Netzkopplung dezentraler Erzeugungsanlagen

Autor(en): **Mathys, René**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **103 (2012)**

Heft 12

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857381

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Netzkopplung dezentraler Erzeugungsanlagen

Herausforderungen und Massnahmen

Weil die dezentrale Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien im Stromverteilnetz Netzrückwirkungen wie Oberschwingungen, Erhöhung der Kurzschlussströme und manchmal sogar unzulässige Spannungsanhebungen verursacht und so die Versorgungssicherheit beeinträchtigen kann, zwingt sie Verteilnetzbetreiber zum Umdenken. Eine Übersicht über konkrete Herausforderungen, deren Ursachen und entsprechende Massnahmen im Niederspannungsnetz.

René Mathys

Stromverteilnetze wurden als «Einwegnetze» konzipiert. Durch die kontinuierlich zunehmende Integration von dezentral einspeisenden Fotovoltaikanlagen entwickeln sie sich zu Sammelnetzen, obwohl sie eigentlich nicht dafür vorgesehen sind und nicht entsprechend ausgelegt wurden. Dass sie die neuen Anforderungen nicht erfüllen können, liegt auf der Hand. Deshalb ist es dringend erforderlich, ein zukunftsfähiges Gesamtkonzept für die Stromverteilnetze der nächsten Jahrzehnte zu entwickeln.

Die Problematik der Netzrückwirkungen ist natürlich nicht die einzige Herausforderung für die Stromverteilnetze: Durch die stark steigende Anzahl nichtlinearer Verbrauchsgeräte sowie durch den Rückgang der dämpfenden Wirkung von ohmschen Verbrauchern wie traditionellen Glühbirnen wird sich die Lage noch zusätzlich verschärfen.

Um dieses zukunftsfähige Konzept entwickeln zu können, ist es zunächst wichtig, sich einen Überblick über die Herausforderungen und deren Ursachen zu verschaffen.

Netzrückwirkungen

Beim Einsatz von Fotovoltaikanlagen, die als geregelte Stromquellen zu betrachten sind, müssen folgende Netzrückwirkungen beachtet werden:

- Durch DC/AC-Wechselrichter erzeugte Oberschwingungen und Zwischenharmonische.
- Spannungsanhebung durch Leistungseinspeisung.
- Durch Leistungsänderungen (Sonne/Wolken) verursachte Spannungsschwankungen und Flicker.
- Spannungsunsymmetrien durch einphasigen Anschluss.
- Kommutierungseinbrüche bei netzgeführten Wechselrichtern.
- Beeinflussung von Rundsteueranlagen, z.B. Fehlschaltungen, Pegelabsenkungen oder Pegelerhöhungen.
- Erhöhung der Kurzschlussströme.

Die Störaussendungen von Fotovoltaikanlagen nehmen in oberschwingungsbehafteten Netzen stark zu; die Oberschwingungsströme überlagern sich im Netz. Der Gesamtstrom-Klirrfaktor (Total Harmonic Distortion, THDI) weist einen nahezu umgekehrt proportionalen Verlauf zur PV-Leistung auf. Zudem kommt es durch den Betrieb von mehreren gleichartigen Wechselrichtern im Niederfrequenzbereich bis etwa 600 Hz zu einer annähernd linearen Addition der Oberschwingungsströme.

Weitere Probleme können im Stromverteilnetz durch die wechselnde Lastflusssituation auftreten. Dazu gehören Leitungs- und Transformatorüberlastungen, Instabilitäten sowie Verletzungen des Spannungsbandes (EN 50160, ±10 %, Nennwert 230 V). Schwache Stromverteilnetze mit kleinen Kurzschlussleistungen haben nur eine beschränkte Aufnahmefähigkeit von dezentralen Erzeugungsanlagen. Verstärkungen von Kabel-

Innotechsolar

4,3-MW-Fotovoltaikanlage bei Granada, Spanien. Die Anbindung von Fotovoltaikanlagen an bestehende Netze ist anspruchsvoll.

anlagen und Transformatoren werden daher erforderlich. Ausserdem werden erhöhte Massnahmen für den Netzschutz und die Betriebsführung notwendig. Teilweise muss auch mit hohen Investitionen gerechnet werden.

Kritisch wird der Zustand mit einer übermässigen Anzahl von einphasigen dezentralen Erzeugungsanlagen. Massive Auswirkungen durch Spannungsanhebungen sind zu erwarten, die kaum oder nur mit sehr grossem Aufwand einigermassen beherrschbar sind.

Frequenzabhängige Impedanz

Es muss beachtet werden, dass die Impedanz der elektrischen Stromverteilnetze aufgrund der vorhandenen Kombinationen von ohmschen, induktiven und kapazitiven Widerständen ein frequenzabhängiges Gebilde darstellt und Resonanzkreise entstehen. Wenn sich durch die Resonanzfrequenz in Parallel- oder Reihenschwingkreisen kritische Resonanzstellen bilden, entstehen sofort EMV-Probleme, die einen ordnungsgemässen Betrieb der Anlagen oder von Betriebsmitteln stören oder unmöglich machen können. Ausserdem können Oberschwingungen in Resonanzkreisen hohe Ströme und Spannungen anregen.

Betriebsbedingte Umschaltungen z.B. in Niederspannungsnetzen auf andere Transformatorenstationen oder Verteilkabinen haben immer eine Veränderung der Netzimpedanzen und Kurzschlussleistungen sowie eine Verschiebung der Resonanzfrequenz zur Folge. Bis anhin problemlos arbeitende dezentrale Erzeugungsanlagen können durch veränderte Netzimpedanzverhältnisse bzw. kleineren Kurzschlussleistungen in ihrem ordnungsgemässen Betrieb beeinflusst werden. Durch die höheren Netzrückwirkungen können andere Anlagen und Betriebsmittel gestört werden.

Massnahmen

Um die vielfältigen Probleme der dezentralen Erzeugungsanlagen im Stromverteilnetz weitgehend in den Griff zu bekommen, können sowohl netzseitige als auch einspeiseseitige Massnahmen durchgeführt werden.

Niederimpedantes Netz

Im Vordergrund und als «Daueraufgabe» steht der Ausbau zu leistungsfähigen Niederspannungsringnetzen. Ziel ist es, durch effiziente Massnahmen ein eng vermaschtes, niederimpedantes Stromverteilnetz mit hohen Kurzschlussleistungen und grosser Versorgungssicherheit zu erreichen.

Die Stromverteilnetze werden mit jeder dezentralen Erzeugungsanlage komplexer, zusätzlich steigen die Anforderungen an die Netzstabilität, und die Netzübersicht wird erschwert. Die Stromverteilnetze sind zum Teil extremen Beanspruchungen ausgesetzt und werden zeitweise zu «Sammelnetzen», die dezentral erzeugte Energie aufnehmen und an vorgelagerte Netzebenen bis zum Höchstspannungsnetz abgeben.

Dreiphasige Einspeisung

Damit die Netzrückwirkungen in akzeptablen Grenzen bleiben, werden einphasige Wechselrichter nicht bewilligt. Im EW Dietlikon sind Fotovoltaikanlagen im Netzparallelbetrieb grundsätzlich nur als symmetrische, dreiphasige Wechselrichter zugelassen. Damit ist eine deutlich höhere kumulierte Einspeiseleistung ohne Netzausbau möglich. Die Überwachung und Handhabung ist einfacher. Etwa die 6-fache Einspeiseleistung im Vergleich zu einphasigen Wechselrichtern ist so möglich.[1)]

Der Gesamtwirkungsgrad einer Fotovoltaikanlage wird weitgehend durch die nutzbare Energie der solaren Strahlung einer Solarzelle festgelegt und erreicht zurzeit Werte von etwa 13–18 %. Für kleine Peak-Leistungen bis 10 kW werden derzeit netzgeführte symmetrische dreiphasige Wechselrichter verwendet (Trend zu selbstgeführten Wechselrichtern).

Bei grösseren Bemessungsleistungen sollten selbstgeführte symmetrische dreiphasige Wechselrichter eingesetzt werden. Selbstgeführte Wechselrichter haben geringere Störaussendungen und damit einen wesentlich geringeren Einfluss auf die Netzrückwirkungen und können die Höhe der Oberschwingungsströme auch bei höheren Leistungen regeln, sodass diese im Stromverteilnetz beherrschbar bleiben.

Die Sicht des VDE

Im VDE-Anwendungsregel-Entwurf E VDE-AR-N 4105 «Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz» ist unter 4.5 Anschlusskriterien, zu lesen:

«Erzeugungsanlagen sind grundsätzlich als symmetrische dreiphasige Drehstromgeneratoren auszulegen und an das Netz anzuschliessen. Erzeugungsanlagen können auch einphasig an das Netz angeschlossen werden, wenn je Netzanschluss die Summe aller einphasig angeschlossenen Erzeugungseinheiten $\Sigma S_{Emax} \leq 4{,}6$ kVA je Aussenleiter nicht übersteigt. Somit können maximal $3 \times 4{,}6$ kVA $= \Sigma S_{Emax} \leq 13{,}8$ kVA einphasig, verteilt auf die drei Aussenleiter, angeschlossen werden. Sobald die obigen Grenzwerte am Netzanschlusspunkt überschritten werden, ist jede weitere Erzeugungsanlage dreiphasig im Drehstromsystem anzuschliessen.[2)]

Es muss aber beachtet werden, dass nicht immer das, was nach den Normen und Regeln zulässig ist, in der Summe auch verträglich für das eigene Stromverteilnetz ist. Der Verteilnetzbetreiber kann Bestimmungen und Richtlinien, insbesondere in den Technischen Anschlussbedingungen (TAB), festlegen.

Angaben zum Autor

René Mathys ist seit 1976 in der Energieversorgung tätig. Seit 1981 ist er bei den Gemeindewerken Dietlikon Betriebsleiter-Stv. und Autor von Fachberichten. Er ist seit 2008 technischer Experte in den DKE-Arbeitsgremien K 712 «Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik im DIN und VDE», Frankfurt am Main. Seine Spezialgebiete: Spannungsqualität/Netzrückwirkungen sowie elektrische Versorgungsnetze und die Erdungsproblematik.

Gemeindewerke Dietlikon, 8305 Dietlikon
rene.mathys@dietlikon.org

1) Berechnung nach D-A-CH-CZ, Technische Regeln zur Beurteilung von Netzrückwirkungen.
2) Werkvorschriften (TAB) Deutschschweiz: EEA max. < 3,6 kW einphasig, 1 x 230 V, zulässig.

Résumé **Le couplage de générateurs décentralisés au réseau**

Les défis et les mesures à adopter

L'injection décentralisée d'électricité provenant des énergies renouvelables dans le réseau de distribution électrique entraîne des répercussions sur le réseau : harmoniques, augmentation des courants de court-circuit, variations de tension causées par des modifications de la puissance (soleil/nuages) et parfois même des hausses de tension inadmissibles. De tels effets sont susceptibles de nuire à la sécurité de l'approvisionnement et poussent les exploitants du réseau de distribution à adopter une approche différente.

Le développement des réseaux en réseaux bouclés de basse tension à faible impédance et de puissance de court-circuit élevée constitue l'une des mesures-phares dans ce domaine. Afin de permettre une puissance d'injection cumulée supérieure sans développement du réseau, seule l'utilisation d'onduleurs triphasés symétriques qui autorisent une puissance d'injection six fois plus importante que celle des onduleurs monophasés sera admise. No