

Es werde - Dunkelheit!

Freischaltung von Solarmodulen im Brandfall

Solarmodule liefern immer dann Energie, wenn Licht auf sie fällt. Das ist gut – außer im Brandfall. Dann nämlich sollte die Anlage schnellstmöglich abschalten. Dann ist es sogar ausgesprochen schwierig, den Solargenerator zu deaktivieren. Es könnte also sinnvoll sein, Solarmodule mit Sicherheitstechnik auszurüsten.

Zugegeben, es passiert nicht häufig: Brände von Gebäuden mit Solarmodulen auf dem Dach sind selten. Das liegt zum einen daran, dass Feuer – zum Glück – generell nicht zu den ständig auftretenden Problemen der Hausbesitzer gehört. Zum anderen liegt es natürlich auch daran, dass heute noch nicht jedes Haus über eine Photovoltaikanlage verfügt. Zumindest am zweiten Punkt wird sich jedoch eine Menge ändern: Die Zahl der installierten Solarstromanlagen wächst rasant, und damit wird es zwangsläufig auch häufiger vorkommen, dass eine Anlage im Laufe ihres Betriebslebens von einem Feuer betroffen wird – zumindest statistisch betrachtet, denn das eine hat mit dem anderen ursächlich nichts zu tun. Somit ist es sinnvoll, sich beizeiten Gedanken um einen effektiven Schutz zu machen, damit Rettungsleute nicht in Gefahr geraten.

Wo ist das Problem?

Ein Solarmodul liefert immer Energie, sobald es von Licht beschienen wird. Wenn es also tagsüber brennt, muss stets auf den Personenschutz geachtet werden, und dabei ist noch nicht einmal relevant, wie hell die Sonne scheint: Nicht die Energiemenge definiert die Gefahrengröße, sondern die Höhe der Spannung, die der Solargenerator erzeugt. Ist sie ausreichend hoch, genügen schon kleine Stromstärken, um lebensbedrohliche Schläge auszuteilen. Lediglich bei Spannungen unter 120 Volt, der so genannten Schutzkleinspannung, besteht kein nennenswertes Risiko. Fast alle heute üblichen Solaranlagen arbeiten jedoch mit deutlich höheren Spannungen: 250 bis 500 Volt sind die Regel, Spannungen von 600 bis 800 Volt treten bei Anlagen mit transformatorlosen Wechselrichtern auf.

Sorgen muss sich darüber normalerweise niemand. Eine doppelte Isolation und die Ausführung von Betriebsmitteln wie den Solarmodulen gemäß der Schutzklasse II verhindern zuverlässig, dass Spannung führende Teile berührt werden können. Sogar im äußerst seltenen Fall des Kontakts mit einem blanken Draht droht noch keine unmittelbare Gefahr. Da die gefährdete Person in der Regel nur einen Pol berührt, kann die Spannung so hoch sein wie sie will: Es fehlt der zweite Pol, der Stromkreis ist nicht geschlossen. Es müsste schon eine zweite blanke Stelle hinzukommen, die dann auch noch zufällig mit einem Erdpotential verbunden ist, um den gefährlichen Körperstrom fließen zu lassen.

Lediglich bei traflosen Wechselrichtern ohne Potentialtrennung liegt die Sache etwas anders: Da sie ständig einen der beiden Pole des Generators mit dem Nullleiter und somit mit dem Erdpotential verbinden, besteht hier inhärente Gefahr bei der Berührung auch nur einer blanken Stelle. Daher sind diese Wechselrichter mit einem Fehlerstromschutzschalter ausgerüstet, der sie im Gefahrenfall vom Netz trennt und somit die Verbindung zum Erdpotential unterbricht.

Wenn die Anlagen aber so sicher sind, erscheint die Aufregung über mögliche Gefahren für Feuerwehreute (PHOTON 4-2005) zunächst einmal etwas übertrieben. Bei genauerem Hinsehen wird sie aber wieder verständlich, denn im Brandfall herrscht auch für die Solarstromanlage Ausnahmezustand. Es können extrem hohe Temperaturen auftreten, die selbst die beste doppelte Isolierung schnell zerstören. Da durch den Löschversuch auch noch eine Menge Wasser mit ins Spiel kommt, ist die Gefahr von Erdschlüssen und Körperdurchströmungen plötzlich sehr real. Zwar müssen nach wie vor einige ungünstige Umstände zusammenkommen, insbesondere muss das Feuer zunächst die Isolierung abbrennen, sich dann aber zurückziehen, damit das Kupferkabel nicht durchschmilzt. Aber so ein Feuer neigt dazu, alles mögliche zu tun – außer sich an die Regeln zu halten.

Lösungsansätze

Angestrebt wird daher ein technisches Verfahren, mit dem sich der Solargenerator im Brandfall sicher spannungsfrei schalten lässt. Versuche, die Module schlichtweg abzdunkeln, etwa mit Löschschaum, waren leider nicht erfolgreich: Der Schaum rutscht zu schnell wieder ab, außerdem lässt er immer noch Licht hindurch, das zum Aufbau eines beträchtlichen Spannungspotenzials ausreicht. Eine weitere Idee ist, in der Nähe des Solargenerators einen Gleichstromschalter zu platzieren, der auch von außen zu betätigen sein müsste. Allerdings wäre damit nur die Gleichstromleitung spannungsfrei. Das ist zwar schon ein Fortschritt, erlaubt es doch das gefahrfreie Betreten aller Räume, durch die diese Leitung läuft. Bei der Brandbekämpfung auf dem Dach hilft es aber nicht weiter.

Sinnvoll wäre es, das Spannungsproblem dort zu lösen, wo es auftritt: im Solarmodul. Es müsste eine technische Vorrichtung zur direkten Freischaltung in das Modul integriert werden. Dabei sollten jedoch zusätzliche Verluste vermieden werden, denn sie entstünden während der gesamten Betriebsdauer und führten daher zu erheblichen Ertragsausfällen. Dies hätte eine schlechtere Wirtschaftlichkeit solcher sicheren Solarmodule zur Folge mit dem Ergebnis, dass es zwar eine technische Lösung gäbe, diese aber wohl aus wirtschaftlichen Erwägungen eher selten zum Einsatz käme. Die nahe liegende Idee, Relais oder Halbleiterschalter in die Modulanschlussdose einzubauen, um im Brandfall das Modul freizuschalten, kommt daher nicht in Frage. Diese Schalter verursachen permanent einen Spannungsabfall im laufenden Anlagenbetrieb und schmälern so den Anlagenenertrag.

Weniger nahe liegend, aber nach einigem Nachdenken sicherlich sinnvoller, wäre eine Schaltungsvariante, bei der ein Halbleiterschalter das einzelne Solarmodul im Brandfall kurzschließt. Das hört sich im ersten Augenblick etwas drastisch an. Da brennt schon das Haus, und dann werden auch noch dutzendweise Kurzschlüsse fabriziert?

Man muss sich jedoch eine Besonderheit des Solarmoduls als Energiequelle vor Augen führen: Im Gegensatz zum Stromnetz, in dem ein Kurzschluss ein beeindruckendes Ereignis ist, da auf Grund des geringen Innenwiderstandes Kurzschlussströme in der Größenordnung von vielen Hundert bis über tausend Ampere auftreten können, ist die Sachlage bei einem Solarmodul vollkommen anders. Normalerweise wird es im Punkt der maximalen Leistung betrieben (MPP, maximum power point) und liefert je nach Zellgröße und interner Verschaltung Ströme von gerade einmal drei bis 15 Ampere. Im Kurzschlussfall ändert sich auch nicht viel, denn der Kurzschlussstrom des Moduls liegt nur einige Prozentpunkte höher als der MPP-Strom.

Solche Ströme lassen sich mit Halbleitern sehr gut beherrschen. Dietrich Ahlers aus Weyhe hat uns zu diesem Thema seinen Vorschlag geschickt (siehe Foto). Schon ein preiswerter Leistungstransistor für kleinere Spannungen (Power-MOSFET) ist in der Lage, den Strom eines handelsüblichen Solarmoduls problemlos kurzzuschließen. Das Ergebnis ist ein Solarmodul, das nahezu spannungsfrei ist. »Nahezu spannungsfrei« deshalb, weil kein Transistor ein idealer Schalter ist. Es bleibt immer ein kleiner Übergangswiderstand, an dem ein wenig Spannung abfällt. Dieser Spannungsabfall beträgt nur wenige Millivolt im Gegensatz zu einigen Dutzend, die ein durchschnittliches Solarmodul abgibt. Würden im Brandfall die Solarmodule auf diese Weise kurzgeschlossen, lieferte der Solargenerator keine Spannung mehr und man könnte gefahrlos alle blanken Teile anfassen oder einen Löschwasserstrahl auf sie richten. Es wäre nicht einmal schlimm, wenn die Schaltung in dem einen oder anderen Modul einer Anlage versagt, denn hierbei kämen dann nur ungefährliche Spannungen unterhalb der Schutzkleinspannung zustande. Zudem ist dieser Fall äußerst unwahrscheinlich, denn wenn ein Modul so stark beschädigt ist, dass die Schutzschaltung nicht mehr funktioniert, wird es wahrscheinlich ohnehin schon überhaupt keine Spannung mehr liefern.

Einige Randbedingungen sind jedoch zu beachten: Die vorgeschlagene Schaltung sollte nicht bei massiver Parallelschaltung von Strings eingesetzt werden. Das erste Modul, das seine Schutzschaltung aktiviert, bekäme den geballten Strom der parallel geschalteten Module ab, und das dürfte die Schutzschaltung überlasten. Das Verfahren eignet sich daher eindeutig am besten für Anlagen mit Stringwechselrichtern oder aber für Anlagen mit Wechselrichtern mit mehreren voneinander getrennten DC-Eingängen mit eigenen MPP-Reglern, da über diese in der Regel kein Gleichstrom zu den anderen DC-Eingängen fließen kann.

Module, hört ihr die Signale?

Bleibt die Frage, woher das Modul weiß, dass es aufhören soll, Spannung zu liefern und seinen Ausgang kurzzuschließen hat. Dietrich Ahlers hat sein System hierzu mit einer separaten Steuerleitung ausgerüstet. Will er seinen Solargenerator spannungsfrei schalten, legt er einfach eine Spannung an seine Steuerleitung an, die Transistoren leitend und die Module spannungsfrei. Diese Vorgehensweise entstammt dem ursprünglichen Verwendungszweck der Schaltung: Sie wurde entwickelt, um bei Arbeiten am Solargenerator, der Verkabelung oder dem Wechselrichter auf bequeme Weise die Anlage spannungsfrei zu schalten. Bei einem Sicherheitssystem wäre anzuraten, eine sogenannte Fail-Safe-Schaltung zu verwenden. Sie unterscheidet sich von dem zuvor vorgestellten Verfahren dadurch, dass ständig ein Signal anliegen muss, damit das Solarmodul Spannung liefert. Fällt das Signal aus, weil es abgeschaltet wurde, der Signalgenerator defekt ist oder die Signalleitung durchtrennt wurde, schaltet das Solarmodul sofort den Kurzschlusschalter ein und ist spannungsfrei. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis das Signal wieder anliegt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Module nur bei einer intakten Anlage Spannung liefern.

Praktischer Zusatznutzen

Aber nicht nur im Brandfall hätte eine solche Schaltung einen Sinn. Muss am Wechselrichter gearbeitet werden? Einfach das Signal abschalten und schon ist die Anlage gleichstromseitig spannungsfrei. Defekt des Wechselrichters? Wenn der Signalgenerator im Wechselrichter steckt, schaltet sich der Solargenerator automatisch ab. Wechselstromseitige Freischaltung oder Netz-ausfall? Der Signalgenerator arbeitet nicht mehr, die Anlage ist spannungsfrei.

Es gibt aber noch weitere Anwendungsmöglichkeiten. Zum Beispiel die Überspannung des Solargenerators an einem sehr kalten Wintermorgen, die zu einer Schädigung des Wechselrichters führen kann. Eine Schaltung, die gezielt die Schutzschaltung einzelner Module ansteuern kann, aktiviert sie bei einigen Modulen im String, worauf die Spannung des Solargenerators sinkt. Wenn die Module sich einige Minuten lang erwärmt und somit automatisch etwas Spannung verloren haben, werden die Schutzschaltungen wieder deaktiviert und der Solargenerator kann mit voller Leistung weiterarbeiten.

Bleibt die Frage nach dem Preis. Natürlich kosten zusätzliche Bauteile Geld. Die genauen Kosten können sicherlich erst veranschlagt werden, wenn konkrete Schaltpläne auf dem Tisch liegen. Mit ein paar Euro pro Modul und einigen Dutzend Euro für den Signalgenerator muss man wohl rechnen. Interessant wird es bei der Signalübermittlung: Ist hierfür eine von der Modulverkabelung getrennte Leitungsverlegung notwendig, steigen die Kosten durch zusätzliche Steckkontakte in den Anschlussdosen und auf Grund der zusätzlichen Signalleitungen deutlich an. Gelingt es dagegen, das Steuersignal über die Modulleitung mitzuschicken, wäre der Aufwand vor allem bei der Modulmontage deutlich geringer.

Für genaue Abschätzungen ist es noch zu früh. Sicher ist aber: Wenn eine solche Sicherheitstechnik auf breiter Basis eingeführt wird, dann werden große Stückzahlen für nur geringe Zusatzkosten sorgen. Und vielleicht gibt es ja auch den einen oder anderen Faktor, der gegengerechnet werden kann. Eine Schutzschaltung wie die hier beschriebene kann beispielsweise den demnächst verbindlich werdenden DC-Freischalter möglicherweise vollständig ersetzen. Jetzt sind jedoch zunächst die Ingenieure gefragt, geeignete Schaltungen zu entwerfen und zu präsentieren.

Wer Ideen zur Problemlösung hat, kann sich gerne an die PHOTON-Redaktion wenden. Wir werden dieses Thema verfolgen und Vorschläge präsentieren.

Quelle: Photon – Das Solarstrom-Magazin

„Experimenteller Aufbau einer Schaltung zur Spannungsfreischaltung in Modulen“ von Dietrich Ahlers.

[Heft: 0505 Seite 75 PHOTON 2005-05 Mai](#)