse siempre con puesta a tierra y cortocircuito. Si no se procede así, hay que evitar la posibilidad de una inyección ajena (p.ej., un equipo de emergencia en la agricultura).

8.2.2 Operación de grupos de emergencia

Para determinados trabajos en la red (p.ej., reemplazo del transformador que la alimenta), el operador de redes necesita desconectar temporalmente partes de la red. Para mantener el abastecimiento de los clientes recurre en tales casos a grupos de emergencia. El operador de redes no informa normalmente sobre la conexión y el empleo de estos grupos.

Si la potencia que las instalaciones de generación pueden entregar a esta parte separada de la red supera en algún momento la potencia de los consumos conectados en ella, puede ocurrir que el grupo de emergencia se desconecte por acción de sus protecciones. Ya no es posible, entonces, una operación estable del grupo de emergencia. Para evitar esto, hay que preocuparse de que las instalaciones de generación sean y permanezcan desconectadas durante la duración de los trabajos. El grupo de emergencia se conecta en paralelo con la red de baja tensión y se le hace tomar carga. Luego se desconecta el transformador que alimentaba la red, tomando el grupo el abastecimiento de la “isla” de la red. El grupo debe ser capaz de tomar temporalmente el exceso de generación de la red. Si se detecta que ello ocurre, se le hace operar durante un tiempo breve a 52

Hz, lo que provoca la desconexión de las instalaciones generadoras conectadas a la red. El paso posterior del grupo de emergencia a una operación en el rango de frecuencias de operación normal, 50,5 a 51,0 Hz ocurre en un lapso de segundos (unos 10 segundos). Con esta forma de operar se consigue que casi todas las instalaciones de generación permanezcan separadas de la red del operador de redes (el criterio de reconexión antes de esta nueva norma VDE era de 50,2 Hz; desde que se aplica esta nueva norma es de 50,05 Hz (ver 8.3).

Para permitir una resincronización sin cortes de la parte de la red separada con el resto de la red, se procede, una vez conectado el nuevo transformador, a normalizar la frecuencia del grupo. Para que las instalaciones de generación no se reconecten de inmediato, ya que la frecuencia quedará en el rango en que se les permite la conexión, según 8.3, lo que podría poner en peligro la estabilidad de la red, se dispone que las instalaciones de generación desconectadas de la red por más de 3 segundos necesiten un tiempo de espera de al menos 60 segundos antes de ser reconectadas a la red.

Para conseguir un abastecimiento de la red sin interrupciones – sobre todo en el momento de la conexión del grupo de emergencia, cuando hay exceso de generación en la red de baja tensión – se recomienda el empleo de grupos de emergencia capaces de absorber temporalmente potencia.

8.3 Requisitos para la conexión y sincronización

8.3.1 Generalidades

La conexión de una instalación de generación a la red del operador de redes sólo puede ocurrir si, mediante un equipo adecuado se establece que la tensión de la red está dentro del rango de tolerancia $0,85 U_n$ hasta $1,1 U_n$, y que la frecuencia permanece también dentro del rango de tolerancia 47,5 a 50,05 Hz, esto durante un lapso de al menos 60 segundos. Además se requiere que los tiempos de demora en la reconexión de un generador y los tiempos de las etapas en la conexión de varios generadores sean tan grandes como para que los procesos de acomodo y regulación dentro de las instalaciones de generación, debidos a la conexión, hayan terminado.

Cuando operan las protecciones de desacoplamiento, debido a una interrupción breve (AWE en la red de media tensión o cualquier otra interrupción breve), es aceptable que la instalación de generación se conecte de nuevo si acaso la tensión y la frecuencia de la red han permanecido por 5 segundos dentro de los márgenes de tolerancia indicados más arriba. Una interrupción breve está caracterizada por excederse, por arriba o por abajo, según el caso, los ajustes de la protección NA, para la frecuencia o la tensión de la red, durante un tiempo de no más de tres segundos.

La potencia inyectada a la red del operador de redes por instalaciones de generación regulables no debe superar el gradiente de 10% de la potencia activa $P_{Am\acute{a}x}$ por minuto, luego de reconectar una instalación de generación a la red del operador de redes, una vez caducado el efecto del dispositivo de protección de la desconexión. Las instalaciones de generación no regulables (generador fortuito) pueden reconectar luego de 1 a 10 minutos, o aún más tarde. Pasados 10 minutos es entonces posible inyectar $P_{Am\acute{a}x}$. En caso de operación manual en el sitio (p.ej., por razones de la puesta en servicio o de un mantenimiento) es posible desviarse de los requisitos de reconexión planteadas en este acápite.

En una desconexión manual de la instalación de generación por el operador de la red, coordina el operador de la instalación la reconexión con la oficina responsable de la operación de la red, en el operador de redes.

8.3.2 Conexión de generadores sincrónicos

En el caso de generadores sincrónicos directamente conectados a la red se deberá disponer en un lugar adecuado de un aparato de sincronización. Cuando la instalación de generación no puede operar en isla, es más práctico que este elemento de sincronización accione sobre el interruptor del generador. Si la instalación de generación tiene la posibilidad de operar en isla, deberá agregarse otro aparato de sincronización en el interruptor acoplador. Se deberá considerar un equipo de puesta en paralelo automático. Los valores de ajuste deben ser concordados con el operador de la red.

Como valores extremos típicos puede considerarse:

- $\Delta\varphi = \pm 10^\circ$
- $\Delta f = \pm 500 \text{ mHz}$
- $\Delta U = \pm 10\% U_n$

Dependiendo de la relación de la potencia de cortocircuito de la red con la potencia del generador, puede ser necesario imponer límites más estrechos, para evitar repercusiones indebidas sobre la red durante la conexión.

8.3.3 Conexión de generadores asincrónicos

En el caso de generadores asincrónicos que parten con ayuda de un agregado de impulsión, y que son conectados con una velocidad entre 95 y 105% de la velocidad sincrónica, se calcula con un $k_{\text{imáx}} = 4$.

En el caso de generadores asincrónicos que no son conectados sin tensión, valen los requisitos de conexión de generadores sincrónicos.

8.3.4 Conexión de unidades generadoras con inversor

Unidades generadoras con inversor (p.ej., instalaciones fotovoltaicas) sólo pueden ser conectadas a la red con un $k_{\text{imáx}} \leq 1,2$.

8.4 Compensación de potencia reactiva

Los dispositivos para la compensación de potencia reactiva son operados, o bien

- Conectándolos o desconectándolos en conjunto con los equipos del usuario o de la instalación de generación; o
- A través de elementos de regulación.

El operador de la instalación coordina la necesidad y el tipo de compensación con el operador de la red.

Observación: Antecedentes similares a TAB 2007 [3].

9 VERIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS

9.1 Generalidades

Para cada unidad generadora se requiere un certificado de conformidad, particular para cada tipo de unidad, según G.2. En este certificado de conformidad se indican las propiedades eléctricas de la unidad generadora, para demostrar su conformidad con los requisitos de esta norma VDE.

Además de ello, se debe presentar al operador de redes un certificado de conformidad, particular para cada elemento, según G.3, de las protecciones para la red y para la instalación, en el que se confirma el empleo de las funciones de protección y los ajustes de las protecciones según la presente norma VDE.

Los certificados de conformidad para las unidades generadoras y para la protección NA deben acreditar que las unidades generadoras y la protección NA cumplen con los requisitos de la presente norma VDE, al menos con respecto a las propiedades descritas en 9.2 a 9.4. Para ello se debe respaldar las afirmaciones con resultados de medidas. Mientras aparece una norma de pruebas, el certificado de conformidad seguirá los Anexos G.2 y F.3 para las unidades generadoras y G.3 y F.4 para la protección NA.

9.2 Verificación de la potencia inyectada

9.2.1 Verificación de la potencia activa inyectada

Para las unidades generadoras basta con indicar la potencia activa máxima inyectable.

9.2.2 Verificación de los valores de la potencia reactiva

Se requiere indicar las potencias reactivas máximas para la toma de potencia reactiva inductiva (subexcitación) y para la toma de potencia reactiva capacitiva (sobre excitación), en dependencia de la potencia activa inyectada.

Para verificar que se respeta el factor de desplazamiento $\cos \varphi$ previamente indicado para el control de la instalación, en las pruebas tipo se debe demostrar que efectivamente se mantiene ese valor en bornes de la unidad generadora (error admisible para $\cos \varphi$ a tensión nominal menor que 0,01).

En unidades generadoras con el generador directamente conectado a la red, que por principio no pueda regular potencia reactiva, como p.ej., un generador asincrónico, que además opera con condensadores fijos, no regulables, debe ajustarse el $\cos \varphi$ dentro de un lapso de 60 segundos. El error admisible para $\cos \varphi$ a tensión nominal deberá ser menor que 0,02.

9.2.3 Verificación de la función de transición para la potencia reactiva

Verificar la característica $\cos \varphi(P)$ presentada en 5.7.5 exige comprobar el cambio en el recorrido de la potencia reactiva, dependiendo de la magnitud de la potencia activa inyectada. Para hacerlo, se debe recorrer tres veces el rango de la potencia activa de la unidad generadora, en pasos de 10% de la potencia nominal, de potencia activa inyectada mínima a máxima y al revés, anotando el valor del factor de desplazamiento $\cos \varphi$ y el tiempo requerido para su ajuste. Se deberá cumplir al menos con los requisitos de 5.7.5.

9.3 Verificación de las repercusiones sobre la red

Para verificar las repercusiones sobre la red admisibles, establecidas en 5.4, se deberá presentar informes del fabricante (ver formularios G.2 y F.3) sobre las emisiones que repercutirán sobre la red, producidas por la unidad generadora. Esto vale, en principio, para todas las unidades generadoras, ya que al juntar unidades generadoras pequeñas la corriente suma de todas ellas puede superar los 75 A y exigir el cálculo de las repercusiones sobre la red.

9.4 Verificación de las propiedades de la protección de red e instalación

Se requiere demostrar, mediante medidas (ver formularios G.3 y F.4) que se respetan los requisitos hechas en el capítulo 6 para la protección NA (p.ej., valores de ajustes y tiempos de desconexión), en cuanto a la protección contra subidas indebidas de la tensión y/o frecuencia y contra bajadas indebidas de la tensión y/o frecuencia. En el caso de una protección NA integrada se debe verificar la cadena “protección NA – interruptor acoplador”. También se debe verificar el reconocimiento de islas, según 6.5.3.

ANEXO A
(Informativo)

EXPLICACIONES

A.1 “INSTALACIÓN DE GENERACIÓN” (3.1.8) y “UNIDAD GENERADORA” (3.1.9)

En la Figura A.1 se representan la instalación de generación, la unidad generadora y la suma de todas las instalaciones de generación en un punto de conexión a la red.

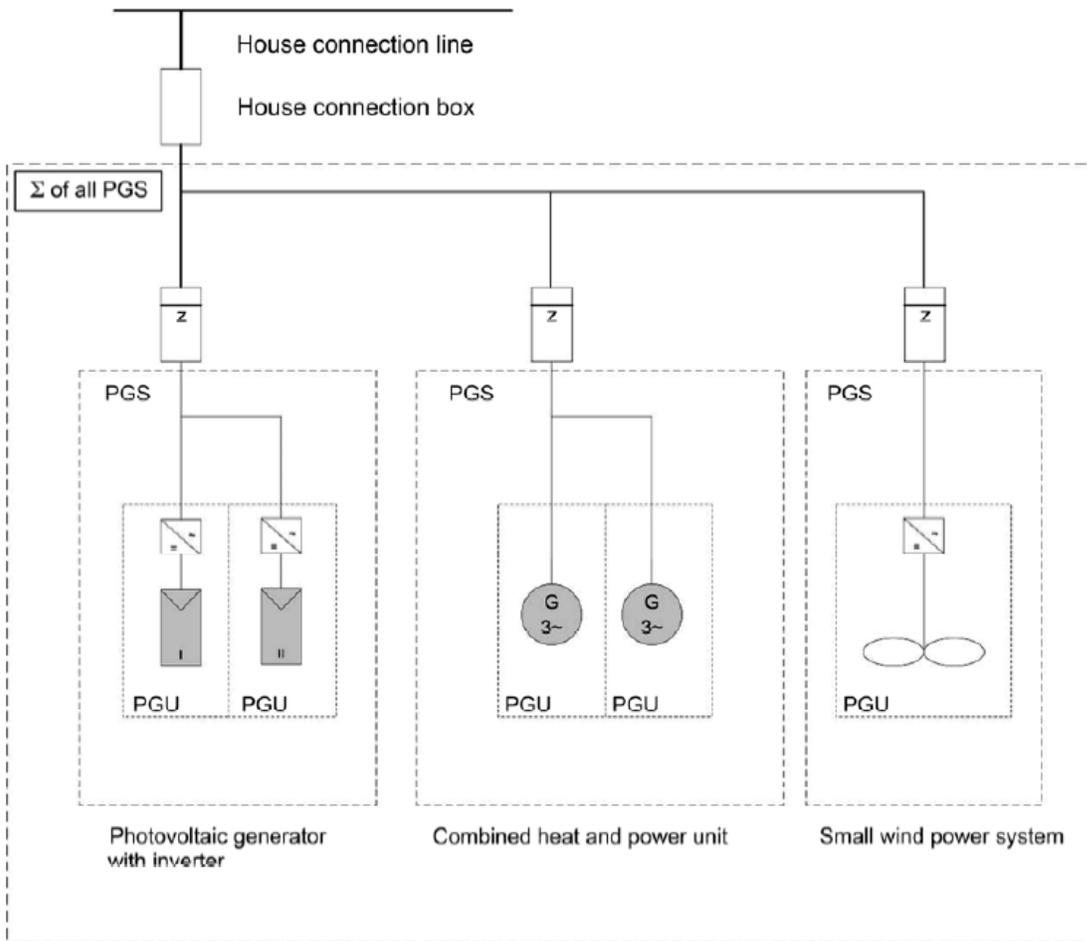


Figura A.1 – Visión de conjunto para los conceptos Unidad generadora e Instalación de generación

A.2 VARIACIÓN DE TENSIÓN ADMISIBLE (5.3)

La operación de las instalaciones de generación modifica la tensión de operación de la red. La variación de la tensión en el punto de repercusión al consumir potencia reactiva inductiva puede ser expresada como:

$$\Delta u_a = \frac{S_{Amáx} \cdot (R_{kV} \cdot \cos|\varphi| - X_{kV} \cdot \text{sen}|\varphi|)}{U^2} \quad (\text{A.1})$$

Como lo muestra la expresión (A.1), la variación de tensión puede ser negativa, si el primer término del numerador es menor al segundo término, lo que ocurre si el $\cos \varphi$ es suficientemente pequeño, es decir, si la absorción de potencia reactiva es grande.

Cuando se absorbe potencia reactiva capacitiva, la expresión es:

$$\Delta u_a = \frac{S_{Amáx} \cdot (R_{kV} \cdot \cos|\varphi| + X_{kV} \cdot \text{sen}|\varphi|)}{U^2} \quad (\text{A.2})$$

Expresión que nos indica que la absorción de potencia reactiva capacitiva refuerza la elevación de la tensión, lo que debe ser tomado en cuenta cuando la absorción de potencia reactiva es variable.

Las expresiones (A.1) y (A.2) son aproximaciones suficientes. Las variaciones de la tensión calculadas con estas fórmulas son ligeramente mayores que los resultados precisos de un flujo de potencias.

A.3 REPERCUSIONES SOBRE LA RED (5.4)

A.3.1 Variaciones rápidas de la tensión

El factor $k_{imáx}$ es conocido como el factor de máxima corriente de conexión y nos proporciona la relación de la mayor corriente que se presenta durante un proceso de maniobra (p.ej., la corriente de atracción I_a) y la corriente nominal de la instalación de generación:

$$k_{imáx} = \frac{I_a}{I_{nG}} \quad (\text{A.3})$$

Los resultados alcanzados empleando este factor de máxima corriente de conexión constituyen una aproximación algo exagerada y están, por lo tanto, por el lado seguro. Los valores del factor se obtienen del certificado de conformidad.

Si no se puede calcular usando el factor $k_{imáx}$ según ecuación (A.3), es posible emplear los siguientes valores de referencia más aproximados:

- $k_{imáx} = 1,2$ para generadores sincrónicos con sincronización fina; inversores;
- $k_{imáx} = 4$ para generadores asincrónicos que son conectados con 95% hasta 105% de su velocidad sincrónica, en el caso de que no se tenga mayor información sobre el método de limitación de la corriente.

Con relación a procesos de ajuste de corta duración, se debe respetar adicionalmente la exigencia para variaciones de tensión de muy corta duración indicada más abajo.

- $k_{imáx} = 8$ para generadores asincrónicos que parten como motores alimentados por la red, cuando no se conoce I_a .

Las variaciones rápidas de la tensión pueden ser calculadas con mayor exactitud que con (A.3), si se dispone de los ángulos de la inyección y de la red:

$$\Delta u = k_{imáx} \frac{S_{rE}}{S_{kV}} \cos(\psi + \varphi) \quad (\text{A.4})$$

en que $\Psi = \text{arctg}(X_{kV}/R_{kV})$ es el ángulo de impedancia de red, y φ es el factor de desplazamiento de la instalación de generación.

El factor de desplazamiento ϕ es positivo cuando el generador opera sub excitado y es negativo cuando opera sobre excitado.

Aunque las máquinas asíncronas y los pequeños generadores síncronicos sin sincronización fina son conectados a la red con una velocidad angular casi síncrona, es posible que, debido a procesos internos de acomodo, aparezcan variaciones de tensión de muy corta duración. Está permitido que variaciones de este tipo dupliquen el valor permitido en otras circunstancias, es decir, lleguen al 6%, siempre que no duren más de dos oscilaciones completas y que la variación de tensión siguiente no supere el 3% de la tensión de partida, antes de que se conectara la máquina asíncrona.

La coincidencia en el tiempo de maniobras de conexión de varios generadores en un punto de repercusión lleva a una variación de tensión varias veces superior a la que sería originada por un solo generador, por lo que debe ser evitada cuando las variaciones de tensión máximas sumadas superen el 3%. Para ello, una solución técnica adecuada es escalonar en el tiempo las varias maniobras de conexión individuales. El espacio temporal entre dos maniobras de conexión es regido por la magnitud de la variación de tensión originada por cada generador, y es de unos diez minutos, con máxima potencia aparente del generador. Con una potencia nominal del generador bajo la mitad del valor aceptable basta con un espaciado de un minuto.

A.3.2 Parpadeo (flicker)

En 5.4.3 se indica que el parpadeo en instalaciones de generación con corrientes nominal ≤ 75 A es considerado suficientemente limitado cuando se respetan los valores límite de las normas DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3) o DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11).

Cuando en la impedancia de recepción Z_{ref} no se respetan los valores límite dados en DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3), es todavía permisible la conexión, por DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11), siempre que el valor de la impedancia de la red de alimentación en el punto de conexión con la red pública sea más pequeño que el valor de la máxima impedancia de red admisible $Z_{m\acute{a}x}$, determinado con DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11). Para realizar esta comparación es preciso determinar la impedancia de la red en el punto de conexión y compararla con el valor de $Z_{m\acute{a}x}$ indicado en los antecedentes del equipo. Los valores requeridos para ello, contenidos en los antecedentes del equipo, son comunicados por el tomador de la conexión al operador de redes.

En el caso de una instalación de generación con varias unidades generadoras, se debe calcular separadamente para cada unidad el valor de P_{lti} y con ellos obtener el valor resultante para el factor de molestia promedio del parpadeo en el punto de repercusión, según la relación:

$$P_{ltres} = \sqrt{\sum_i P_{lti}^2} \quad (A.5)$$

Si la instalación de generación consiste en n unidades generadoras iguales, el valor del factor de molestia del parpadeo se simplifica a:

$$P_{ltres} = \sqrt{n} \cdot P_{lti} \quad (A.6)$$

A.3.3 Oscilaciones de orden superior y armónicas intermedias

A.3.3.1 Generalidades

Al calcular las corrientes de oscilaciones superiores admisibles hay que poner atención en considerar la potencia de cortocircuito de la red S_{KV} en el punto de repercusión, y no la potencia de cortocircuito nominal de la red de baja tensión.

Para la superposición de las corrientes de oscilaciones superiores de determinados tipos de inversor valen las legalidades específicas de cada tipo que se indican a continuación.

A.3.3.2 Inversores guiados por la red (de 6 o de 12 pulsos)

Las corrientes de oscilaciones superiores típicas de inversores (5º orden, 7º, 11º, 13º orden, etc.), así como las atípicas oscilaciones de orden muy bajo ($v < 13$) se suman aritméticamente:

$$I_v = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{vi}^2} \quad (\text{A.7})$$

Para las atípicas oscilaciones superiores de orden alto ($v \geq 13$), la corriente total de oscilaciones superiores de un orden determinado será el promedio cuadrático de las oscilaciones de ese orden:

$$I_v = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{vi}^2} \quad (\text{A.8})$$

A.3.3.3 Inversores modulados por pulsos

Para un número de orden μ , que es por principio no número entero, pero que a partir de valores $\mu \geq 13$ incluye también valores enteros, la corriente total es igual a la raíz de la suma de los cuadrados de las corrientes de las unidades generadoras:

$$I_\mu = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{\mu i}^2} \quad (\text{A.9})$$

Si en tales inversores aparecen corrientes de oscilación superior con valores enteros con un orden a partir de $v < 13$, ellas deben ser sumadas aritméticamente según A.7. Corrientes de oscilaciones superiores a partir del 2º orden, así como armónicas intermedias, pueden ser calculadas con la relación A.9, siempre que la frecuencia de pulso del inversor sea de al menos 1 kHz.

Si sobre un punto de repercusión actúan varias instalaciones de generación/unidades generadoras, se calculan las corrientes de oscilación superior admisibles para una unidad/instalación determinada a partir de la potencia aparente $S_{Ai \text{ máx}}$ de la unidad/instalación i y de la potencia de inyección total S_{AV} conectable o prevista en este punto de repercusión como sigue:

- Cuando las corrientes de oscilación superior se suman según la relación (A.7):

$$I_{vAi \text{ zul}} = I_{vzul} \cdot \frac{S_{Ai \text{ máx}}}{S_{AV}} \quad (\text{A.10})$$

- Cuando las corrientes de oscilación superior se suman cuadráticamente, según ecuaciones (A.9) y (A.10):

$$I_{v Ai zul} = I_{v zul} \cdot \sqrt{\frac{S_{Ai máx}}{S_{AV}}} \quad (A.11)$$

Bajo circunstancias especiales pueden aparecer también oscilaciones superiores de mayor frecuencia, es decir, en el rango por sobre los 1.250 Hz, las que surgen porque se excitan poco atenuadas resonancias con redes parciales, por caídas de conmutación. En tales casos hay que tomar medidas especiales, que están detalladas en las normas técnicas para dimensionar repercusiones sobre la red.

A.4 CRITERIOS DE CONEXIÓN (5.5)

En la Tabla A.1 se muestran las variantes posibles de inyección y protección, dependiendo de la potencia aparente máxima de la instalación de generación $S_{Amáx}$.

Tabla A.1 – Ejecución de los criterios de conexión según 5.5

	$E_A \leq 13,8 \text{ kVA}$	$13,8 \text{ kVA} \leq E_A \leq 30 \text{ kVA}$	$E_A > 30 \text{ kVA}$
Inyección	Monopolar o trifásica	Corriente trifásica	Corriente trifásica
Protección	Protección NA integrada con $U > = 1,1 U_n$ o Protección NA central con $U > = 1,1 U_n$ o Protección NA central con $U > = 1,1 U_n$ y Protección NA integrada con $U > = 1,1$ a $1,15 U_n$		Protección NA central con $U > = 1,1 U_n$ o Protección NA central con $U > = 1,1 U_n$ y protección NA integrada con $U > = 1,1$ a $1,15 U_n$

A.5 POTENCIA REACTIVA (5.7.5)

El control de la potencia reactiva en las unidades generadoras sirve para la mejor integración de las instalaciones de generación en la red de baja tensión. Entrega una contribución importante para conseguir un uso eficiente de las capacidades disponibles de las redes existentes.

Además de las características de la instalación de generación (inyección variable o constante) hay que considerar en cada caso también las condiciones en la red, para conseguir un resultado óptimo.

En una red en que la potencia inyectada queda limitada por el criterio de las tensiones (típicamente finales de redes) es posible optimizar el manejo de las tensiones con una operación sub excitada de la instalación de generación (figura A.2, página siguiente).

El ancho de banda considera una operación sub excitada entre $\cos \varphi = 0,9$ y $\cos \varphi = 1$, transformadores de apoyo a la red típicos, así como la separación entre la instalación de generación y el transformador de la red.

El potencial de optimización es en general mayor en el caso de las líneas aéreas que para los cables subterráneos, debido a la menor relación R/X. Incluso para separaciones grandes entre el transformador de red y la instalación de generación se consiguen resultados importantes con el empleo de un control adecuado de la potencia reactiva.

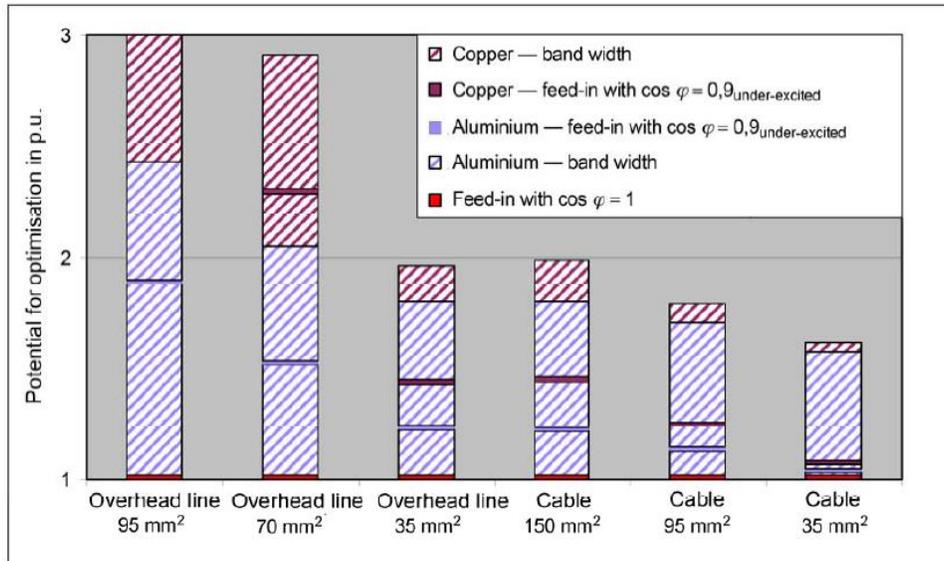


Figura A.2 – Potencial de optimización con una adecuada inyección de potencia reactiva, con conductores y cables típicos (con referencia a una operación con $\cos \varphi = 1$)

En todo caso, hay que tener claro que el control de la potencia reactiva va acompañado de una mayor pérdida de potencia en la red de baja tensión. Esta pérdida de potencia puede ser minimizada empleando una característica $\cos \varphi (P)$. Con ella, la instalación de generación es operada sub excitada solamente cuando inyecta casi con su potencia nominal. En razón de este comportamiento, la característica $\cos \varphi (P)$ es muy adecuada para instalaciones de generación que inyectan una potencia variable, como las instalaciones fotovoltaicas.

El operador de la red puede indicar diferentes características para el “tránsito” de la potencia reactiva de la instalación de generación, dependiendo de las condiciones en la red. La característica $\cos \varphi (P)$ sugerida tiene normalmente 2 puntos, nunca más de 4 puntos de apoyo (ver figura A.3).

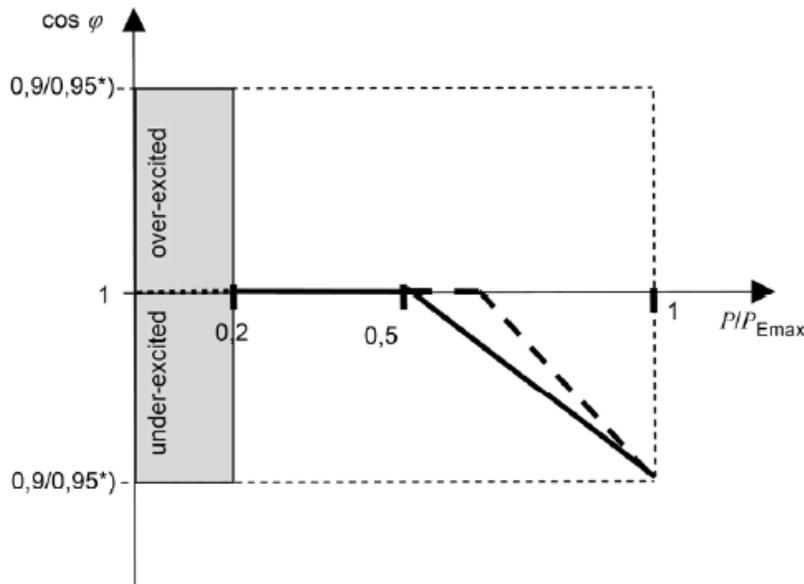


Figura A.3 – Ejemplos para una característica $\cos \varphi (P)$ con 3 puntos de apoyo

En la referida figura se muestran una característica estándar, con línea llena, y una variante (con línea punteada). Los límites 0,90/0,95 son dependientes de $S_{Am\acute{a}x}$. La característica debe ser “transitada” a partir de una potencia igual a $0,2P_{Em\acute{a}x}$.

El tránsito de la característica de potencia reactiva para sostener las tensiones estáticas en las redes es una exigencia adicional a las instalaciones de generación y exige un análisis permanente, sobre todo con respecto al cobro de la potencia reactiva y el empleo de instalaciones de compensación de la corriente reactiva.

Para inyección plena de la instalación de generación, el operador de redes exigirá normalmente una operación sub excitada de la instalación de generación, más arriba de $0,5P_n$ (ver también característica $\cos\phi$ (P) estándar en Figura 4).

En el caso de inyección de excedentes, es indispensable emplear una instalación de compensación de corriente reactiva “inteligente”, que en función del comportamiento general de la instalación del cliente, con absorción o inyección, regule el factor de desplazamiento $\cos\phi$, en el punto de conexión, de la instalación del cliente completa. Mientras no aparezcan en el mercado estas instalaciones de control de la corriente reactiva, resulta recomendable adoptar una estrategia diferenciada al definir el factor de desplazamiento $\cos\phi$ de la instalación de generación.

Cuando principalmente hay inyección en la red del operador de redes, y una potencia inyectada mayor que aprox. $\frac{1}{3}$ de la potencia nominal máxima contratada, se deberá ajustar normalmente un factor de desplazamiento $\cos\phi$ del orden de $0,9_{subexcitado}$ a $0,95_{subexcitado}$, según indicación del operador de la red. Si una instalación de compensación de corriente reactiva regula el $\cos\phi$ en el punto de conexión, se ajustará el valor indicado en la instalación de compensación de corriente reactiva. La instalación de generación puede ser operada con $\cos\phi = 1$. Si el $\cos\phi$ es regulado sólo en función de la parte de consumo de las instalaciones del cliente, habrá que ajustar la instalación de generación en el valor de $\cos\phi$ indicado por el operador de la red.

Indicaciones más precisas sobre la relación de potencias pueden obtenerse con un ejercicio de cálculo de la red, que investigue las repercusiones sobre las variaciones de tensión en el punto de conexión, para los distintos casos de potencia de la instalación del cliente.

En aquellos casos en que la potencia inyectada es menor que $\frac{1}{3}$ de la potencia nominal máxima contratada no se requiere, en general, de un valor de ajuste preciso del factor de desplazamiento de la instalación de generación. Para minimizar las pérdidas en el sistema global se deberá tender a usar un factor de desplazamiento $\cos\phi = 1$.

Si hay un cobro por energía reactiva, que es influenciado por la instalación de generación, debería procurarse de todas maneras un acuerdo entre el operador de la red y el operador de la instalación, en cuanto al procedimiento para la compensación de potencia reactiva de la instalación del cliente y para definir el factor de desplazamiento para la instalación de generación. Es posible que resulte apropiado emplear un medidor de energía reactiva (p.ej., un medidor de perfil de carga) para la instalación de generación y para el balance de la instalación total del cliente en el punto de transición.

A.6 EXIGENCIAS GENERALES, SEGURIDAD ANTE FALLA INTERNA (6.1)

La protección NA central, la protección NA integrada, el interruptor acoplador integrado, así como el circuito de disparo de protección NA integrada más interruptor acoplador integrado deben cumplir con los requisitos de una primera falla (interna).

Aplicando los principios de seguridad básicos, estos medios operativos deben estar conformados, contruidos, escogidos, instalados y combinados al menos de tal manera que puedan soportar los requisitos esperables de la operación (p.ej., la confianza sobre su capacidad de maniobrar y sobre el número de maniobras a realizar) y de las influencias externas (p.ej., vibraciones mecánicas, campos externos, interrupciones o perturbaciones del suministro de energía).

Una falla interna única no puede llevar a la pérdida de la función seguridad. Las fallas con un origen común deben estar también consideradas, cuando su probabilidad de ocurrencia sea grande. Siempre que ello sea realizable de forma razonable, cada falla debe ser avisada y conducir a la desconexión de la unidad generadora o de toda la instalación de generación.

Observación 1: Esta exigencia de reconocer fallas internas individuales no quiere decir que se deba reconocer todas las fallas. Por ello, la acumulación de fallas no descubiertas puede llevar a una señal de salida indeseada y a una situación peligrosa.

Observación 2: este sistema permite que

- La seguridad se mantenga siempre, cuando ocurre una falla interna única;
- Se reconozca algunas, pero no todas las fallas internas;
- La acumulación de fallas internas no reconocidas puede llevar a perder la función seguridad.

Observación 3: Para una mayor explicación del concepto “seguridad ante falla única”: Para realizar la seguridad ante falla interna única se ejecutan, en todos los equipos, todas las unidades indispensables para las funciones protección de manera tal que al aparecer una falla interna (p.ej., una falla de la función de un procesador o de un amplificador de señales de medida), esta falla sea detectada por otra unidad, llevando a la desconexión.

Los interruptores conectados en serie deben disponer, en forma individual, de una capacidad de interrupción acorde con la corriente nominal de la instalación de generación. Por lo menos uno de los interruptores debe ser un relé de potencia o protección y corresponder a la categoría de sobretensiones 2. En el caso de instalaciones que inyectan monofásicamente, el interruptor debe tener contactos de esta categoría de sobretensión, al menos para el conductor externo y para el conductor de neutro. En las instalaciones que inyectan polifásicamente, se exige esta categoría de sobretensión para todos los contactos de conductores activos.

El segundo interruptor puede ser conformado por los elementos electrónicos de interrupción del circuito puente inversor o de algún otro circuito, siempre que los elementos electrónicos de interrupción puedan ser desconectados por medio de señales de control y se asegure que una no operación sea reconocida y lleve a una obstrucción de la operación, al menos en la próxima reconexión.

En inversores en que no hay una fácil separación entre la red y el generador fotovoltaico (inversores sin transformador) deben ejecutarse los dos interruptores analizados en los párrafos anteriores como relés de poder, protecciones o interruptores de poder mecánicos, con los requisitos allí descritos, pudiéndose instalar uno de los dispositivos de desconexión entre el generador fotovoltaico y el inversor.

A.7 INTERRUPTOR ACOPLADOR (6.4)

Conexión multipolar significa conectar todos los conductores activos de la instalación de generación al punto de inyección a las instalaciones del cliente o a la red del operador de redes (según dónde esté instalado el interruptor acoplador). Conductores activos son, según DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200), todos aquellos conductores que en la operación normal trabajarán bajo tensión, incluyendo el conductor de neutro. Por acuerdos, el conductor PEN no corresponde a esta categoría.

DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-46) define los conductores a conectar. Según sea el sistema de la red en el lugar en que se instala el interruptor acoplador, resultan los requisitos que siguen. En el sistema T-T se debe conectar los tres conductores externos y el de neutro. En el sistema TN-C y en la parte TN-C de un sistema TN-C-S, se conectan los tres conductores externos. En el sistema TN-S y en la parte TN-S de un sistema TN-C-S, se conectan los tres conductores externos y el de neutro. Se conectan, entonces, todos los conductores, con excepción de aquel que cumple una función PE.

Cuando se requiere conectar el conductor de neutro, se debe instalar un interruptor acoplador que en la conexión conecte el conductor de neutro antes que los otros, y que en la desconexión lo desconecte después que los otros, pero que en el peor de los casos lo haga en forma simultánea.

A.8 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN PARA EL INTERRUPTOR ACOPLADOR

A.8.1 Generalidades

Con respecto a la protección propia de la instalación generadora, hay que tomar en cuenta que la corriente de cortocircuito es mucho menor durante una operación en isla que en la operación normal en paralelo. En el caso de instalaciones de generación que inyectan a la red de baja tensión a través de inversores, puede estar incluso por debajo de la corriente nominal de la instalación. Eventualmente puede ser inevitable emplear protecciones de corriente residual (RCD).

A.8.2 Funciones de protección

Si en instalaciones existentes aparecen problemas de operación relacionados con las funciones de protección, debido a la suspensión de la pauta VDEW "Instalaciones privadas de generación en la red de baja tensión" (p.ej., con la medida de impedancia válida hasta ahora), puede reequiparse la instalación existente siguiendo las ideas de esta nueva norma VDE.

ANEXO B (Informativo)

EJEMPLOS DE CONEXIÓN

B.1 POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} \leq 4,6$ kVA

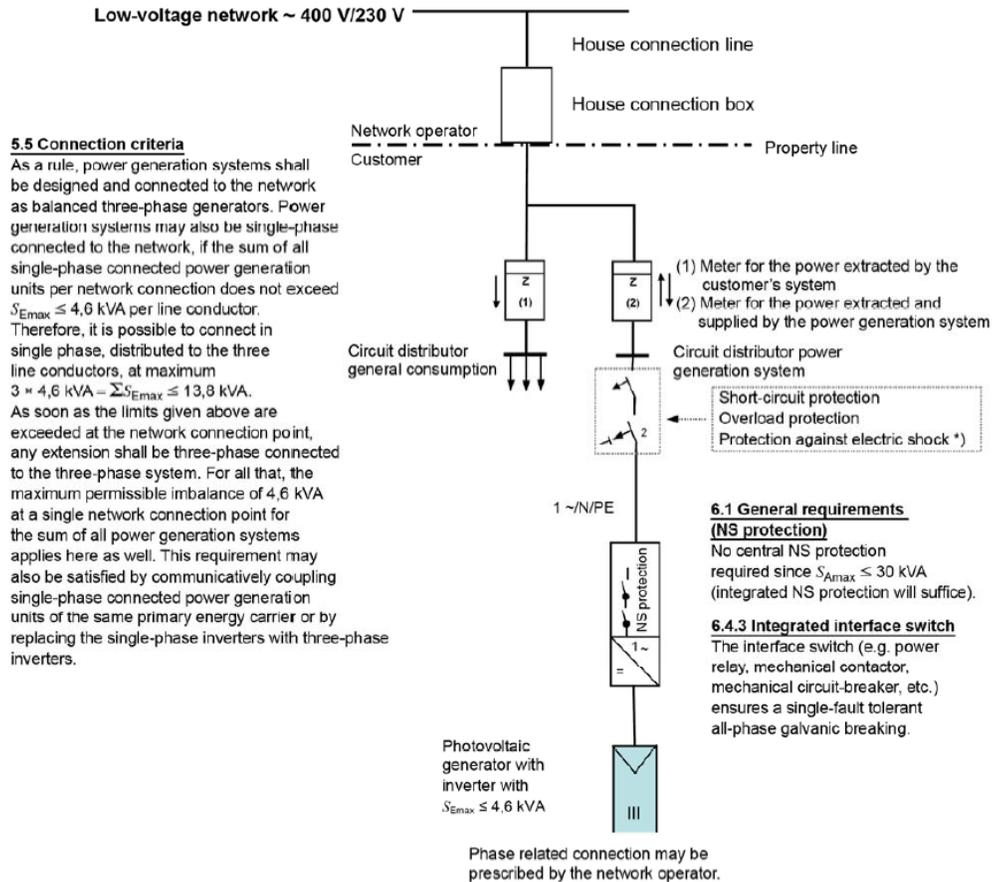


Figura B.1 – Conexión de una unidad generadora monofásica con inyección plena y una potencia aparente de conexión máxima $\leq 4,6$ kVA.

Según 5.5: Las instalaciones de generación deben ser siempre diseñadas y conectadas a la red como si fueran generadores alternos trifásicos simétricos. Sin embargo, las instalaciones de generación pueden ser conectadas monofásicamente a la red cuando, en cada punto de conexión, la suma de todas las unidades conectadas monofásicamente, por conductor, no exceda de $\sum S_{Emax} \leq 4,6$ kVA. En consecuencia, la potencia máxima que es posible conectar monofásicamente a los tres conductores, en un punto de conexión, es de 13,8 kVA. Cualquier ampliación de una planta, que lleve a superar este límite, deberá ser conectada a la red en un sistema alterno trifásico. En este caso se permite también una asimetría de 4,6 kVA en el punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras. Esta exigencia puede ser cumplida también si las unidades generadoras de una determinada fuente de energía primaria, conectadas independientemente de forma monofásica, tienen acople comunicante, o reemplazando los inversores monofásicos por otros trifásicos.

Según 6.1: Dado que $S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA, no se requiere protección NA central (basta con una protección NA integrada).

Según 6.4.3: El interruptor acoplador (p.ej., relé de potencia, interruptor mecánico) asegura una interrupción galvánica multipolar y segura contra fallas internas.

B.2 POTENCIA APARENTE MÁXIMA DE CONEXIÓN $S_{Am\acute{a}x} \leq 13,8 \text{ kVA}$

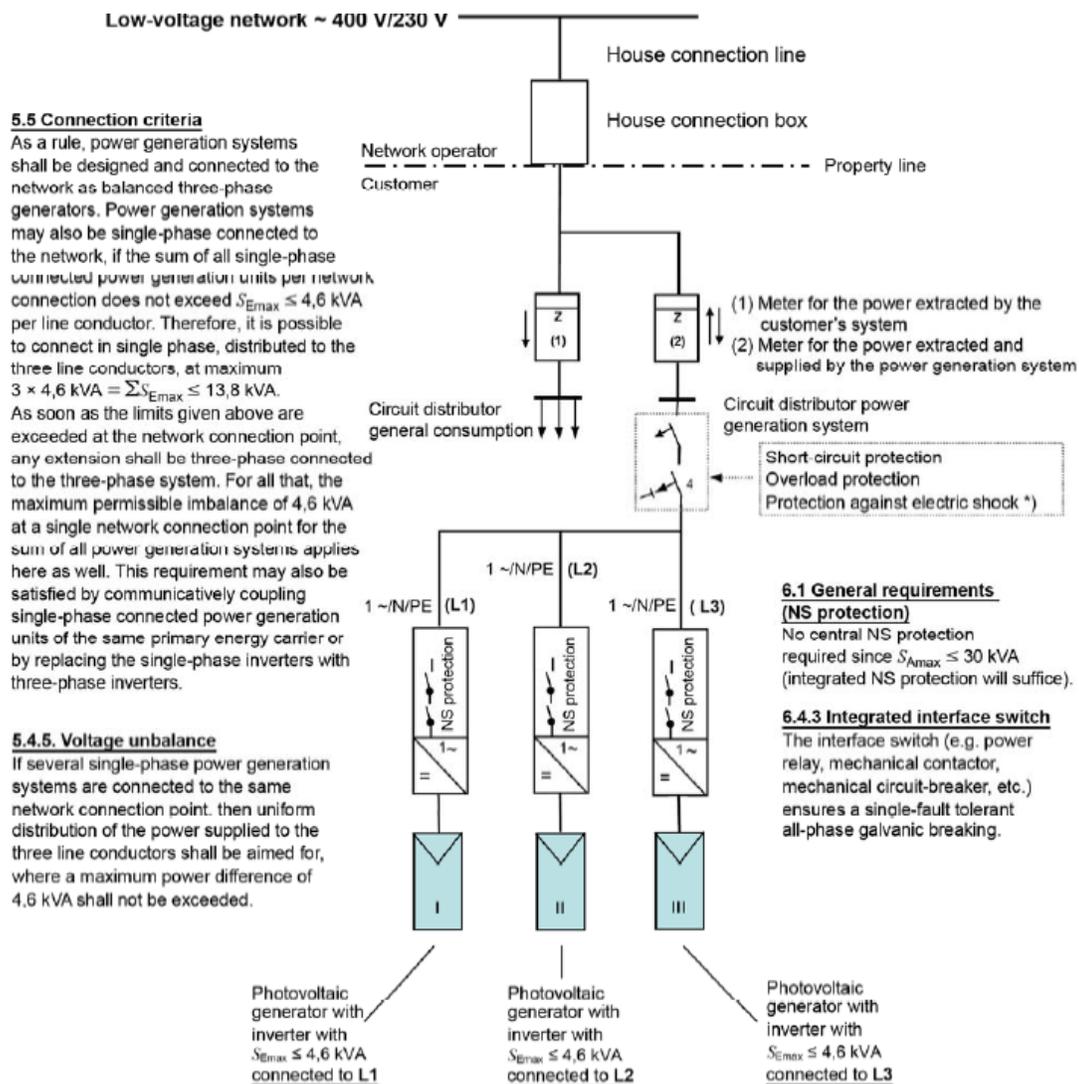


Figura B.2 – Conexión de 3 unidades generadoras monofásicas, con inyección plena y una potencia aparente de conexión máxima $\leq 4,6 \text{ kVA}$ por conductor externo.

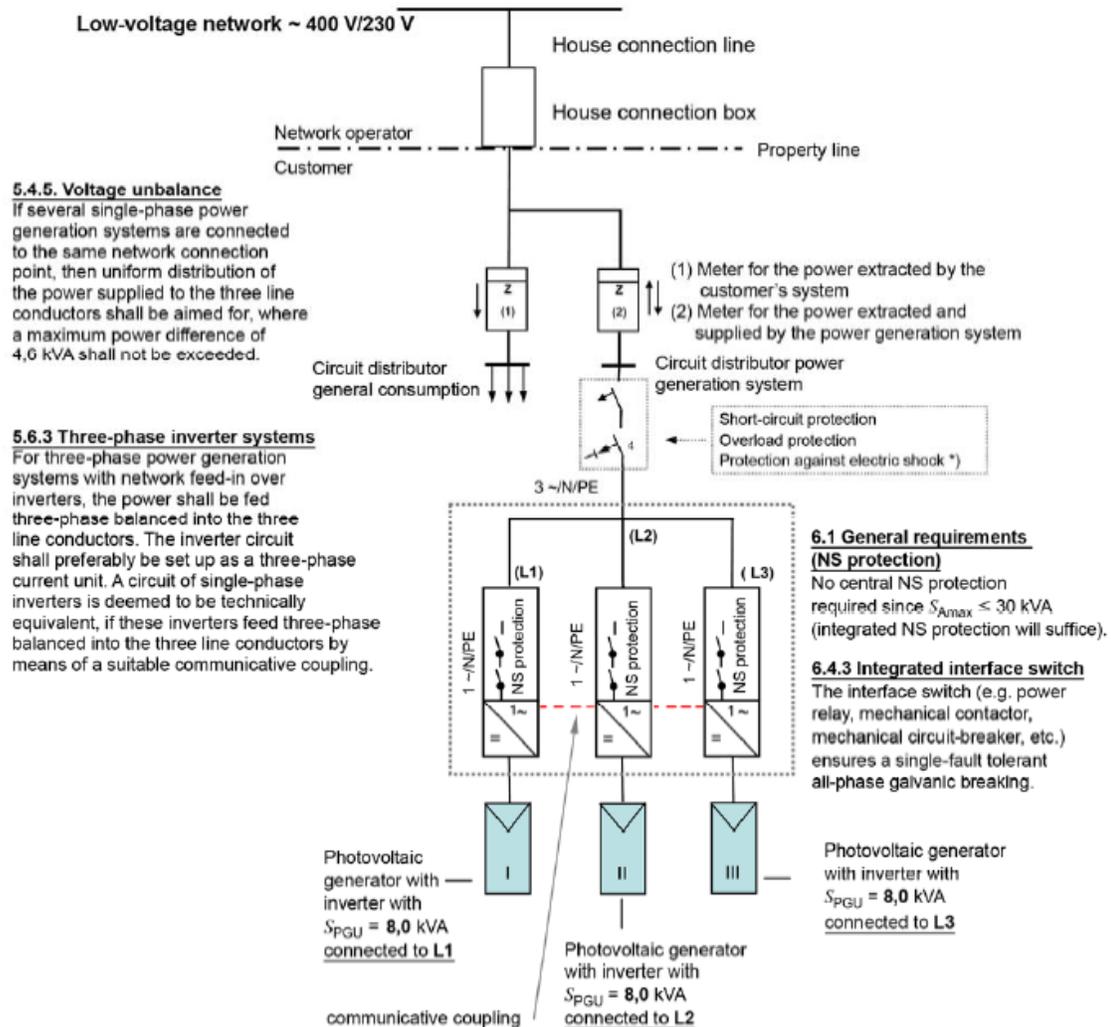
Según 5.5: Las instalaciones de generación deben ser siempre diseñadas y conectadas a la red como si fueran generadores alternos trifásicos simétricos. Sin embargo, las instalaciones de generación pueden ser conectadas monofásicamente a la red cuando, en cada punto de conexión, la suma de todas las unidades conectadas monofásicamente, por conductor, no exceda de $\sum S_{Em\acute{a}x} \leq 4,6 \text{ kVA}$. En consecuencia, la potencia máxima que es posible conectar monofásicamente a los tres conductores, en un punto de conexión, es de 13,8 kVA. Cualquier ampliación de una planta, que lleve a superar este límite, deberá ser conectada a la red en un sistema alterno trifásico. En este caso se permite también una asimetría de 4,6 kVA en el punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras. Esta exigencia puede ser cumplida también si las unidades generadoras de una determinada fuente de energía primaria, conectadas independientemente de forma monofásica, tienen acople comunicante, o reemplazando los inversores monofásicos por otros trifásicos.

Para evitar asimetrías en las tensiones, al conectar varias instalaciones de generación monofásicas en un mismo punto de conexión, se debe buscar una repartición equilibrada de las potencias inyectadas en los tres conductores externos, sin superar un desequilibrio de las potencias mayor a los 4,6 kVA.

Según 6.1: Dado que $S_{Am\acute{a}x} \leq 30 \text{ kVA}$, no se requiere protección NA central (basta con una protección NA integrada).

Según 6.4.3: El interruptor acoplador (p.ej., relé de potencia, interruptor mecánico) asegura una interrupción galvánica multipolar y segura contra fallas internas.

B.3 INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON ACOPLAMIENTO COMUNICANTE DE LOS INVERSORES MONOFÁSICOS Y PROTECCIÓN NA INTEGRADA



*) RCD required in the TT system or in accordance with, e.g., DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) and DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-721), respectively.

Figura B.3 – Conexión de unidades generadoras trifásicas con inyección plena y acoplamiento comunicante

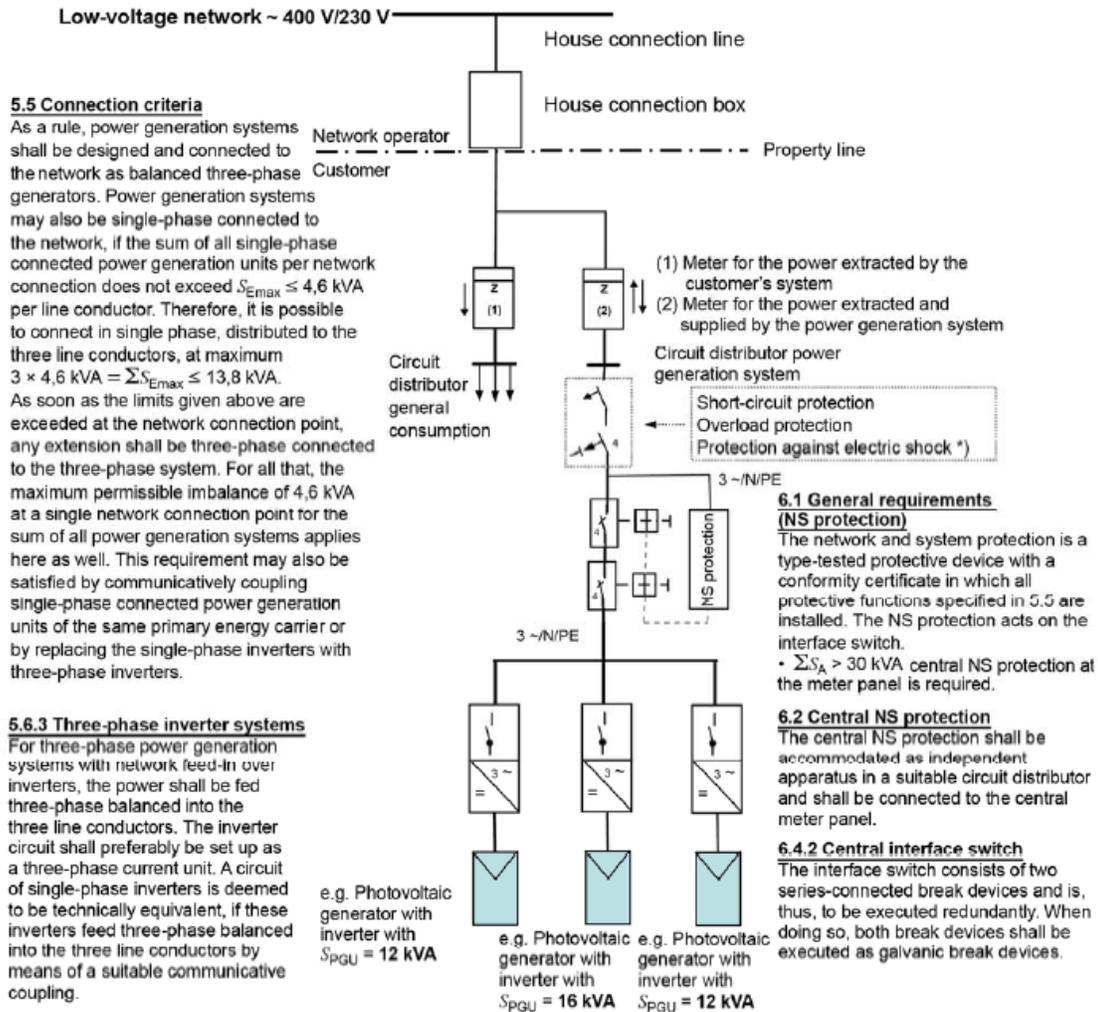
Según 5.4.5: Para evitar asimetrías en las tensiones, al conectar varias instalaciones de generación monofásicas en un mismo punto de conexión, se debe buscar una repartición equilibrada de las potencias inyectadas en los tres conductores externos, sin superar un desequilibrio de las potencias mayor a los 4,6 kVA.

Según 5.6.3, En las instalaciones de generación trifásicas que inyectan a la red a través de inversores, se debe inyectar la potencia de forma simétrica en los tres conductores externos. Para ello, los inversores deben ser conectados como una instalación trifásica. Se acepta la conexión de tres inversores monofásicos, siempre que estén ligados a través de un acoplamiento comunicacional que los haga inyectar de forma simétrica en los tres conductores externos.

Según 6.1: Dado que $S_{Amax} \leq 30$ kVA, no se requiere protección NA central (basta con una protección NA integrada).

Según 6.4.3: El interruptor acoplador (p.ej., relé de potencia, interruptor mecánico) asegura una interrupción galvánica multipolar y segura contra fallas internas.

B.4 POTENCIA DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{AMÁX} > 30$ kVA



*) RCD required in the TT system or in accordance with, e.g., DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) and DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-721), respectively.

NOTE Co-ordination with the network operator is required with regard to the meter panel execution for system sizes with operating currents > 6 A.

Figura B.4 – Conexión de unidades generadoras trifásicas con inyección plena

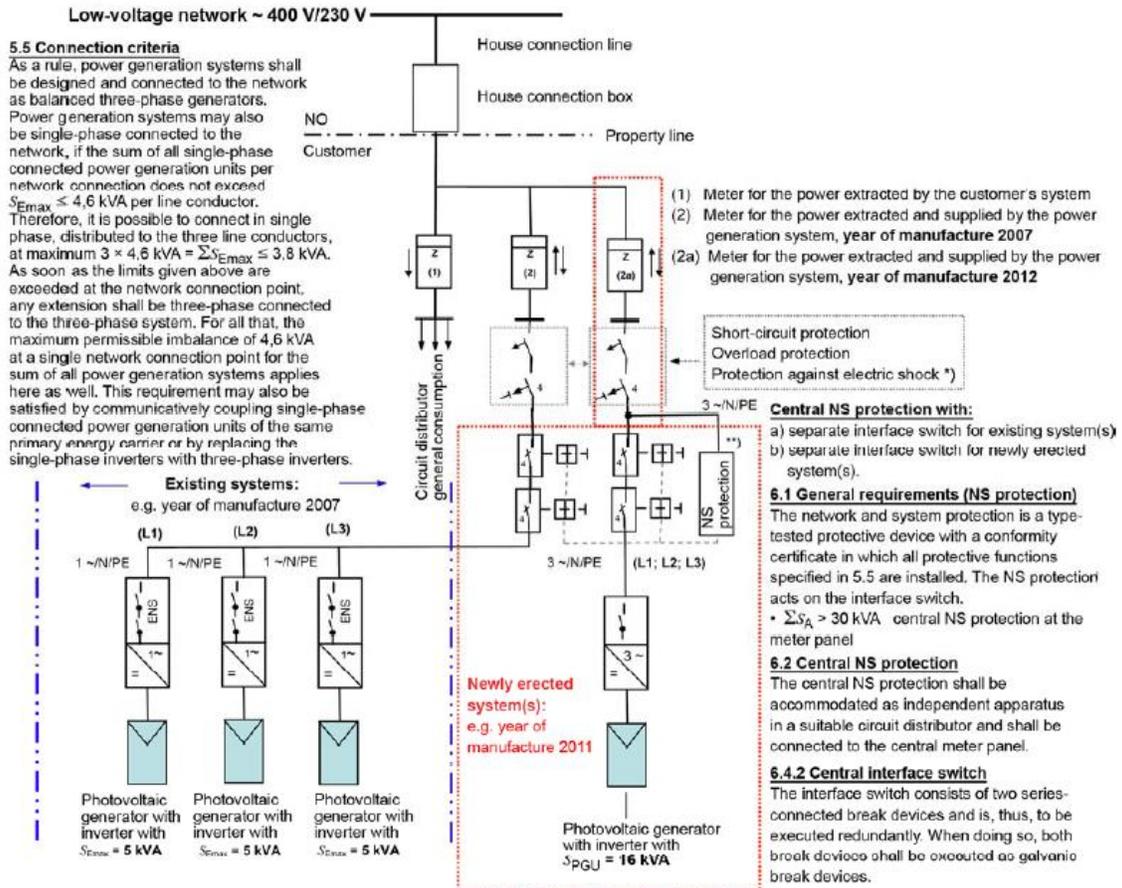
Según 5.6.3: Las instalaciones de generación trifásica con inyección a la red a través de inversores deben inyectar su potencia simétricamente a los tres conductores externos. La conexión de los inversores debe ser hecha preferentemente como unidad trifásica. Sin embargo, se acepta también la conexión de tres inversores monofásicos, siempre que estos inyecten sobre los conductores externos de forma trifásica y simétrica, con ayuda de un acoplamiento comunicante.

Según 6.1: La protección NA es un equipo de protección con pruebas tipo e informe de conformidad, en el que se instalan todas las funciones de protección según 5.5. Opera sobre el interruptor acoplador.

Según 6.2: La protección NA es un equipo individual, que se instala en un repartidor de corrientes apropiado y que se conecta al puesto central de medidores.

Según 6.4.2: El interruptor acoplador es redundante, ya que consiste en dos instalaciones de maniobra conectadas en serie. Ambas instalaciones deben garantizar separación galvánica.

B.5 CONEXIÓN DE UNA NUEVA UNIDAD GENERADORA EN PARALELO CON UNA INSTALACIÓN EXISTENTE, $S_{AMAX} > 30$ kVA



*) RCD required in the TT system or in accordance with, e.g., DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) and DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-721), respectively.

Figura B.5 – Conexión de una nueva unidad generadora en paralelo con una instalación existente, con inyección plena, resultando una potencia aparente de conexión máxima $S_{Amáx} > 30$ kVA.

Según 5.5: Dada la condición de la planta existente, toda ampliación debe ser conectada de forma trifásica. En este caso se permite también una asimetría de 4,6 kVA en el punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras.

Según 6.1: La protección NA es un equipo de protección con pruebas tipo e informe de conformidad, en el que se instalan todas las funciones de protección según 5.5. Opera sobre el interruptor acoplador.

Según 6.2: La protección NA es un equipo individual, que se instala en un repartidor de corrientes apropiado y que se conecta al puesto central de medidores.

Según 6.4.2: El interruptor acoplador es redundante, ya que consiste en dos instalaciones de maniobra conectadas en serie. Ambas instalaciones deben garantizar separación galvánica. En la instalación existente se mantiene el interruptor acoplador separado. En la unidad generadora nueva se coloca también un interruptor acoplador separado.

B.6 CONEXIÓN CON CAJA COLUMNA DE MEDIDORES

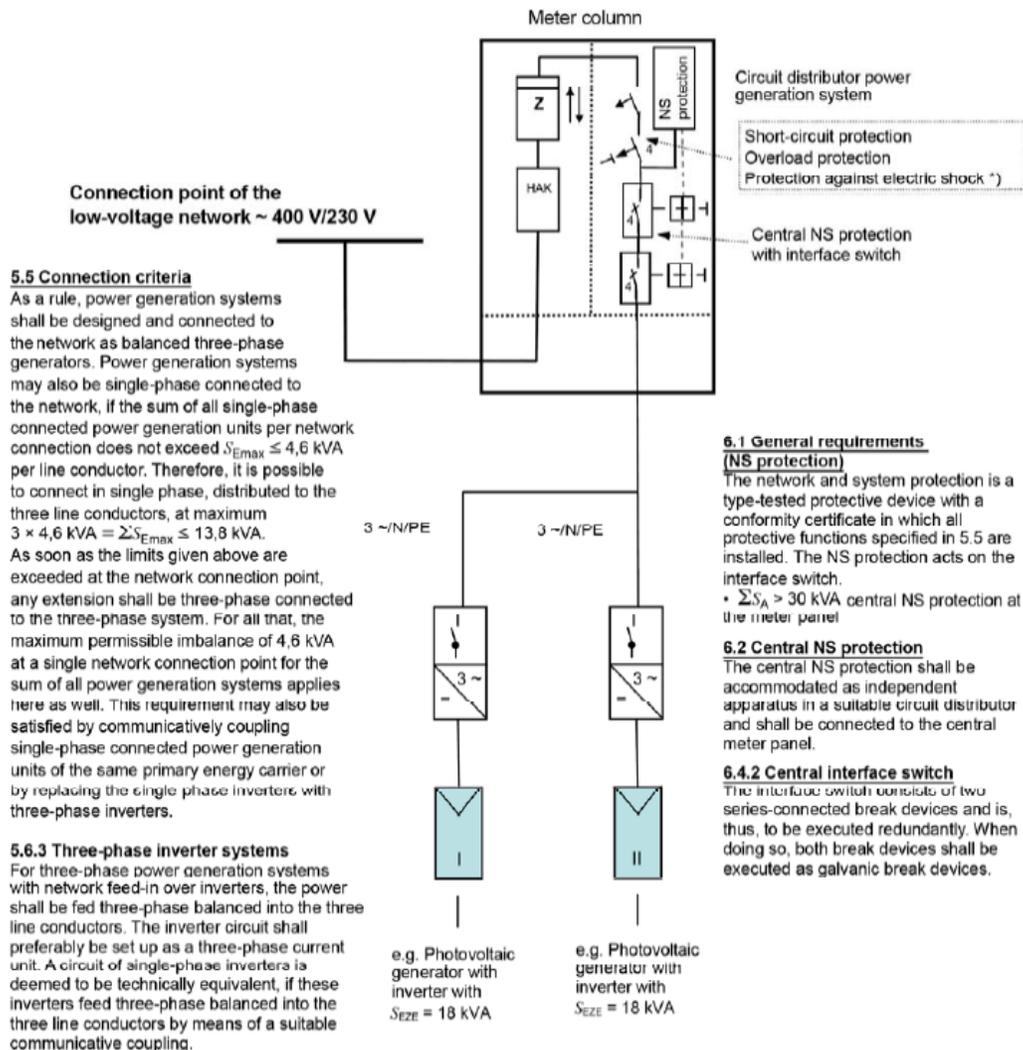


Figura B.6 – Conexión de una instalación de generación con caja columna de medidores y una potencia aparente de conexión máxima $S_{A\max} > 30$ kVA.

Según 5.5: Dado que $S_{A\max} > 30$ kVA, la conexión debe ser trifásica. En este caso se permite una asimetría de 4,6 kVA en el punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras.

Según 5.6.3: Las instalaciones de generación trifásica con inyección a la red a través de inversores deben inyectar su potencia simétricamente a los tres conductores externos. La conexión de los inversores debe ser hecha preferentemente como unidad trifásica. Sin embargo, se acepta también la conexión de tres inversores monofásicos, siempre que estos inyecten sobre los conductores externos de forma trifásica y simétrica, con ayuda de un acoplamiento comunicante.

Según 6.1: La protección NA es un equipo de protección con pruebas tipo e informe de conformidad, en el que se instalan todas las funciones de protección según 5.5. Opera sobre el interruptor acoplador.

Según 6.2: La protección NA es un equipo individual, que se instala en un repartidor de corrientes apropiado y que se conecta al puesto central de medidores.

Según 6.4.2: El interruptor acoplador es redundante, ya que consiste en dos instalaciones de maniobra conectadas en serie. Ambas instalaciones deben garantizar separación galvánica. En la instalación existente se mantiene el interruptor acoplador separado. En la unidad generadora nueva se coloca también un interruptor acoplador separado.

Observación: Cuando las corrientes de operación de la instalación superan los 63 A, se requiere un acuerdo con el operador de la red en cuanto a la ejecución del puesto de medidores, que puede ser por medidas directas o por medidas indirectas.

B.7 CONEXIÓN CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES (consumo propio según § 33 EEG y § 4 (3) KWK-G)

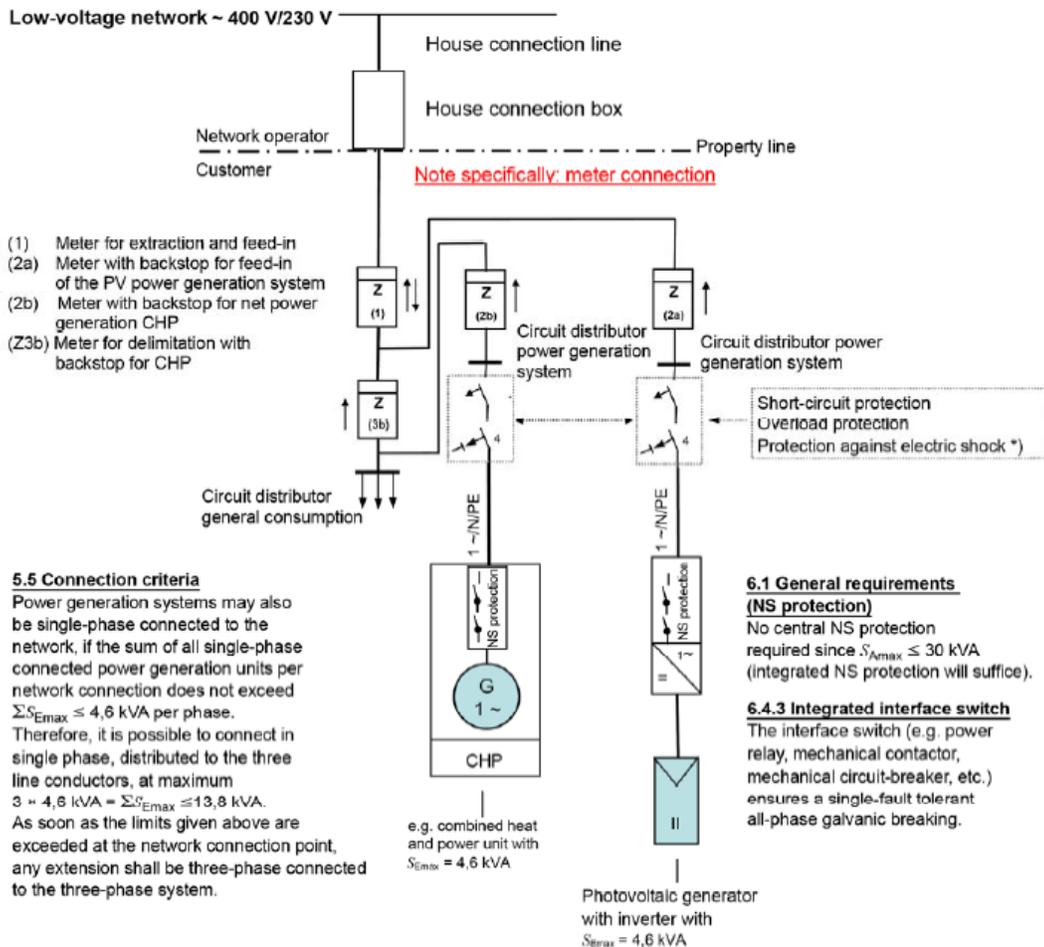


Figura B.7 – Conexión de una instalación de generación con inyección de excedentes (respetando para los consumos propios § 33 EEG y § 4 (3) KWK-G)

Según 5.5: Las instalaciones de generación deben ser siempre diseñadas y conectadas a la red como si fueran generadores alternos trifásicos. Sin embargo, las instalaciones de generación pueden ser conectadas monofásicamente a la red cuando, en cada punto de conexión, la suma de todas las unidades conectadas monofásicamente, por conductor, no exceda de $\Sigma S_{Emax} \leq 4,6$ kVA. En consecuencia, la potencia máxima que es posible conectar monofásicamente a los tres conductores, en un punto de conexión, es de 13,8 kVA. Cualquier ampliación de una planta, que lleve a superar este límite, deberá ser conectada a la red en un sistema alterno trifásico.

Según 6.1: Dado que $S_{Amax} \leq 30$ kVA, no se requiere protección NA central (basta con una protección NA integrada).

Según 6.4.3: El interruptor acoplador (p.ej., relé de potencia, interruptor mecánico) asegura una interrupción galvánica multipolar y segura contra fallas internas.

Observación: Poner especial atención en la conexión de los medidores.

B.8 CONEXIÓN CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES > 30 kVA

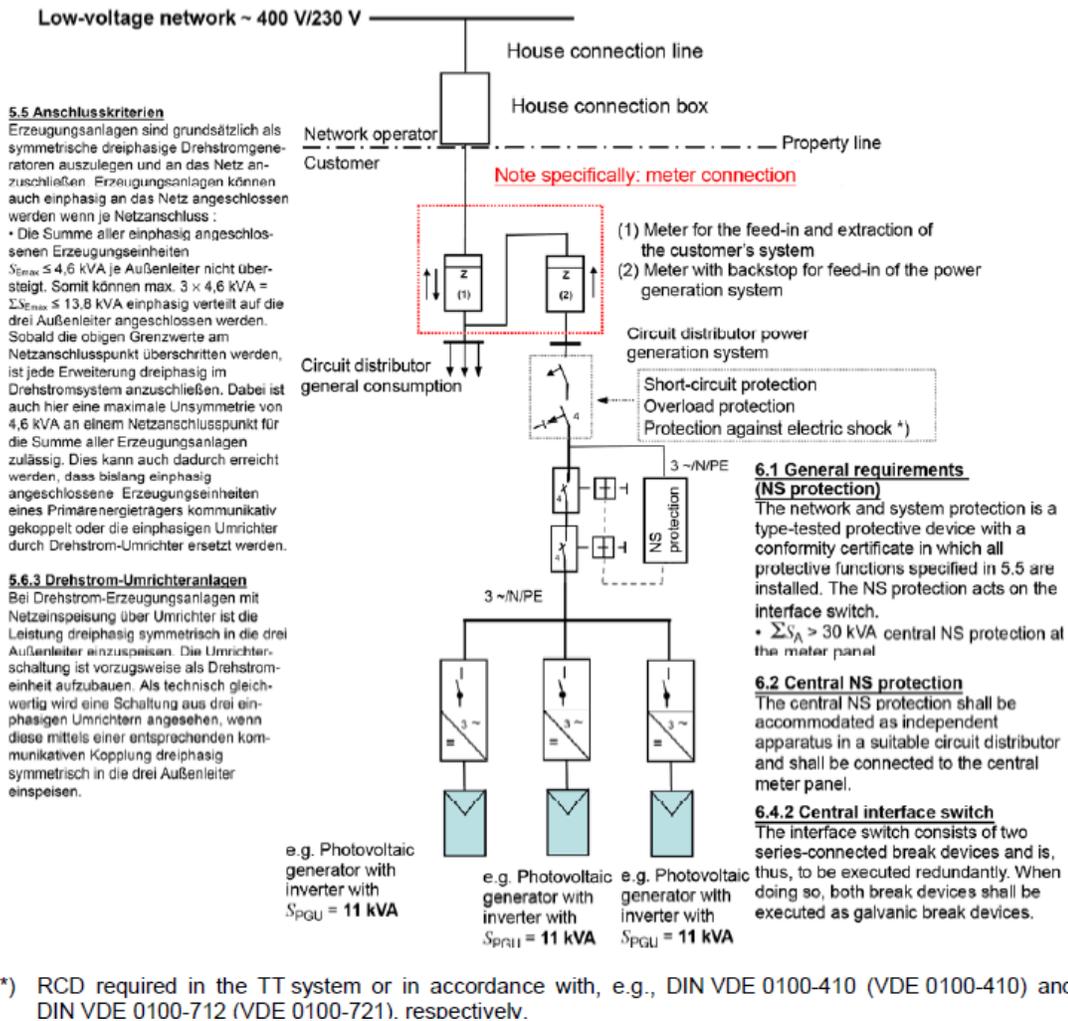


Figura B.8 – Conexión de una instalación de generación con inyección de excedentes y una potencia aparente de inyección máxima $S_{Am\acute{a}x} > 30 \text{ kVA}$

Según 5.5: Dado que $S_{Am\acute{a}x} > 30 \text{ kVA}$, se debe conectar cada unidad generadora de forma trifásica. En este caso se permite una asimetría de 4,6 kVA en el punto de conexión, para la suma de todas las unidades generadoras.

Según 5.6.3: Las instalaciones de generación trifásica con inyección a la red a través de inversores deben inyectar su potencia simétricamente a los tres conductores externos. La conexión de los inversores debe ser hecha preferentemente como unidad trifásica. Sin embargo, se acepta también la conexión de tres inversores monofásicos, siempre que estos inyecten sobre los conductores externos de forma trifásica y simétrica, con ayuda de un acoplamiento comunicante.

Según 6.1: La protección NA es un equipo de protección con pruebas tipo e informe de conformidad, en el que se instalan todas las funciones de protección según 5.5. Opera sobre el interruptor acoplador.

Según 6.2: La protección NA es un equipo individual, que se instala en un repartidor de corrientes apropiado y que se conecta al puesto central de medidores.

Según 6.4.2: El interruptor acoplador es redundante, ya que consiste en dos instalaciones de maniobra conectadas en serie. Ambas instalaciones deben garantizar separación galvánica. En la instalación existente se mantiene el interruptor acoplador separado. En la unidad generadora nueva se coloca también un interruptor acoplador separado.

Observación 1: Cuando las corrientes de operación de la instalación superan los 63 A, se requiere un acuerdo con el operador de la red en cuanto a la ejecución del puesto de medidores, que puede ser por medidas directas o por medidas indirectas.

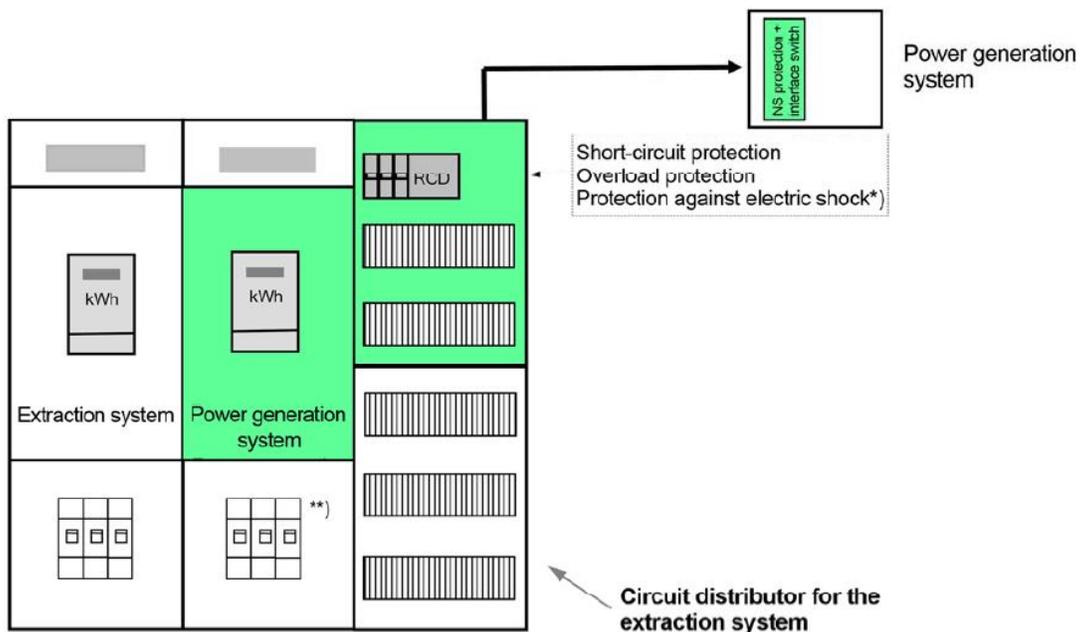
Observación 2: Poner especial atención en la conexión de los medidores.

ANEXO C (informativo)

EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DEL PUESTO DE MEDIDORES

C.1 PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON UNA POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA (inyección plena)

Circuit distributor next to the meter panel (single-family house)



*) RCD required in the TT system or in accordance with, e.g., DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), respectively.

**) Selective overcurrent protective device in accordance with TAB 2007, 7.4 required for full feed-in only.

Figura C.1 – Puesto de medidores TAB para instalación en general e instalación de generación ≤ 30 kVA

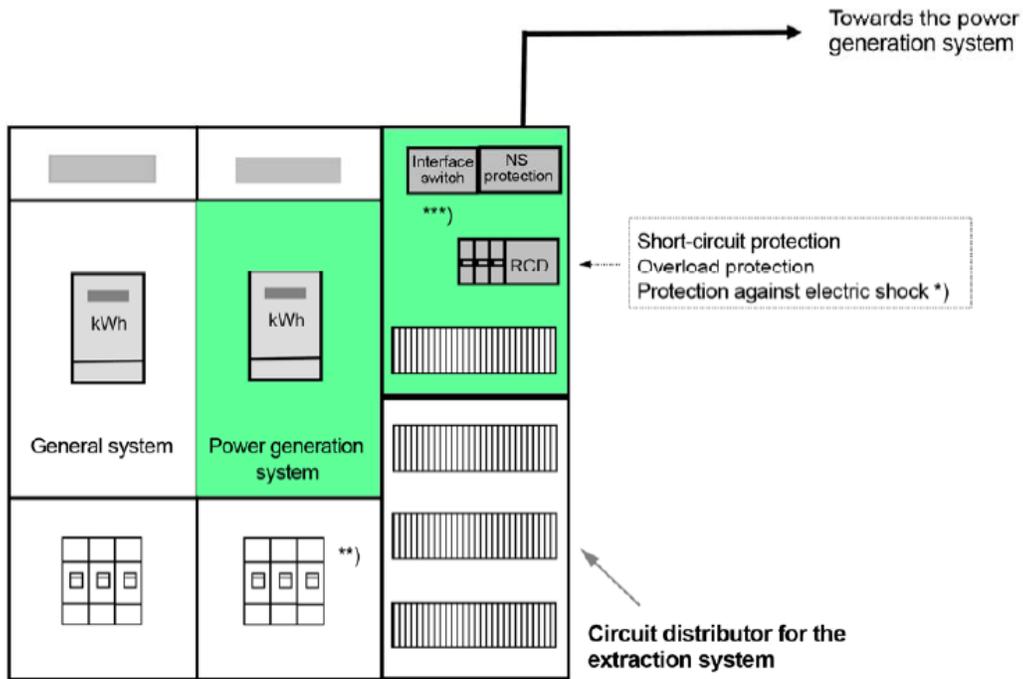
Observación 1 (sobre la protección NA, ver también 6.1): Cuando la potencia aparente de conexión máxima $S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA, la protección NA puede estar integrada en la instalación de control de las unidades generadoras (protección NA integrada).

Observación 2 (sobre el interruptor acoplador, ver también 6.4.2): En el caso de instalaciones de generación con inversores, el interruptor acoplador debe quedar previsto en el lado de la red del inversor. Cortocircuitos en el inversor no deben afectar al interruptor acoplador en su capacidad de maniobra.

Observación 3: La caja repartidora de corrientes se ubica junto al puesto de medidores (casa unifamiliar).

C.2 PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON UNA POTENCIA APARENTE DE CONEXIÓN MÁXIMA $S_{Am\acute{a}x} > 30$ kVA Y PROTECCIÓN NA CENTRAL

Circuit distributor next to the meter panel (single-family house)



*) RCD required in the TT system or in accordance with DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), respectively.

**) Selective overcurrent protective device in accordance with TAB 2007, 7.4 required for full feed-in only.

***) The ball switch may also be inserted decentralised at or in the power generation system.

Figura C.2 – Armario TAB para una instalación general y una instalación de generación > 30 kVA

Observación 1 (sobre la protección NA, ver también 6.1): La protección NA debe ser realizada como protección NA central en el puesto de medidores.

Observación 2 (sobre el interruptor acoplador, ver también 6.4.2): Los dos dispositivos de conexión del interruptor acoplador deben quedar instalados en la caja repartidora de corrientes de la instalación de generación, inmediatamente al lado del puesto de medidores (casa unifamiliar).

C.3 PUESTO DE MEDIDORES PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN CON TRANSFORMADORES DE MEDIDA

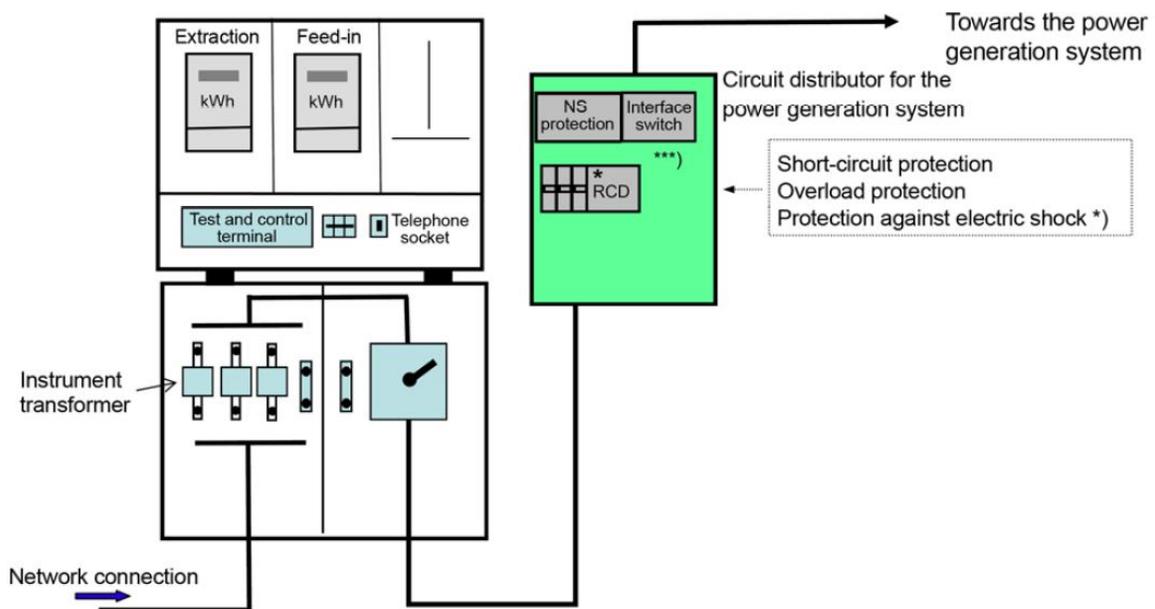


Figura C.3 – Puesto de medidores, con transformadores de medida, para la conexión de una instalación de generación

Observación 1 (sobre la protección NA, ver también 6.1): La protección NA debe ser realizada como protección NA central en el puesto de medidores.

Observación 2 (sobre el interruptor acoplador, ver también 6.4.2): Los dos dispositivos de conexión del interruptor acoplador deben quedar instalados en la caja repartidora de corrientes de la instalación de generación, inmediatamente al lado del puesto de medidores.

C.4 PUESTO DE MEDIDORES (QUE PUEDE ESTAR DISPUESTO NO CENTRALIZADO) PARA LA CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN DE AUTOABASTECIMIENTO O CON INYECCIÓN DE EXCEDENTES SEGÚN EEG § 33 y KWK-G § 4

C.4.1 GENERALIDADES

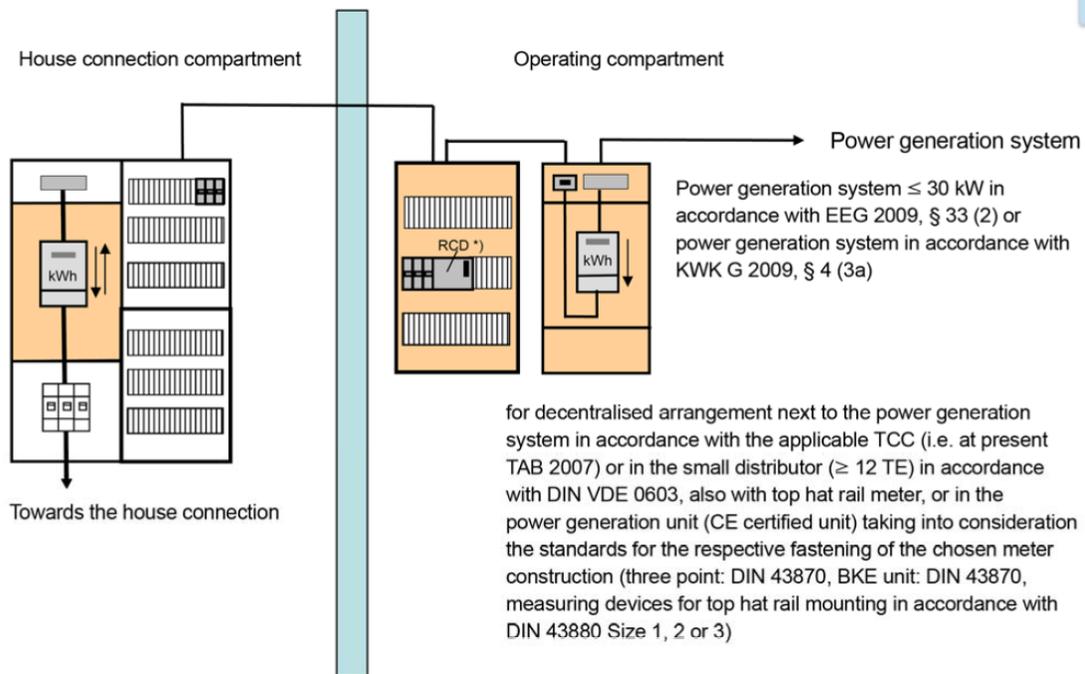


Figura C.4.1 – Puesto de medidores, que puede estar también dispuesto de forma no central, para la conexión de una instalación de generación de autoabastecimiento, o con inyección de excedentes

Observación 1: Si la disposición de los medidores es no centralizada, junto a la instalación de generación, según TAB vigente (hoy, TAB 2007), o en una caja repartidora pequeña (≥ 12 TE) según DIN VDE 0603, también con medidor en rieles, o en la unidad generadora (unidad con certificado CE), respetando en cada caso las normas sobre fijación de los medidores, según su forma constructiva (Tres puntos DIN 43870, unidad BKE DIN 43870, disposición de medidores para montaje en rieles según DIN 43880, en tamaños 1, 2 o 3).

Observación 2 (sobre la protección NA, ver también 6.1): Cuando la potencia aparente de conexión máxima $S_{Am\acute{a}x} \leq 30$ kVA, la protección NA puede estar integrada en la instalación de control de las unidades generadoras (protección NA integrada).

Observación 3 (sobre el interruptor acoplador, ver también 6.4.2): En el caso de instalaciones de generación con inversores, el interruptor acoplador debe quedar previsto en el lado de la red del inversor. Cortocircuitos en el inversor no deben afectar al interruptor acoplador en su capacidad de maniobra.

C.4.2 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA

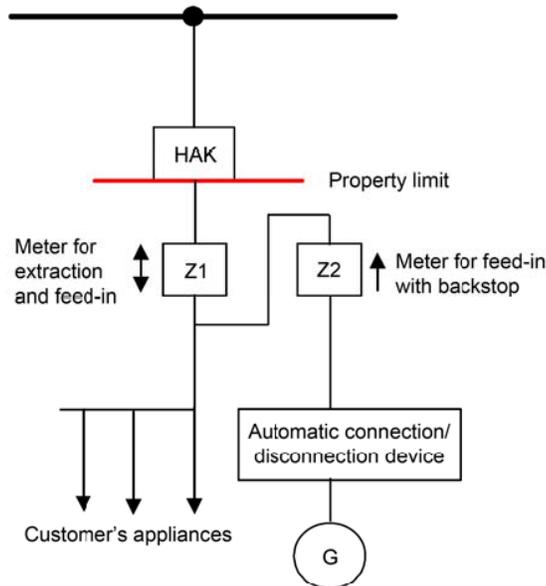


Figura C.5 – Principio de medida para la realización de § 33 (2) o de § 4 (3a) de KWK-G 2009

C.4.3 DISPOSICIÓN DE UN PUESTO DE MEDIDORES CENTRAL

Las figuras C.6 y C.7 muestran variantes para la disposición del puesto de medidas y de medidores que cumplen con § 33 (2) EEG 2009 y § 4 (3a) KWK-G 2009, tomando en consideración las “Exigencias técnicas para la conexión a la red de baja tensión (TAB 2007)” [3] para puestos de medida convencionales (fijación en 3 puntos) y puestos de medidores con instalaciones de fijación y de contactos integrados.

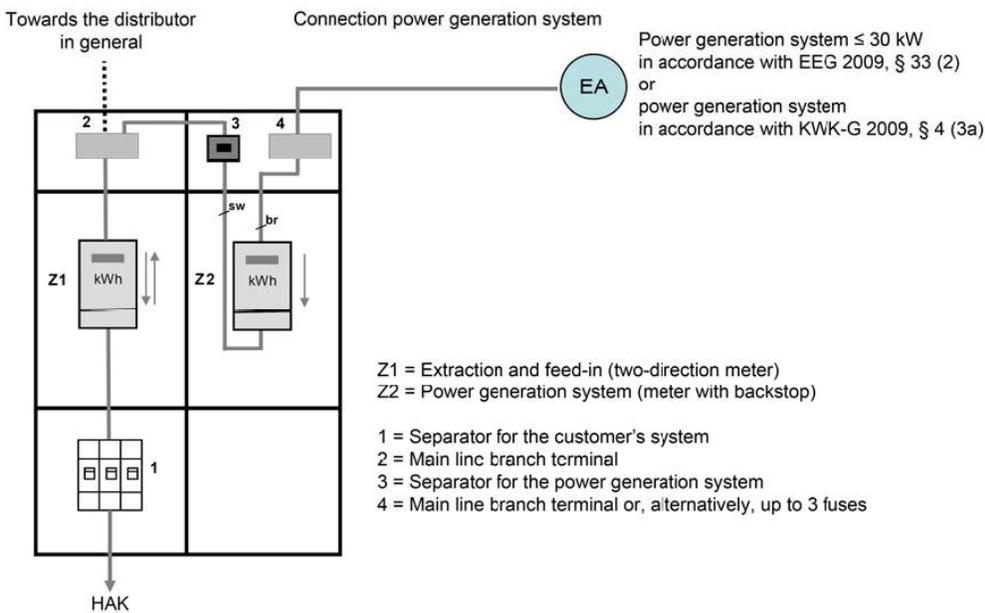


Figura C.6 – Variante de conexión para puesto de medidores central, convencional con fijación en tres puntos

**Only upon co-ordination
with the network operator**

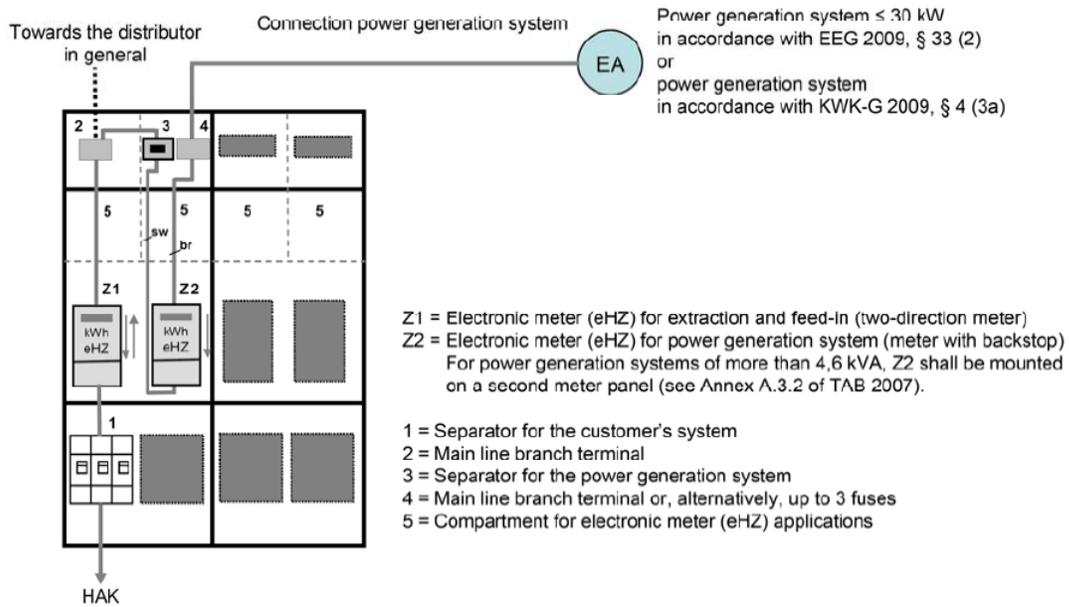


Figura C.7 – Variante de conexión para puesto de medidores eHZ central, con BKE-I

ANEXO D (normativo)

RECONOCIMIENTO DE ISLAS

D.1 RECONOCIMIENTO DE LA FORMACIÓN DE ISLAS CON PRUEBA DE CIRCUITO RESONANTE

D.1.1 Circuito de prueba

Se alimenta el inversor a través de una fuente de tensión apropiada. En unidades generadoras sin inversor se entrega la energía mediante un impelente apropiado. Después del inversor se colocan, en paralelo con la salida, resistencias, bobinas y condensadores que conformen un circuito RLC resonante, que debe poder ser ajustado de forma fina a la potencia activa y reactiva (ver Figura D.1). Tanto el circuito RLC como la unidad generadora deben quedar conectados a la red, o a una adecuada simulación de la red, a través de interruptores distintos.

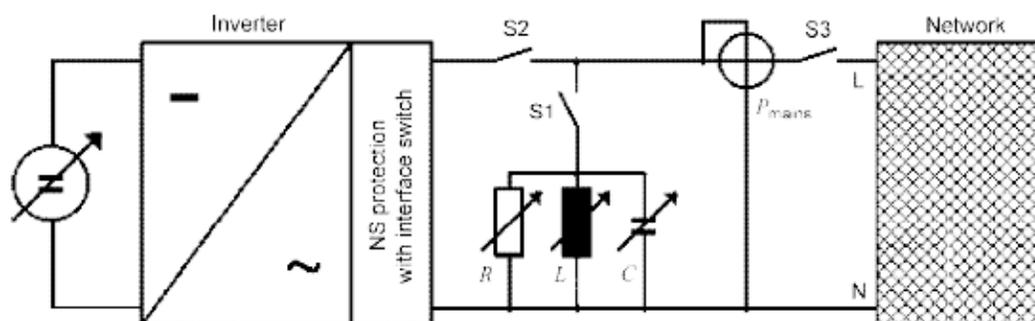


Figura D.1 – Ejemplo con protección NA integrada en el inversor

El circuito resonante debe tener un factor de calidad Q de por lo menos 2. La potencia activa tomada por el circuito resonante debe corresponder con la entregada por la unidad generadora, resp. el inversor, por lo menos con un error de $\pm 3\%$. El factor de distorsión armónica de la corriente en la bobina debe ser menor que 3%, a tensión nominal. Para el ajuste de inductancia y capacitancia valen las relaciones:

$$L = \frac{U^2}{2\pi f PQ} \quad C = \frac{PQ}{2\pi f U^2} \quad (D.1)$$

En que U es la tensión nominal, f la frecuencia de la red y P la potencia activa entregada por la unidad generadora.

D.1.2 Desarrollo de la prueba

La prueba se desarrolla de la siguiente manera:

- 1) Se fija la potencia entregada por la unidad generadora que se desea probar, con ayuda de la fuente de tensión o de un impelente adecuado en el caso de unidades generadoras sin inversor.
- 2) La unidad generadora es conectada con la red, o con una simulación de ella, cerrando $S2$ y $S3$, sin conectar todavía el circuito resonante ($S1$ permanece abierto). Se mide la potencia

activa y la potencia reactiva entregada por la unidad generadora a la red.

- 3) Se separa la unidad generadora de la red, abriendo S2.
- 4) Se ajusta el circuito resonante de la siguiente manera:
 - a) Se ajusta la inductancia para obtener un $Q > 2$;
 - b) Se ajusta la capacitancia de modo que $P_{QC} + P_{QL} = -P_{QWR}$;
 - c) Se ajusta la resistencia de manera que la potencia activa tomada por el total del circuito resonante sea igual a P ;
 - d) Se conectan a la red el circuito resonante y la unidad generadora (S1, S2 y S3 cerrados) y luego se hace operar la unidad generadora.

Observación: La finalidad del ajuste es hacer tan chica como se pueda la componente fundamental de la oscilación de la corriente que pasa por S3. Con el ajuste fino del circuito resonante (paso 6) se consiguen las condiciones más desfavorables en relación con una posible formación de isla.

- 5) Para iniciar la prueba, se abre S3 y se mide el tiempo que transcurre hasta que se desconecta la unidad generadora.
- 6) Luego de finalizada con éxito cada prueba, se ajusta un parámetro (L o C) en cerca de un 1% en un rango total de $\pm 5\%$ y se repite la prueba.

El desarrollo completo del test debe ser repetido para $P = 25\%$, 50% y 100% de la potencia nominal.

Se considera que la prueba completa es aceptable, si los tiempos de desconexión en cada uno de los test son menores a 5 segundos.

La prueba debe ser realizada con frecuencia nominal $\pm 0,1$ Hz y tensión nominal $\pm 3\%$.

En el caso de un puesto de maniobras trifásico, se realiza la prueba sucesivamente para cada una de las fases, conectándola al circuito de pruebas según figura D.1 y conectando las otras dos fases directamente a la red. Los tiempos de desconexión deben estar todos bajo los 5 segundos.

D.2 RECONOCIMIENTO DE ISLA CON AYUDA DE UN CONTROL DE LAS TENSIONES TRIFÁSICAS

En cuanto la tensión en al menos uno de los conductores externos quede por debajo de 80% o por encima de 115% , debe ocurrir la desconexión automática dentro de $0,2$ segundos. Se deben cumplir los requisitos de seguridad funcional según A.6 de esta norma VDE.

Para probar la supervisión de la tensión, se hace operar la unidad generadora, con tensión nominal y una potencia activa cualquiera, contra una fuente de tensión alterna con amplitud variable. Se debe respetar el tiempo de desconexión con saltos de la tensión de prueba de U_n a $1,18U_n$ y de U_n a $0,77U_n$. La prueba debe ser realizada para todas las combinaciones de conductores externos.

Observación: La supervisión trifásica de las tensiones es también aceptable cuando constructivamente se integran varias unidades generadoras monofásicas, que inyectan a conductores externos diferentes, siempre que se pueda regular de forma independiente las corrientes de estas unidades generadoras, de manera que se pueda ajustar distintas situaciones angulares.

ANEXO E (informativo)

EJEMPLOS DE ANÁLISIS DE LA CONEXIÓN DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN

E.1 CONEXIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 20 KVA

E.1.1 Datos de la instalación de generación



Figura E.1 – Unidad generadora (esquema de conformación y conexión)

E.1.2 Concepto (breve descripción, concepto del inversor)

- 1 inversor central conectado a la red de baja tensión a través de una columna de medidores
- Inversor con protección NA integrada

E.1.3 Instalación de generación (los datos se obtiene de la Hoja de datos)

En la red de baja tensión de la instalación de generación: 400 V

Longitud total de cables 50 m

Tipo y sección del cable NAYY-J 4, 35 mm²

E.1.4 Datos de la red

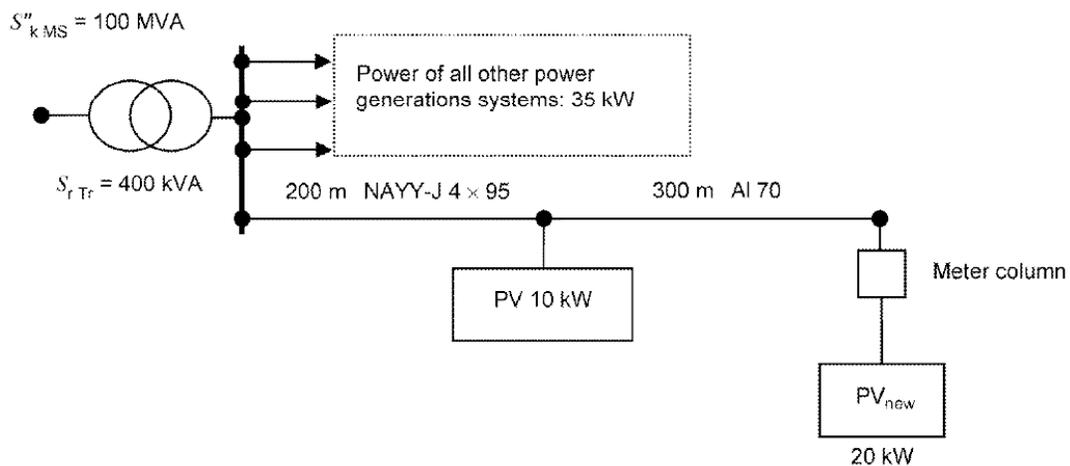


Figura E.2 – Esquema de la red

Potencia de cortocircuito de la red aguas arriba $S_{K, MS} = 100$ MVA

Transformador media/baja tensión $S_{rTr} = 400$ kVA $u_k = 4\%$ $P_{Cu} = 4,6$ kW

Cable NAYY-J 4x95

$$R' = 0,32 \Omega/\text{km} \quad X' = 0,082 \Omega/\text{km}$$

Línea aérea Al 70

$$R' = 0,436 \Omega/\text{km} \quad X' = 0,309 \Omega/\text{km}$$

E.1.5 Cálculo de la potencia de cortocircuito S_{kV} en el punto de conexión a la red

- Impedancia de la red de 20 kV, con $S_{kVN} = 100 \text{ MVA}$ y $R/X = 0,5$

$$Z_N = \frac{U^2}{S_{kVN}} = \frac{400V \cdot 400V}{100 \text{ MVA}} = 1,6 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.1})$$

Con $R/X = 0,5$,

$$R_N = \sqrt{\frac{Z_N^2}{3}} = 0,72 \text{ m}\Omega \quad X_N = 2 R_N = 1,43 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.2})$$

- Impedancia del transformador media/baja tensión, $S_{rTr} = 400 \text{ kVA}$, $u_k = 4\%$

$$S_{kT} = \frac{S_T}{u_k} = 10 \text{ MVA} \quad Z_T = \frac{U^2}{S_{kT}} = 16 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.3})$$

La resistencia del transformador puede ser calculada a partir de las pérdidas de cortocircuito

- Pérdidas de cortocircuito $P_{Cu} = 4,6 \text{ kW}$

$$P_{Cu} = 3 \cdot I_r^2 R_T = 3 \frac{S_r^2}{3U^2} R_T \quad (\text{E.4})$$

$$R_T = \frac{U^2}{S_r^2 \cdot P_{Cu}} = 4,6 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.5})$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 15,3 \text{ m}\Omega$$

- Impedancia del cable, largo = 200 m
- Reactancia unitaria del cable $0,082 \Omega/\text{km}$
- Resistencia unitaria del cable $0,32 \Omega/\text{km}$

$$\text{Luego,} \quad X_L = 16,4 \text{ m}\Omega \quad R_L = 64 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.6})$$

- Impedancia de la línea aérea, largo = 300 m
- Reactancia unitaria de la línea = $0,309 \Omega/\text{km}$
- Resistencia unitaria de la línea = $0,436 \Omega/\text{km}$

$$\text{Luego,} \quad X_L = 92,7 \text{ m}\Omega \quad R_L = 130,8 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.7})$$

Las impedancias válidas para el punto de conexión corresponden a la suma de los elementos:

$$X_{kV} = 125,8 \text{ m}\Omega \quad R_{kV} = 200,1 \text{ m}\Omega \quad Z_{kV} = 236,4 \text{ m}\Omega \quad (\text{E.8})$$

y la potencia de cortocircuito es $S_{kV} = \frac{U^2}{Z_{kV}} = 676,8 \text{ kVA}$ (E.9)

E.1.6 Definiciones del operador de la red respecto a la conexión a la red

Para cargar de forma óptima la red, todas las instalaciones de generación debieran participar de la mantención estática de las tensiones.

La mantención estática de las tensiones debe ser realizada con la característica estándar $\cos\phi(P)$ según 5.7.5. Para ello se deberá operar la instalación de generación de forma que el factor de desplazamiento pueda ser ajustado entre

$$0,9_{\text{subexcitado}} \leq \cos\phi \leq 1 \quad (\text{E.10})$$

En la línea de apoyo a la nueva planta existe ya una instalación fotovoltaica de 10 kW ($\cos\phi = 1$). En otras salidas desde el transformador MT/BT están conectadas inyecciones de instalaciones de generación por un total de 35 kW ($\cos\phi = 1$).

E.1.7 Verificación de las variaciones de tensión aceptables según 5.3

Con un factor de desplazamiento $\cos\phi = 1$ resulta una variación de tensión en el punto de repercusión de la instalación fotovoltaica de

$$\Delta u_a = \frac{S_{A_{\text{máx}}} \cdot (R_{kV} \cos|\phi| - X_{kV} \text{sen}|\phi|)}{U^2} = \frac{20 \text{ kW} \cdot (200,1 \cdot 1 - 0)}{(400 \text{ V})^2} = 2,5 \% \quad (\text{E.11})$$

Dado que la instalación fotovoltaica debe ser operada según una característica $\cos\phi$, se debe considerar para la mayor potencia aparente de la instalación de generación un factor de desplazamiento $\cos\phi = 0,9_{\text{subexcitado}}$. Según ecuación (A.1) se calcula para la operación sub excitada una variación de tensión en el punto de repercusión de la instalación fotovoltaica de (E.12):

$$\Delta u_a = \frac{S_{A_{\text{máx}}} \cdot (R_{kV} \cos|\phi| - X_{kV} \text{sen}|\phi|)}{U^2} = \frac{22,2 \text{ kVA} \cdot (200,1 \text{ m}\Omega \cdot 0,9 - 125,8 \text{ m}\Omega \cdot 0,44)}{(400 \text{ V})^2} = 1,73 \%$$

Al considerar las instalaciones de generación ya existentes y la planta fotovoltaica en estudio resulta, superponiendo las variaciones de tensión de todas las instalaciones, lo indicado en la Tabla siguiente:

Tabla E.1 – Variaciones de tensión en los varios puntos de repercusión

	Variación tensión en %		
	ΔV trafo	ΔV PV antigua	ΔV nueva
EA 35 kW ($\cos\phi = 1$)	0,12	0,12	0,12
PV ant ($\cos\phi = 1$)	0,03	0,43	0,43
PV nva ($\cos\phi=0,9_{\text{subexcitado}}$)	-0,04	0,66	1,73
Suma	0,11	1,21	2,28

Resulta una elevación máxima de tensión de 2,28%.

Se verifica si la característica estándar $\cos\phi (P)$ dada puede ser empleada sin modificaciones. Para ello se fija la elevación máxima de tensión de la instalación de generación como valor límite, y se calcula la mayor potencia inyectable $P_{A_{\text{máx}}}$ para los factores de desplazamiento $\cos\phi = 1$, $\cos\phi_{\text{sobre excitado}} = 0,9$ y $\cos\phi_{\text{sub excitado}} = 0,9$.

$$P_{a_{\text{máx}}} = \frac{\cos\phi \cdot \Delta u_a \cdot U^2}{(R_{kV} \cos|\phi| - X_{kV} \text{sen}|\phi|)} = \frac{0,0173 \cdot (400 \cdot \text{V})^2}{200,1 \text{ m}\Omega} = 13,8 \text{ kW} \quad (\text{E.13})$$

Resultan los siguientes puntos de la característica:

Tabla E.2 – Variación de tensión en los varios puntos de repercusión, con característica $\cos\phi$ (P)

Cos ϕ (sólo PV)	Suma variaciones de tensión (sólo PV nueva) en %			
	trafo	PVantigua	PVnueva	P _{Amáx} /kW
0,9 _{subexcitado}	0,11 (-0,04)	1,21 (0,66)	2,28 (1,73)	20
0,9 _{sobreexcitado}	0,15 (0,00)	1,19 (0,64)	2,28 (1,73)	17,4
1,0	0,20 (0,05)	1,15 (0,60)	2,28 (1,73)	13,8

La línea característica resultante está, con respecto a la característica estándar, por el lado seguro, es decir, se obtienen variaciones de tensión mayores que con la característica estándar. Por lo tanto, se emplea la característica estándar.

E.1.8 Verificación de las características de diseño de los medios impelentes según 5.2

Carga de corriente permanente

La corriente aparente máxima se obtiene a partir de la potencia activa máxima y el factor de desplazamiento $\cos\phi$ definido:

$$S_{Amáx} = \frac{P_{Emáx}}{\cos\phi} = \frac{20 \text{ kW}}{0,9} = 22,2 \text{ kVA} \quad (\text{E.14})$$

lo que, usando la tensión nominal de la red 400 V, significa una corriente de inyección máxima de

$$I_{Amáx} = \frac{S_{Amáx}}{(\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V})} = \frac{22,2 \text{ kVA}}{(\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V})} = 32,1 \text{ A} \quad (\text{E.15})$$

La corriente máxima de inyección está muy por debajo de la carga permanente máxima de los medios operativos.

E.1.9 Corriente de cortocircuito

La nueva instalación fotovoltaica suministra una corriente de cortocircuito del orden de la corriente nominal, $I''_{k, PV} = 32 \text{ A}$.

Con ello, la instalación eleva la corriente de cortocircuito en el punto de repercusión, de 977 A a 1.009 A. La línea aérea Al 70 tiene una corriente de cortocircuito de diseño de 3.800 A.

La resistencia al cortocircuito de los medios operativos es suficiente.

E.1.10 Verificación de la repercusión sobre la red a “variaciones rápidas de tensión”

La potencia aparente de diseño del inversor es un dato: 22,5 kVA. El valor de $k_{i\text{máx}}$ es 1,2.

$$\Delta u_a = k_{i\text{máx}} \cdot \frac{S_{rE}}{S_{kV}} = 1,2 \cdot \frac{22,5 \text{ kVA}}{676,8 \text{ kVA}} = 4 \% \quad (\text{E.16})$$

La variación rápida de la tensión estaría, en principio, fuera de rango. Procede calcular con más precisión:

$$\Delta u_a = k_{i\text{máx}} \cdot \frac{S_{rE}}{S_{kV}} \cdot \cos(\psi + \phi) \quad (\text{E.17})$$

En que Ψ es el ángulo de impedancia de la red, $\arctg(X_{kV}/R_{kV}) = 32,2^\circ$ (a partir de (E.8)), y φ es el factor de desplazamiento de la instalación de generación (en este caso, $\cos\varphi = 0,9_{\text{subexcitado}}$).

$$\Delta u_a = k_{i\text{máx}} \cdot \frac{S_{rE}}{S_{kV}} \cdot \cos(\psi + \varphi) = 1,2 \cdot \frac{22,5 \text{ kVA}}{676,8 \text{ kVA}} \cdot \cos(32,2^\circ + 25,8^\circ) = 2,1 \% \quad (\text{E.18})$$

La variación rápida de tensión está, entonces, en el rango aceptable.

E.1.11 Verificación de la repercusión sobre la red del “parpadeo de tiempo largo”

Los valores límite de DIN EN 61000-3-11 (VDE 0838-11) son respetados.

E.1.12 Verificación de la repercusión sobre la red de “Oscilaciones superiores y armónicas intermedias”

Los valores límite de las Tablas 2 o 3 de DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12) son respetados.

E.1.13 Verificación de la repercusión sobre sistemas de control a frecuencia audible

En la red de este ejemplo no se emplea control a frecuencia audible.

E.1.14 Decisión sobre la conexión

La conexión a la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica de 20 kW puede ser autorizada, siempre que la instalación de generación inyecte con un factor de desplazamiento que corresponda a la característica estándar $\cos\varphi$ (P).

E.2 CONTROL DE LA POTENCIA REACTIVA EN UN BHKW COMANDADO POR EL CALOR

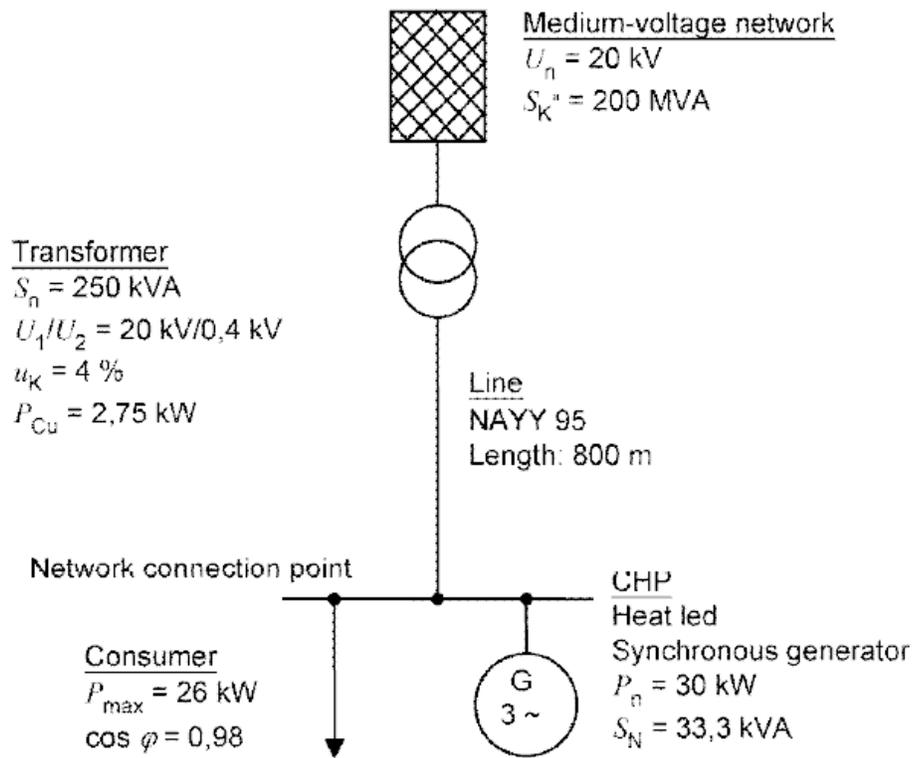


Figura E.3 - Control de la potencia reactiva en un BHKW manejado por el calor

La elevación de tensión originada por el BHKW con $\cos \varphi = 1$ es 3,65%.

La elevación de tensión originada por el BHKW con $\cos \varphi = 0,9_{\text{subexcitado}}$ es 2,83%.

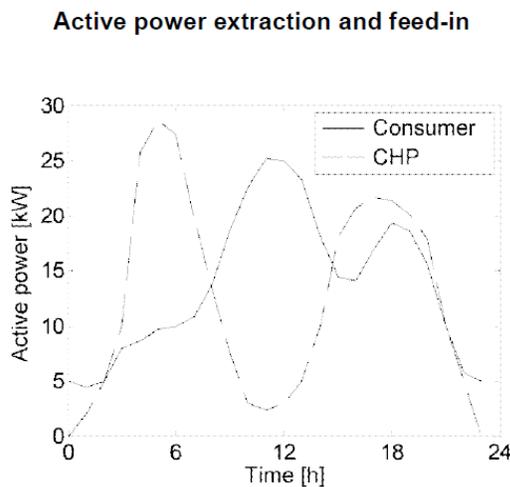


Figure E.4 — Characteristic curve $\cos \varphi(P)$ of the CHP

Voltage deviation at the connection point for $\cos \varphi = 1$ without consumer load

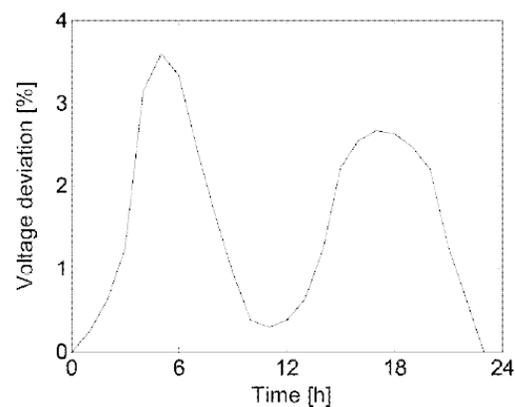


Figure E.5 — Resultant characteristic curve $Q(P)$

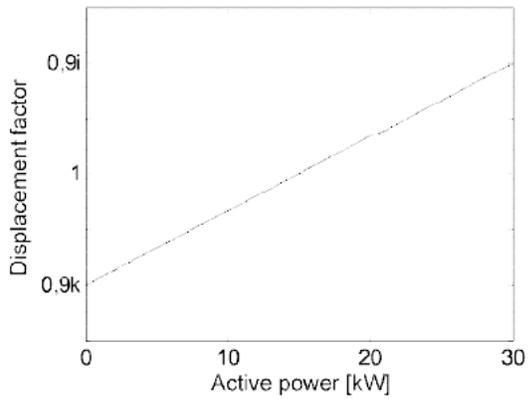


Figure E.6 — Characteristic curve $\cos \varphi (P)$ of the CHP

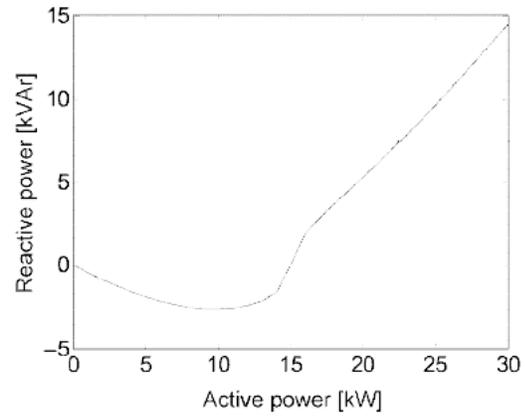


Figure E.7 — Resultant characteristic curve $Q(P)$

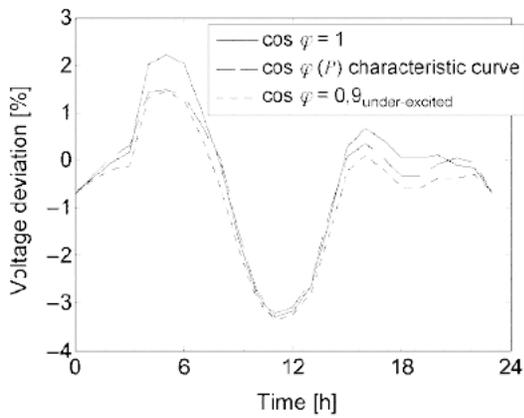


Figure E.8 — Voltage deviation at the connection point

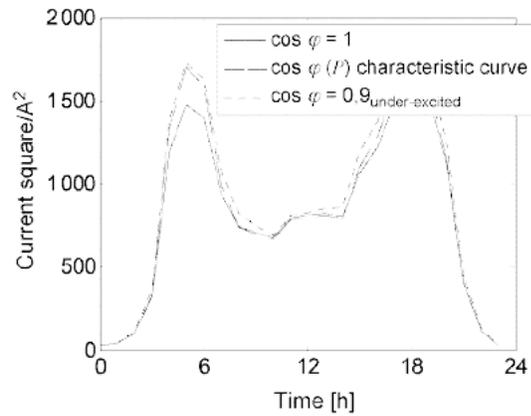


Figure E.9 — Loss parameter current square

El aumento de la energía perdida en la línea, con $\cos \varphi = 0,9_{\text{subexcitado}}$ es 10,9%.

El aumento de la energía perdida en la línea, con característica $\cos \varphi (P)$ es 4,7%.

ANEXO F
(normativo)

FORMULARIOS OBLIGATORIOS

F.1 PROTOCOLO DE PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN

Protocolo de puesta en servicio – Instalaciones de generación en baja tensión (a llenar por el constructor de la instalación)		Nº
Dirección de la instalación	Nombre y apellido _____ Calle y Nº _____ Ciudad _____	
Firma constructora	Nombre y lugar _____ Teléfono, e-mail _____	
Instalación de generación		
Potencia aparente máxima $S_{A\text{ máx}}$	kVA	Potencia útil máxima $P_{A\text{ máx}}$ kW
Para inst. PV: potencia/módulo del generador $P_{A\text{ gen}}$ (importante para bono de inyección)		kWp
Hay contrato de puesta en servicio firmado?		<input type="checkbox"/>
Coincidencia entre la hoja datos F.2 llena y la disposición de la instalación?		<input type="checkbox"/>
Medidas para facturar; Prueba de pre-puesta en servicio + Prueba puesta en servicio?		<input type="checkbox"/>
Certificado de conformidad para unidades generadoras existente?		<input type="checkbox"/>
Certificado de conformidad para protección NA existente?		<input type="checkbox"/>
Valor ajustado en la protección NA central para la protección de sobretensión $U>$		U_n
Valor ajustado en la protección NA integrada para la protección de sobretensión $U>$		U_n
Para protección NA central: Prueba circuito protección NA – interruptor acoplador exitosa?		<input type="checkbox"/>
Dispositivo técnico para reducir potencia inyectada existente y funcionando?		<input type="checkbox"/>
Trampas de onda exigidas en la aceptación? sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	Instalada <input type="checkbox"/>	Hay protocolo de pruebas <input type="checkbox"/>
<p>En la medida que la instalación de generación sea considerada una planta eléctrica cerrada, según los requisitos DIN VDE y las instrucciones para prevenir accidentes de BGV A3, las instalaciones sólo pueden ser visitadas por público si es en compañía de un experto eléctrico o de una persona con conocimientos de electricidad.</p> <p>La instalación de generación ha sido construida según los requisitos de la norma VDE “Instalaciones de generación en la red de baja tensión” y los requisitos Técnicos para la Conexión, del operador de la red. En el proceso de entrega, el constructor de la instalación ha interiorizado al operador de la instalación en los detalles de ésta, y ha declarado que la instalación de generación esta apta para funcionar, según BGV A3 § 3 y TRBS 1201.</p>		
La puesta en servicio de la instalación de generación ocurrió el _____		
_____ Lugar, fecha,	_____ Operador de la instalación	_____ Constructor de la instalación

F.2 HOJA DE DATOS PARA INSTALACIONES DE GENERACIÓN

Hoja de datos – Instalaciones de generación en la red de baja tensión (a llenar por el tomador de la conexión; por cada unidad generadora 1 hoja)				
Dirección de la instalación	Nombre y apellido			
	Calle y N°			
	Lugar			
Tipo energía	<input type="checkbox"/> sol	<input type="checkbox"/> viento	<input type="checkbox"/> agua	otra _____
BHKW con	<input type="checkbox"/> biogas	<input type="checkbox"/> gas natural	<input type="checkbox"/> petróleo	otro _____
	<input type="checkbox"/> operación monovalente			
Instalación	Potencia útil máx $P_{Amáx}$ _____ kW		Potencia aparente máx $S_{Amáx}$ ____ kVA	
Inyección a red	<input type="checkbox"/> 1 fase	<input type="checkbox"/> 2 fases	<input type="checkbox"/> 3 fases	<input type="checkbox"/> corr. trifásica
Forma de operar	Considera operación en isla?			<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	Considera partida con motor?			<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	Entrega a la red del operador de redes prevista?			<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	Venta de excedentes?			<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
	Entrega toda la energía a la red del operador de redes?			<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
Compensación reactivos de la instalación	<input type="checkbox"/> no existe		Existe, con _____ kVAr	
	N° etapas		Potencia reactiva/etapa _____ kVAr	
	Grado de acoplamiento o frecuencia de resonancia			
Unidades generadoras*	Fabricante		Tipo	
	Potencia activa máx $P_{Emáx}$ _____ kW		Pot. aparente máx $S_{Emáx}$ _____ kVA	
	Tensión nominal (AC) U_n _____ V		Corriente nominal (AC) I_r _____ A	
	Corriente cortocircuito I''_k _____ kA		Corriente de partida I_a _____ A	
	N° unidades iguales		Consumo propio _____ kVA	
	<input type="checkbox"/> inversor	<input type="checkbox"/> generador asincrónico		<input type="checkbox"/> gen sincrónico
Inversor	<input type="checkbox"/> autodirigido, frecuencia pulsos _____ kHz		<input type="checkbox"/> dirig. por la red; N° pulsos ____	
Oscilaciones superiores	<input type="checkbox"/> Corrientes según DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2), resp. DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12)			<input type="checkbox"/> según información adjunta
Observaciones				

- Observación: En el caso de instalaciones PV hay que entregar los datos de los inversores.

F.3 EXIGENCIAS PARA EL PROTOCOLO DE PRUEBAS DE UNIDADES GENERADORAS

Resumen del Informe de pruebas para el certificado "Determinación de las características eléctricas"											Nº 2014 – nnnn (Nº consecutivos)	
Tipo instalación					Datos fabricante							
Constructor de la instalación					Tipo instalación (BHKW, PV, etc							
					Potencia útil (potencia nominal en cond. nominales) kW							
					Tensión nominal V							
Período de las medidas desde dd mm aaaa hasta dd mm aaaa												
Potencia activa $P_{Emáx}$ kW												
Absorción de potencia reactiva												
Relación P/P _n en %		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
cosφ _{subexc} máx												
cosφ _{sobreexc} máx												
Mantención de un cosφ prefijado												
Dato al control		0,9 _{sob}	0,92 _{>}	0,94 _{>}	0,96 _{>}	0,98 _{>}	1,00	0,98 _{<}	0,96 _{<}	0,94 _{<}	0,92 _{<}	0,90 _{<}
Medida en bornes EZE												
Función control potencia reactiva (característica estándar)												
Relación P/P _n en %		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
cos φ												
Se cumple la característica estándar cosφ (P)												
Maniobras												
Conectar sin ajuste previo de fuente primaria										k _i		
Peor caso al maniobrar las etapas del generador										k _i		
Conectar en condiciones nominales de la fuente energía primaria										k _i		
Desconectar con potencia nominal										k _i		
Peor valor en todas las maniobras										k _{imáx}		
Parpadeo		Ángulo impedancia de red Ψ _k					30°	50°	70°	85°		
		Valor coef flicker de instalación c _ψ										
Oscilaciones superiores												
Relación P/P _n en %		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Número de orden		I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]
2												
3												
4												
5												
...												
40												
Armónicas intermedias												
Relación P/P _n en %		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frecuencia (Hz)		I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]
75												
125												
175												
225												
...												
1975												
Frecuencias altas												
Relación P/P _n en %		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Frecuencia (Hz)		I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]	I [%]
2,1												
2,3												
2,5												
2,7												
...												
8,9												

F.4 EXIGENCIAS PARA EL INFORME DE PRUEBAS DE LA PROTECCIÓN NA

Resumen del Informe de pruebas para la protección NA “Determinación de las características eléctricas”			Nº 2014 – nnnn (Nº consecutivos)
<input type="checkbox"/> Protección NA como protección central			
Tipo protección NA	Otros datos fabricante		
Versión de software			
Fabricante			
Período de medidas desde dd mm aaaa hasta dd mm aaaa			
Función de protección	Ajuste	Valor disparo	Tiempo disparo protección NA ^a
Protección contra caída tensión U<	0,8 x U _n	x U _n	ms
Protección contra alza tensión U>	1,1 x U _n	x U _n	ms
Protección contra alza tensión U>>	1,15 x U _n	x U _n	ms
Protección contra caída frecuencia	47,5 Hz	Hz	ms
Protección contra alza frecuencia	51,5 Hz	Hz	ms
^a El tiempo de disparo incluye el espacio de tiempo entre la vulneración del valor límite hasta que se emite la señal hacia el interruptor acoplador			
<input type="checkbox"/> Protección NA como protección integrada			
Tipo protección NA	Otros datos fabricante		
Versión de software			
Fabricante			
Integrada a unidad tipo _____ Interruptor acopl integrado 1 tipo _____ Interruptor acopl integrado 2 tipo _____			
Período de medidas desde dd mm aaaa hasta dd mm aaaa			
Función de protección	Ajuste	Valor disparo	Tiempo disparo
Protección contra caída tensión U<	0,8 x U _n	x U _n	ms
Protección contra alza tensión U>	1,1 x U _n	x U _n	ms
Protección contra alza tensión U>>	1,15 x U _n	x U _n	ms
Protección contra caída frecuencia	47,5 Hz	Hz	ms
Protección contra alza frecuencia	51,5 Hz	Hz	ms
Tiempo propio interruptor acopl	ms		
El tiempo total de desconexión (suma del tiempo de disparo de la protección NA más el tiempo propio de acción del interruptor acoplador) no debe exceder 200 ms.			
<input type="checkbox"/> La verificación de la cadena completa “protección NA – interruptor acoplador” llevó a una desconexión exitosa			

ANEXO G
(informativo)

FORMULARIOS VOLUNTARIOS (no obligatorios)

G.1 PEDIDO DE CONEXIÓN

Solicitud de conexión a la red de baja tensión de instalaciones de generación (a llenar por el tomador de la conexión)			
Dirección de la instalación	Nombre y apellido		
	Calle y N°		
	Lugar		
	Teléfono, e-mail		
Tomador de la conexión (propietario)	Nombre y apellido		
	Calle y N°		
	Lugar		
	Teléfono, e-mail		
Operador de la Instalación	Nombre y apellido		
	Calle y N°		
	Lugar		
	Teléfono, e-mail		
Constructor de la Instalación (firma eléctrica)	Firma, lugar		
	N° inscripción		
Tipo de instalación	<input type="checkbox"/> nueva	<input type="checkbox"/> ampliación	<input type="checkbox"/> modificación
Se acompaña formulario "Inscripción para conexión a la red"			<input type="checkbox"/>
Se acompaña plano de ubicación con nombre y límites del terreno con indicación de la ubicación de la instalación de generación			<input type="checkbox"/>
Se acompaña Hoja de datos para la instalación de generación (ver F.2)			<input type="checkbox"/>
Se acompaña certificado de conformidad para unidad generadora (ver G.2)			<input type="checkbox"/>
Se acompaña certificado de conformidad para protección NA (ver G.3)			<input type="checkbox"/>
Se acompaña diagrama unifilar a partir del punto de conexión, incuyendo disposición de las instalaciones de medida y protección			<input type="checkbox"/>
Fecha de puesta en servicio prevista			
Lugar y fecha		Firma del tomador de la conexión	

G.2 CERTIFICADO DE CONFORMIDAD PARA UNIDADES GENERADORAS

Certificado de conformidad para unidades generadoras		N° 2014 – nnnn (números correlativos) Copia firmada N° 1
Fabricante		
Tipo de unidad generadora		
Valores de diseño	Potencia activa máxima $P_{Emáx}$	kW
	Potencia aparente máxima $S_{Emáx}$	kVA
	Tensión nominal	V
Norma de conexión a la red	VDE AR-N 4105 “Conexión de instalaciones de generación a la red de baja tensión” Exigencias técnicas mínimas para la conexión a y operación en paralelo con la red de baja tensión, de instalaciones de generación	
La unidad generadora indicada más arriba cumple con los requisitos de VDE AR-N 4105. El certificado de conformidad incluye los siguientes antecedentes: <ul style="list-style-type: none"> ● Datos técnicos de la unidad generadora, de las instalaciones auxiliares empleadas y de la versión del software utilizada; ● Un esquema de la estructura de la unidad generadora; ● Un resumen de las características de la unidad generadora (modo de operar) 		
_____	_____	
Lugar y fecha	Fabricante	
No se debe utilizar sólo partes aisladas de este certificado.		
Logotipo, dirección y e-mail del fabricante		

G.3 CERTIFICADO DE CONFORMIDAD PARA LA PROTECCIÓN DE LA RED Y DE LA INSTALACIÓN

Certificado de conformidad para protección NA		Nº 2014 – nnnn (números correlativos) Copia firmada Nº 1	
Fabricante			
Tipo de protección NA			
Protección NA central	<input type="checkbox"/>		
Protección NA integrada	<input type="checkbox"/>	Pertenece a unidad tipo	
Norma de conexión a la red	<p>VDE AR-N 4105 “Conexión de instalaciones de generación a la red de baja tensión” Exigencias técnicas mínimas para la conexión a y operación en paralelo con la red de baja tensión, de instalaciones de generación.</p>		
<p>La protección de red e instalación indicada más arriba cumple con los requisitos de VDE AR-N 4105. El certificado de conformidad incluye los siguientes antecedentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los valores de ajuste y los tiempos de desconexión de las funciones de protección descritas en 5.5. • En el caso de protección NA integrada, la comprobación de la funcionalidad de la cadena de acción “protección NA – interruptor acoplador”, así como los datos técnicos de los equipos de maniobra del interruptor acoplador. • La versión del software de la protección NA empleado • La verificación del autocontrol según Anexo A “Exigencias generales, Seguridad en falla interna” 			
_____		_____	
Lugar y fecha		Fabricante	
No se debe utilizar sólo partes aisladas de este certificado.			
Logotipo, dirección y e-mail del fabricante			

LITERATURA DE REFERENCIA

- [1] Instalaciones de generación privadas en la red de baja tensión (Norma para la conexión y operación en paralelo de instalaciones de generación en la red de baja tensión), 4ª edición 2011 con complementos de VDE (situación a septiembre 2005), VDEW/VDN.
- [2] Instalaciones de generación en media tensión (Norma para la conexión y operación en paralelo de instalaciones de generación en media tensión), edición junio 2008 con complementos de BDEW (situación al 15 de febrero de 2011), VDN/BDEW.
- [3] TAB 2007, Exigencias técnicas para la conexión a la red de baja tensión, julio 2007, Unión de los operadores de redes VDN e.V. en VDEW.
- [4] Normas técnicas para el análisis de repercusiones sobre la red, 2ª edición 2007, Unión de los operadores de redes VDN e.V. en VDEW.
- [5] Control por frecuencia audible – Recomendaciones para evitar repercusiones indeseadas, 3ª edición 1997, VDEW.
- [6] Ley de nueva regulación del derecho de las energías renovables en el campo de la corriente y de modificación de disposiciones relacionadas con ello (Ley de las energías renovables, EEG 2009), ley de las energías renovables del 25 de octubre de 2008 (BGBl. I S. 2074), que después ha sido modificada por ley del 11 de agosto de 2010 (BGBl I S. 1170).
- [7] Ley para la mantención, la modernización y el desarrollo del acoplamiento fuerza-calor (Ley del acoplamiento fuerza-calor, KWK-G), Ley de acoplamiento fuerza-calor del 19 de marzo de 2002 (BGBl I S. 1092), que después ha sido modificada por el artículo 5 de la ley del 21 de agosto de 2009 (BGBl I S. 2870).
- [8] MeteringCode, edición de mayo 2008, BDEW.
- [9] Complemento a TAB 2007 (Realización del § 33, párrafo 2 EEG 2009 y del § 4, párrafo 3a KWK-G 2009 al 1º de enero de 2009: Repercusiones sobre puesto de medidores y medida), octubre 2009, BDEW.