

Intergration dezentraler Erzeuger in Verteilungsnetze

Dipl.-Ing. Wolfgang Bartels, RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH, Recklinghausen
Dr.-Ing. Karl-Heinz Weck, FGH e.V., Mannheim

Kurzfassung

Aufgrund starker politischer und finanzieller Förderung boomen dezentrale Erzeugungsanlagen in Deutschland. Dieser Effekt wird sich auch in naher Zukunft in erheblichem Maße fortsetzen. Weil sie temporär einen sehr hohen Anteil an der Gesamtstromerzeugung abdecken, müssen sie an der Stabilisierung des Netzes in kritischen Situationen beteiligt werden. Auch im normalen Betriebsfall, insbesondere im Hinblick auf die Betriebsspannung im Netz, werden die dezentralen Erzeugungsanlagen künftig einen Beitrag leisten müssen. Für an Mittelspannungsnetze angeschlossene Einspeiser wurde vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) deshalb die Netzanschlussrichtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ überarbeitet und zum 1. Juni 2008 in Kraft gesetzt.

Abstract

Due to intense political and financial promotion local power plants in Germany boomed. Even in near future this effect will rise exceedingly. Because of covering a huge portion of the total power generation temporarily they have to participate in the stabilisation of the grid in critical situations. Even during periods of normal operation, particularly with regard to the operation voltage in the grid, local power plants will have to make their contribution in the future. For power plants connected to the medium-voltage power grid the „Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)“ overworked the code concerning the connection to the grid called “Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz” and implemented it on 1st of June 2008.

1 Entwicklung des Kraftwerks-parks in Deutschland

Wichtiger Standortfaktor für die Entwicklung einer Volkswirtschaft ist die Elektrizitätsversorgung. Notwendige energiewirtschaftliche und energiepolitische Entscheidungen von mittel- und langfristiger Tragweite müssen frühzeitig vorbereitet werden, um ein günstiges Investitionsklima für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung in einem Industrieland wie Deutschland zu fördern.

Aus diesem Grund wurden von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) Studien in Auftrag gegeben, die die künftige Kraftwerksstruktur in Deutschland unter Berücksichtigung der energiewirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen beleuchten und deren Auswirkungen aufzeigen sollen. Eine besondere Rolle spielen dabei Erzeugungsanlagen, die erneuerbare Energien nutzen wie z.B. Windkraft-, Wasserkraft- und Photovoltaikanlagen, Biomasse oder geothermische Kraftwerke. Von diesen regenerativen, dezentralen Erzeugungsanlagen kommt den Windkraftanlagen wegen des großen Leistungspotentials die größte Bedeutung zu.

Die bisher veröffentlichten ersten Ergebnisse der dena-Studien haben unter anderem ergeben, dass bei einem weiteren massiven Zubau dezentraler Erzeugungsanlagen höhere technische Anforderungen an diese Anlagen zur Beherrschung kritischer Situationen im deutschen Stromnetz erforderlich sind. Wegen des zeitweilig sehr hohen Anteils

an der Gesamterzeugungsleistung in Deutschland ist es unbedingt notwendig, die dezentralen Erzeugungsanlagen an der Stabilisierung des Netzes in kritischen Zuständen zu beteiligen und hierzu rechtzeitig mit zusätzlichen technischen Fähigkeiten aufzurüsten.

Aber nicht nur hinsichtlich kritischer Netzzustände wird den dezentralen Erzeugungsanlagen künftig mehr abverlangt. Auch dem durch die dezentralen Erzeugungsanlagen verursachten Anstieg oder Abfall der Netzbetriebsspannung muss Rechnung getragen werden, indem die Erzeugungsanlagen künftig an der Spannungshaltung im Netz mit beteiligt werden.

2 Leistungsentwicklung

Um die Stromerzeugung durch dezentrale, regenerative Erzeugungsanlagen in Deutschland zu fördern, hat die Bundesregierung mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ab dem Jahr 2000 die Einspeisevergütungen für den so erzeugten Strom drastisch erhöht.

Zwar sinken die Einspeisevergütungen bereits wieder moderat, die Leistung der dezentralen Erzeugungsanlagen wird aber weiter steigen. So rechnet die Fachwelt mit einer Steigerung der installierten Leistung von derzeit 33.000 MW auf fast 70.000 MW im Jahre 2020, und zwar in erheblichem Maße durch den Ausbau der Windkraftanlagen auf See, den so genannten Offshore-Anlagen.

Diese Entwicklung hat zur Folge, dass die dezentralen Erzeugungsanlagen nicht nur enorme Mengen Energie in das Stromnetz einspeisen. Zu bestimmten Tages- und Jahreszeiten speisen sie vor allem in den Küstenbereichen bereits heute mehr in das Stromnetz ein als die konventionellen Kraftwerke. In diesem Zusammenhang ist auch wichtig, dass die dezentralen Erzeugungsanlagen aufgrund gesetzlicher Regelungen „vorrangig“ betrieben werden dürfen; konventionelle Kraftwerke müssen zu Zeiten hoher dezentraler Einspeiseleistungen gedrosselt oder ganz abgeschaltet werden. Man spricht hier auch vom „Verdrängen konventioneller Kraftwerksleistung“. Die durch diese Situation entstehenden technischen Engpässe werden im Folgenden beschrieben.

3 Technische Rahmenbedingungen

Die konventionellen Kraftwerke wie z.B. Kern-, Gas- und Kohlekraftwerke werden so betrieben, dass sie zur Stabilisierung von Spannung und Frequenz im Stromnetz beitragen. Steigt beispielsweise der Energieverbrauch durch Industrie und Haushalte tageszeitabhängig an, würden Spannung und Frequenz im Stromnetz ohne das Eingreifen der Kraftwerksregelung sinken.

Auch im Falle von Spannungseinbrüchen im Stromnetz, verursacht z.B. durch einen Blitzeinschlag in eine Leitung, verhalten sich die konventionellen Kraftwerke netzkonform. Sie schalten sich nämlich nicht ab, sondern verbleiben am Stromnetz und nehmen direkt nach dem Ende des Spannungseinbruches ihren Normalbetrieb wieder auf. Dies nennt man „Durchfahren von Netzfehlern“.

Anders die dezentralen Erzeugungsanlagen bisheriger Bauart. Ihr Betrieb führt in der Regel zu einer Erhöhung der Spannung im regionalen Stromverteilungsnetz. Die Betreiber dieser Verteilungsnetze müssen diesen Erhöhungen mit aufwändigen Ausgleichmaßnahmen begegnen, um die zulässigen Grenzwerte der Versorgungsspannung im Niederspannungsnetz einhalten zu können. Kein Kunde würde akzeptieren, dass seine Elektrogeräte wegen zu hoher Netzspannungen beschädigt würden.

Auch das Verhalten der dezentralen Erzeugungsanlagen im Hinblick auf Spannungseinbrüche im Stromnetz bereitet den Stromnetzbetreibern immer größere Probleme. Dezentrale Erzeugungsanlagen wurden als additive Einspeiser entwickelt, deren Energieerzeugung für die Stabilität der Netze in kritischen Situationen bisher nicht benötigt wurde. Wird ein bestimmter Spannungswert unterschritten, schalten sich demnach die dezentralen Erzeugungsanlagen ab und erst lange Zeit nach dem Ende des Spannungseinbruches wieder zu. Dadurch kann ein Mangel an Kraftwerksleistung im Stromnetz entstehen. Dabei ist klar, dass bei einem solchen Verhalten zum Zeitpunkt eines massiven Spannungseinbruches der Leistungsmangel steigt, je mehr dezentrale Erzeugungsleistung und weniger konventionelle Kraftwerksleistung am Stromnetz sind. Werden

bestimmte Werte des Leistungsmangels überschritten, kommt es zunächst zu lokalen und dann – der Leistungsmangel muss nur groß genug sein - zu großflächigen Netzstörungen mit Versorgungsunterbrechungen.

Um diesen infolge des rasanten Anstieges der dezentralen Erzeugungsleistung in Deutschland absehbaren Versorgungsunterbrechungen rechtzeitig begegnen zu können, wurden vor einigen Jahren die technischen Anforderungen an das Verhalten dezentraler Erzeugungsanlagen am Stromnetz verschärft. Diese Anforderungen sind in technischen Richtlinien, den Netzanschlussrichtlinien, festgelegt, die bisher vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) erarbeitet und veröffentlicht wurden [1,2]. Seit dem 1. Juni 2008 ist das neu eingerichtete Forum Netzbetrieb / Netztechnik (FNN) beim VDE für die Erarbeitung solcher Netzanschlussrichtlinien zuständig.

Ende Mai 2008 wurde vom BDEW eine Richtlinie mit stark überarbeiteten technischen Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz verabschiedet [2]. Diese Richtlinie wurde mit den Erzeugungsanlagen-Herstellern abgestimmt und hat die kurzfristige Weiterentwicklung der anlagentechnischen Fähigkeiten und die Anpassung der betrieblichen Fahrweise von dezentralen Erzeugungsanlagen im Sinne eines sicheren Netzbetriebes zur Folge. Grundsätzlich führt die verabschiedete Richtlinie zu einer Annäherung des Netzverhaltens dezentraler Erzeugungsanlagen an dasjenige konventioneller Kraftwerke.

4 Dynamische Netzstützung

Die durch dezentrale Erzeugungsanlagen bewirkte Stabilisierung des Netzes in kritischen Netzsituationen erfolgt anhand der dynamischen Netzstützung. Die dynamische Netzstützung setzt sich aus drei Wirkungsfeldern zusammen, die künftig von allen Erzeugungsanlagen anlagentechnisch erfüllt werden müssen; sie müssen künftig technisch dazu in der Lage sein:

1. sich bei Fehlern im Netz nicht vom Netz zu trennen;
2. während eines Netzfehlers die Netzspannung durch Einspeisung eines Blindstromes zu stützen;
3. nach Fehlerklärung dem Mittelspannungsnetz nicht mehr induktive Blindleistung zu entnehmen als vor dem Fehler.

Zu 1. Verbleiben am Netz im Fehlerfall

Würden sich wie bisher alle Erzeugungsanlagen nach dem Eintritt eines Netzfehlers vom Netz schalten, würde nach Beendigung des Netzfehlers die Abschaltung zu großer Kraftwerksleistungen einen Leistungsmangel im Netz bewirken. Die Forderung nach dem Verbleiben am Netz im Netzfehlerfall, also des Durchfahrens eines Netzfehlers, hat deshalb das Kriterium des „Leistungsmangels“ zum

Inhalt. Dabei ist die Höhe des Leistungsmangels abhängig von der abgeschalteten Leistung dezentraler Erzeugungsanlagen und der fehlenden Ersatzleistung konventioneller Kraftwerke. Ein massiver Spannungseinbruch an zentralen Stellen im Höchstspannungsnetz hat diesbezüglich die gravierendsten Folgen.

Um die ungewollte Abschaltung dezentraler Erzeugungsanlagen im Netzfehlerfall zu verhindern, müssen diese Anlagen technisch künftig dafür ausgelegt sein, bis zu einem vollständigen Spannungseinbruch auf 0 % U_c mindestens 150 Millisekunden am Netz bleiben zu können. Diese Anforderung gilt für ein-, zwei- und dreipolige Fehler sowie für anlagennahe und anlagenferne Spannungseinbrüche. Die Differenzierung nach anlagennahen und -fernen Spannungseinbrüchen erfolgt anhand der Schutzeinstellungen.

Der Verbleib der dezentralen Erzeugungsanlagen am Netz hat also zum Ziel, großflächige Netzzusammenbrüche infolge von Spannungseinbrüchen zu vermeiden.

Zu 2. Einspeisung eines induktiven Blindstromes

Ein Spannungseinbruch im Netz ist mit einem Spannungstrichter bestimmter Tiefe und Steilheit verbunden. Je näher der Fehler an einer Erzeugungsanlage liegt, umso tiefer ist der Spannungstrichter. Mit der aktiven Einspeisung eines induktiven Blindstromes von dezentralen Erzeugungsanlagen in das Netz, insbesondere während eines fernen Netzfehlers, soll die Tiefe eines Spannungseinbruches - also die Ausdehnung des Spannungstrichters - reduziert werden.

Zu 3. Schleppende Spannungserholung

Entnehmen die Erzeugungsanlagen dem Netz nach Fehlerklärung mehr induktive Blindleistung als vor dem Fehler, so erholt sich nach Fehlerklärung die wiederkehrende Netzspannung infolge dieses Verhaltens nicht vollständig. Man spricht von „schleppender Spannungserholung“. Motoren, die nicht über statorseitige Stromrichter an das Netz geschaltet sind, verhalten sich im Fehlerfall ähnlich. Sie speisen mit dem Beginn des Netzfehlers ihre gespeicherte induktive Blindleistung in das Netz und beziehen nach Beendigung des Netzfehlers induktive Blindleistung zum Aufbau ihres Magnetfeldes.

Um eine Spannungserholung nach dem Ende eines Netzfehlers zu ermöglichen, dürfen dezentrale Erzeugungsanlagen dem Netz künftig nicht mehr induktive Blindleistung entnehmen als vor Eintritt des Netzfehlers.

Alle dezentralen Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz müssen künftig, konkret ab dem 01. Januar 2010, alle drei Funktionen der dynamischen Netzstützung anlagentechnisch realisieren können.

Alle drei Funktionen sind bei dem Anschluss von dezentralen Erzeugungsanlagen an eine Mittelspannungssammelschiene eines Netzbetreiber-Umspannwerkes im Netzfehlerfall auch anzuwenden (vollständige dynamische Netzstützung). Bei Anschlüssen von dezentralen Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz (z.B. an eine Mittelspannungsleitung) sind mindestens die Funktionen 1. und 3. („Durchfahren eines Netzfehlers“ und „Spannungserholung“ anzuwenden; der Netzbetreiber entscheidet, ob auch die Funktion 2., also die Einspeisung eines induktiven Blindstromes im Netzfehlerfall, erforderlich ist. Diese Entscheidung ist abhängig von mehreren Rahmenbedingungen, unter anderem vom anlagen- und schutztechnischen Aufwand für Erzeugungsanlage und Netz. Sind nur die Funktionen 1. und 3. erforderlich, spricht man auch von der eingeschränkten dynamischen Netzstützung.

Inselbetriebsfähige Erzeugungsanlagen beteiligen sich künftig nur bis zur Inselnetzbildung an der dynamischen Netzführung.

5 Statische Spannungshaltung

Die statische Spannungshaltung dient der Optimierung der langsamen Spannungsänderungen im Normalbetrieb des Netzes. Derzeit führt der Betrieb der dezentralen Erzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz in der Regel zu einer stetigen Erhöhung der Netzbetriebsspannung. Diesen Einfluss soll die statische Spannungshaltung mit Hilfe der dezentralen Erzeugungsanlagen künftig ausgleichen.

Grundsätzlich leitet sich die statische Spannungshaltung aus einer geeigneten Blindleistungsfahrweise der Erzeugungsanlagen ab. Soll die Netzbetriebsspannung in induktiv geprägten Mittelspannungsnetzen gesenkt werden, ist von den Erzeugungsanlagen ein induktiver Blindstrom aus dem Netz zu beziehen, im Falle einer Erhöhung der Netzbetriebsspannung erfolgt ein kapazitiver Blindstrombezug. In beiden Fällen ist ein Verschiebungsfaktor-Bereich von $\cos \varphi = \pm 0,95$ einzuhalten.

In der BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ sind im Hinblick auf die statische Spannungshaltung zwei Kennlinien-Verfahren aufgeführt:

1. Verschiebungsfaktor $\cos \varphi (P)$,
2. Blindleistungs-/Spannungskennlinie $Q(U)$.

Im Falle des Verschiebungsfaktor $\cos \varphi (P)$ -Verfahrens erfolgt die Blindleistungs-Fahrweise der Erzeugungsanlagen in Abhängigkeit der Wirkleistungseinspeisung, bei der Blindleistungs-/Spannungskennlinie $Q(U)$ gibt die Höhe der Netzbetriebsspannung die Blindleistungs-Fahrweise der Erzeugungsanlagen vor.

Die Erzeugungsanlagen müssen sich an der statischen Spannungshaltung beteiligen, wenn netztechnische Belange dies erfordern und wenn der örtliche Netzbetreiber die-

se Forderung erhebt. Die Vorteile der statischen Spannungshaltung liegen auf der Hand: Eine stabilere Netzbetriebsspannung und infolge dessen ein längerer Verbleib der Erzeugungsanlagen am Netz. In Einzelfällen ist auch ein Anschluss der Erzeugungsanlage an einen wirtschaftlicheren Netzanschlusspunkt denkbar.

Mit diesen Funktionen der dynamischen Netzstützung und der statischen Spannungshaltung nähert sich das Netzverhalten dezentraler Erzeugungsanlagen an dasjenige konventioneller Kraftwerke deutlich an. Mit der Einführung von Zertifikaten für Erzeugungseinheiten und Erzeugungsanlagen gibt die BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ auch die Nachweis-Verfahren für die Einhaltung der Richtlinien-Anforderungen wider.

6 Anreize zur technischen Ertüchtigung

Der Bundestag hat Anfang Juni die Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) beschlossen. Dort ist ab 2009 ein Systemdienstleistungsbonus für Betreiber von Windkraftanlagen vorgesehen, wenn diese Anlagen die verschärften technischen Anforderungen erfüllen. Nach intensiven Diskussionen mit dem Bundesumweltministerium wurde erreicht, dass bei Einspeisern in Mittelspannungsnetze die Erfüllung der BDEW-Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ als Entscheidungskriterium für die Zahlung des Systemdienstleistungsbonus herangezogen wird.

Die Einführung des Systemdienstleistungsbonus unterstützt die Betreiber der Stromnetze bei dem Betrieb zuverlässiger und leistungsfähiger Stromnetze.

7 Literatur

- [1] TransmissionCode 2007: „Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber“, Ausgabe August 2007, VDN
- [2] Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“, Ausgabe 2008, BDEW