Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik

Band: 104 (2013)

Heft: 8

Rubrik: Leserbrief = Lettre de lecteur

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Leistungsangabe bei Fotovoltaik- und Windanlagen

Wenn über die Leistung einer Fotovoltaik- oder Windanlage berichtet wird, dann findet man in der Regel, auch im Bulletin SEV/VSE, etwa folgende Aussagen: «Deckt den Strombedarf von x Haushalten», «entspricht etwa dem jährlichen Strombedarf von x Haushalten» usw.

Auch im Bulletin SEV/VSE ist schon mehrmals im Zusammenhang mit Fotovoltaik- und Windenergie auf die noch ungelösten Probleme mit der Energiespeicherung und der Netzstruktur hingewiesen worden. Darum kann ich nicht verstehen, wieso bei allen Leistungsinformationen zu diesen Anlagen die produzierte Energie immer auf das ganze Jahr gemittelt wird. Das mag auf den ersten Blick vielleicht praktisch und allgemeinverständlich sein. Aus der Sicht der anstehenden Probleme mit der Versorgungssicherheit finde ich diese Art der Information aber bedenklich.

Diese Verteilung der Energieproduktion bei Fotovoltaik- und Windanlagen über das ganze Jahr ist, solange die passende Energiespeicherung fehlt, nicht möglich und daher eine Täuschung der Leser. Damit wird die grosse Lieferlücke verschwiegen und eine durchschnittliche Jahresproduktion vorgetäuscht. Solche Falschangaben der Lieferdauer findet man bei andern nicht lagerbaren Produkten praktisch nie. Dort wird dem Konsument immer klar gesagt, wie viel über welche Zeit geliefert wird und wann eben nicht. Ich denke, das sind wohl die Gründe dafür, warum sich die irrige Ansicht immer weiter verbreitet, man brauche nur genügend solche Anlagen zu installieren, dann seien alle mit Strom versorgt.

Zu dieser Täuschung sollten wenigstens die Fachorganisationen Gegensteuer geben. Es müsste doch auch im Interesse der Elektrizitätswirtschaft sein, besser informierte Stromkunden zu haben. Als erstes sollten diese über die Produktionsdauer dieser Anlagen unverfälscht Bescheid wissen und als zweites sollte häufiger erwähnt werden, dass die Energiespeicherung und die Netzanpassungen zwingend dazu gehören und deren hohen Kosten im Strompreis dieser Anlagen noch nicht enthalten sind. Informationsbeispiel zu Fotovoltaikanlage:

Statt «Die Anlage produziert im Jahr etwa 3500 kWh Energie und versorgt rund einen Haushalt mit Strom», sollte es doch etwa heissen «Die Anlage produziert während etwa zwei Monaten (oder etwa 1200 h) im Jahr 3500 kWh Energie und versorgt in dieser Zeit rund sieben Haushalte mit Strom».

Ergänzende Informationen könnten sein:

- Die Produktionslücke von zehn Monaten (oder rund 7500 h) wird vom öffentlichen Netz überbrückt.
- Während der Produktionslücke von zehn Monaten werden die Haushalte von den andern Energiequellen mit Strom versorgt.
- Die noch fehlende Energiespeicherung und die Anpassung der Netzstruktur sind im Strompreis der Fotovoltaik- und Windanlagen noch nicht inbegriffen.

Ich bin nicht gegen die Fotovoltaik- oder Windenergie, sondern für eine bezahlbare Versorgungssicherheit. Und darüber werden die Stimmbürger bestimmt noch verschiedentlich zu entscheiden haben. Damit sie diese Aufgabe aber kompetent wahrnehmen können, sollte die Konsumenteninformation über die technischen und kommerziellen Belange zu diesen Energiequellen besser werden.

Rudolf Suter, 6006 Luzern

Auch Freileitungen mit Holzmasten haben ihre Berechtigung

In den Berichten «Verkabelung: Spagat im Netzbau» (5/2012) sowie «Alp Flix von Stromleitungen befreit» (12/2012) werden Freileitungen für den NS- oder MS-Bereich teilweise negativ dargestellt. Besonders der Bericht über die Alp Flix ist ideologisch gefärbt. Sind Freileitungen mit Holzmasten wirklich ein Auslaufmodell? Noch vor 50 Jahren waren viele Bewohner froh, überhaupt einen Stromanschluss zu haben. Was ist in der Zwischenzeit passiert?

Infolge des Sturms Lothar (Dezember 1999) wurden viele Freileitungen beschädigt oder gar ganze Stränge zerstört. Dies bewog EWs, solche Abschnitte nur provisorisch zu reparieren und anschliessend zu verkabeln. Verbunden mit sinkenden Kosten für den unterirdischen Leitungsbau verschwanden dabei in den letzten Jahren nahezu 50 % der NS- und MS-Freileitungen, in der Regel aus Holz.

In den Geschäftsberichten der Energiedienstleister wird transparent dargestellt, welche enormen Summen die Kabelprojekte verschlingen. Es ist ein Trugschluss zu behaupten, dass durch die Verkabelung die Betriebssicherheit automatisch auf 100 % ansteigt. Schon heute kann in den gleichen Geschäftsberichten nachgelesen werden, dass die Fehlersuche von Kabelleitungen aufwendig und zeitintensiv ist.

Ist der Bürger und Konsument bereit, mehr für eine Kabelleitung zu bezahlen? Gerade in ländlichen Gebieten verschlingen Verkabelungsprojekte riesige Summen. Die Erträge des Stromverkaufs bei diesen Leitungsabschnitten sind verhältnismässig gering. Wäre es da nicht sinnvoller, Freileitungen zu unterhalten?

Verkabelungen in sensiblen Gebieten wie der Alp Flix gehen nicht spurlos an der Natur vorbei. Noch nach Jahren sind die Eingriffe durch Baumaschinen sichtbar. Im Alpenraum werden Eingriffe in die Natur zugunsten des Tourismus vorgenommen. Bekanntlich lässt sich auch über Architektur streiten. Ob jedes Gebäude im Alpenraum ins Landschaftsbild passt, kann zumindest bezweifelt werden.

Verschiedene Ökobilanzen zeigen die Vorteile von Holzmasten auf. Der imprägnierte Holzmast schneidet im Vergleich zu Stahl oder Beton immer sehr vorteilhaft ab. Ausgebaute, alte Masten sind kein Sondermüll! Die Entsorgung ist in der Verordnung Verkehr mit Abfall geregelt. (www.veva-online.ch). Altholz oder Abschnitte können in einer KVA (wie Hausmüll) verbrannt werden. Eine Alternative bilden auch Altholzverbrennungsanlagen mit entsprechenden Russfilteranlagen.

Regelmässig gewartete Freileitungen generieren niedrige und planbare Kosten. Insbesondere reduziert regelmässiges Ausholzen Störungen. Zudem können Ringleitungen die Betriebssicherheit verbessern. Bei Hangrutschen oder Murgängen haben Freileitungen einen erheblichen Vorteil, denn Kabelleitungen versagen schon bei minimalen Bewegungen.

Fazit: Freileitungen haben ihre Daseinsberechtigung. Bau und Unterhalt sind rationell, kostengünstig und wirtschaftlich. Durch den Einsatz von Holz leistet der Abnehmer auch einen Beitrag zur Nutzung des einheimischen Waldes.

Guido Thalmann, 6130 Willisau

Zur Problematik der Erdverlegung von Hochspannungsleitungen

Heute bestehen – hauptsächlich politische – Bestrebungen, Hochspannungs-Freileitungen in den Boden zu verlegen. Kabelleitungen haben, im Gegensatz zu Freileitungen, welche induktiven Charakter haben, vor allem eine Kapazität zwischen Innenleiter und Kabelmantel, die bei grösseren Kabellängen Probleme im Betrieb und bei Störungen bieten kann.

Dies soll am Beispiel der vorgeschlagenen Kabelverbindung an Stelle der bestehenden Freileitung zwischen Wattenwil und Mühleberg gezeigt werden. Die dreiphasige Kabelverbindung soll eine Leistung von 825 MVA bei einer verketteten Spannung von 220 kV und einem Phasenstrom von 2162 A übertragen. Für diese Spannung und Leistung gibt es keine Dreiphasenkabel; deshalb ist vorgesehen, pro Phase 2 parallelgeschaltete Einleiterkabel für je 1081 A zu verlegen. Dies ergäbe 6 Einleiterkabel über eine Strecke von 40 km, also total eine Kabellänge von 240 km.

Nach Auskunft von Kabelherstellern haben solche Kabel eine Kapazität von 100 bis 300 Nanofarad pro Kilometer (100 … 300 nF/km), je nach Konstruktion, Betriebsspannung, Leistung und Isoliermaterial. Für die Berechnung wird ein Wert von 200 nF/km angenommen. Dies ergäbe eine Kabelkapazität pro Phase gegen die Kabelmäntel (Erde, Sternpunkt) von 16 µF. Der Ladestrom hätte eine Grösse von 63 A mit einem Vorlauf von 90 Grad. Dies wäre meist durchaus erwünscht, um den induktiven Anteil der Netzlast zu kompensieren. Bisweilen müssen zu diesem Zweck leerlaufende rotierende Synchronmaschinen (Generatoren, Frequenzumformer) eingesetzt werden, damit die aktiven Generatoren die volle Turbinenleistung übernehmen können.

Aus technischen Gründen können für diese hohen Spannungen und Leistungen nur Kabellängen von weniger als 1 km geliefert werden. Diese Kabelstücke müssen alle paar Hundert Meter miteinander verbunden und isoliert werden («Muffen»). Es würde also für die Strecke von 40 km 300 oder mehr Muffen in mindestens 50 Muffenschächten brauchen. Aus thermischen Gründen dürfen die einzelnen Kabel nicht zu nahe beieinander verlegt werden. Die Muffenschächte müssten ziemlich breit sein.

In jeder Halbwelle, also 100 Mal pro Sekunde, würde die Kabelkapazität von 16 µF auf den Amplitudenwert der Phasenspannung aufgeladen. Die gespeicherte Energiemenge ist am grössten im Moment des Erreichens des Amplitudenwerts. Diese Energiemenge ist $W = CU^2/2$ (W: Abkürzung für Work = Arbeit = Energie).

Bei C = 16 µF und U = 179 kV (Amplitudenwert der Phasenspannung) wird $W = 2{,}56 \cdot 10^5$ Ws = 256 000 Wattsekunden. Es wäre nun unerlässlich, dass in der ganzen Kabellänge von 240 km inklusive der 300 Muffen keine Fehlstelle vorhanden wäre oder aufträte. In einer solchen Fehlstelle entstehen bei diesen hohen Spannungen unweigerlich Glimmentladungen, die den Fehler langsam vergrössern und mit der Zeit zum Durchschlag und damit zum Kurzschluss zwischen Innenleiter und Kabelmantel führen. In diesen Kurzschluss würde sich die im Kabel gespeicherte Energie entladen. Diese Energie müsste sich in Hitze und mechanische Wirkung umwandeln.

Um sich ein Bild von der Wirkung dieses Vorgangs zu machen, kann die gespeicherte elektrische Energie als kinetische Energie dargestellt werden. Gemäss dem physikalischen Grundsatz der Erhaltung der Energie (keine Energie kann verschwinden) gilt:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \quad \text{daraus} \quad v = \sqrt{\frac{2W}{m}}$$

Bei m = 1 t, $W = 2{,}56 \cdot 10^5$ Ws ergibt sich eine Geschwindigkeit von v = 22,6 m/s = 81 km/h.

Es wäre also die Wirkung, wie wenn ein Mittelklassewagen mit einer Geschwindigkeit von 81 Kilometern pro Stunde in eine Betonwand prallt, oder wie wenn ein Mittelklassewagen aus 26 Metern Höhe auf einen Betonboden fällt.

Dieser Vorgang kann in solchen Kabelstrecken mit keinem Mittel verhindert werden, denn er läuft viel schneller ab, als irgend eine Gegenmassnahme aktiviert werden kann. Es würden also in einem solchen Fall beträchtliche Schäden entstehen, deren Reparatur Wochen, wenn nicht Monate dauern würde.

Was passiert demgegenüber bei einer Freileitung bei einem Kurzschluss oder Erdschluss? Gar nichts, höchstens ist ein Isolator kaputt. Solche Fälle kommen immer wieder vor, sei es, dass Isolatordefekte entstehen, oder wenn Erdschlüsse durch grosse Vögel hervorgerufen werden, oder wenn im Winter bei grossen Spannweiten im Gebirge morgens Eiswalzen von den Drahtseilen abfallen und die Seile beim Hochschnellen zusammenschlagen. Dabei entsteht jeweils ein Lichtbogen, dessen Strom durch das induktive Verhalten der Leitungen begrenzt wird. Mit Hilfe des Schnelldistanzschutzes wird die Leitung an beiden Enden innert Sekundenbruchteilen abgeschaltet, der Lichtbogen verlöscht, und nach kurzer Zeit wird die Leitung wieder eingeschaltet, was in den meisten Fällen in den versorgten Netzen nur durch ein leichtes Flackern des Lichts zu bemerken ist. Dies ist seit über 60 Jahren Stand der Technik. Wenn ein Schaden entsteht, ist dieser in wenigen Tagen repariert.

Im Normalbetrieb könnte die kapazitive Belastung der Hochspannungsnetze, die durchwegs induktive Quellenimpedanzen haben (Generatoren, Transformatoren, Freileitungen), zu Resonanzen mit Oberschwingungen der Netzfrequenz führen, deren Spannungen sich zu der Grundschwingung addieren würden und die Spannungsbeanspruchung der Kabel vergrössern könnten. Dies könnte vor allem bei leerlaufenden Kabelleitungen vorkommen, wenn ein solches Kabel beim Einschalten einseitig an die Hochspannungs-Sammelschiene eines Kraftwerks oder Unterwerks angeschaltet würde. Dann bildet ein langes Kabel eine Kapazität mit sehr kleinem Verlustfaktor.

Beispiel Mühleberg: Wenn das Kabel (Kapazität 16 µF) über einen Transformator (Streuinduktivität 50 mH, grösster Teil der Quellenreaktanz) angespeist würde, so ergäbe sich eine Resonanzfrequenz von 178 Hz. Wenn 2 Transformatoren parallel das Kabel speisen würden, entstünde eine Resonanzfrequenz von 250 Hz, genau das Fünffache der Netzfrequenz.

Vor allem in Schwachlastzeiten könnte diese Schwingung schwach gedämpft sein (Kreisgüte Q >>1). Wenn diese Oberschwingung 2 % der Grundschwingung betragen würde, so ergäbe sich bei einer Kreisgüte Q = 10 eine Zusatzspannung von 35,8 kV zu der Netzspannungsamplitude von 179 kV. Wahrscheinlich müssten deshalb Massnahmen getroffen werden, um solche Zustände zu verhindern.

Eduard Schüepp, 3006 Bern

electrosuisse VSE AES