

Regulierbarer Ortsnetztrafo

Die Energiewende ist in vollem Gange; immer mehr Photovoltaikanlagen werden installiert. Die meisten Häuser erzeugen tagsüber Strom, wenn er intern nicht gebraucht wird. Viele, sogenannte Plusenergiebauten (PEB), speisen sogar insgesamt mehr Energie ins Netz ein, als sie je beziehen. Die Energierichtung im Netz ändert sich also häufig täglich mehrmals, was auch Spannungsänderungen mit sich bringt.

Markus Gehrig*

Der Strom kann nur entlang einer Spannungsdifferenz fließen, daher muss der Solarwechselrichter eine leicht höhere Spannung als die gerade vorhandene Netzspannung erzeugen. Die notwendige Spannungsdifferenz kann auch phasenverschoben erzeugt werden.

Kleinere und mittlere Photovoltaikanlagen speisen in die Niederspannung ein. Größere Anlagen, wie Windparks oder PV-Anlagen auf landwirtschaftlichen Gebäuden oder Gewerbe- und Industriehallen speisen oft direkt in die Mittelspannung. So entstehen auch in der Mittelspannung Schwankungen die sich bei einem konstanten Trafoübersetzungsverhältnis auf die Niederspannung auswirken.

Insbesondere unsere Niederspannungsnetze sind dafür ausgelegt, dass ab der Trafostation eine genau so grosse Spannung erzeugt wird, damit in Zeiten schwacher Last die am nächsten gelegenen Verbraucher keine zu hohe Spannung erhalten, während wenige Stunden später die am weitesten entfernten Verbraucher bei hoher Netzbelastung keine zu geringe Spannung erhalten. Die Spannung muss in einem Band von $\pm 10\%$ der Nennspannung¹ gehalten

Autor

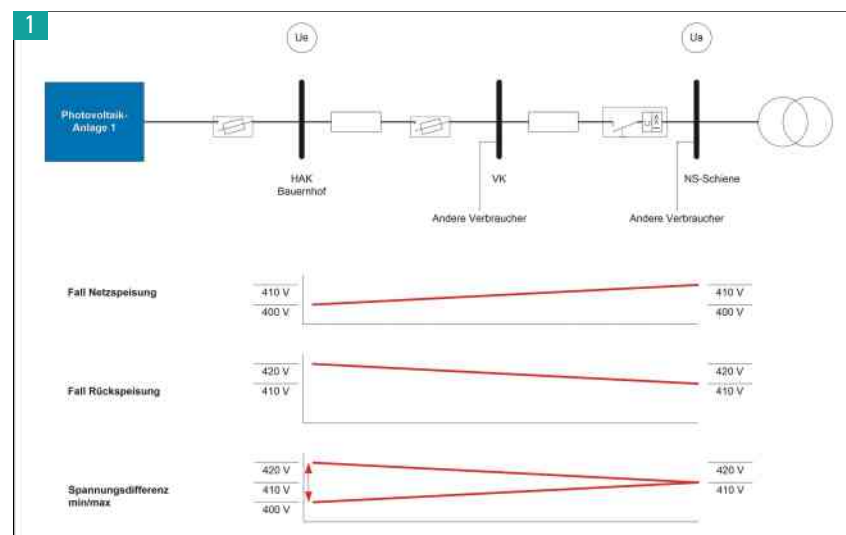
*Markus Gehrig, Dipl. El. Ing. HF/REG B, MG Power Engineering AG und Ausbilder mit eidg. FA, m.gehrig@power-engineering.ch

werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurden unsere Netze ausgelegt wie sie sind. Die Netze sind also für den Energietransport in eine fest definierte Richtung, nämlich von der Trafostation zum Verbraucher, gebaut.

Mit dem Einzug der Photovoltaik wird aber genau diese Konvention

eine Solaranlage betreibt. Hier ist die Spannungsdifferenz zwischen der Zeit in der er am meisten Energie bezieht und der Zeit in der er die maximale Leistung an Solarstrom ins Netz einspeist am grössten (siehe Abbildung 1). Hier wirken sich Massnahmen zur Verbesserung der Spannungsqualität wie Blindstromeinspeisung auch am meisten aus.

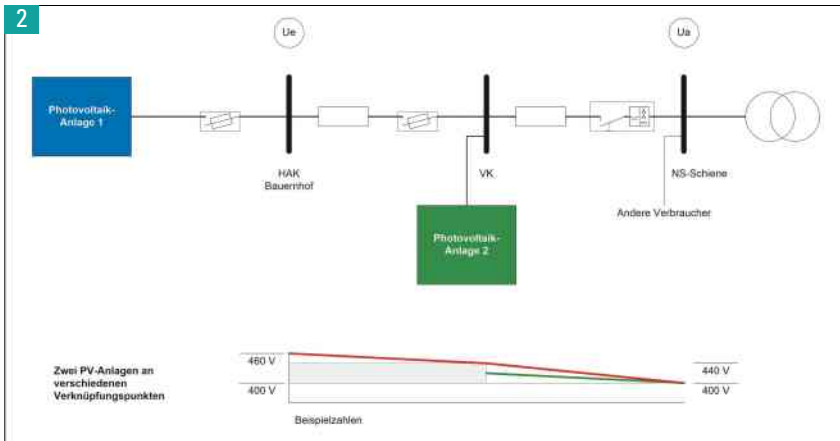
Sind mehrere Photovoltaikwechselrichter vorhanden, verstärkt sich der Effekt des Spannungshubs. Der weiter entfernte Wechselrichter erzeugt am Verknüpfungspunkt eines näher beim Trafo gelegenen Solargenerators auch einen Spannungshub. Somit werden an diesem Punkt die beiden Spannungserhöhungen addiert (siehe Abbildung 2).



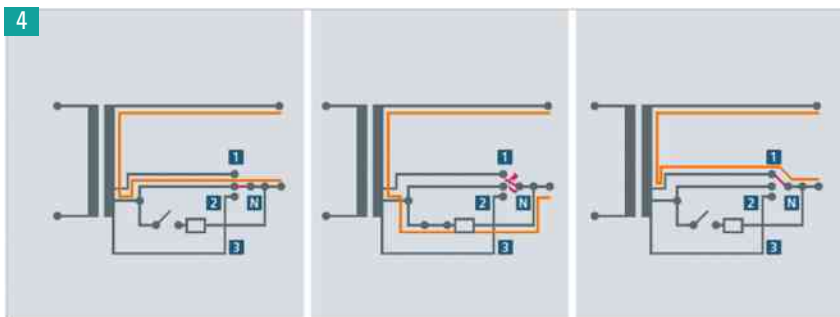
Spannungsbeeinflussung durch Solar-Einspeisung.

durchbrochen: Die Energie kann mehrmals am Tag ihre Richtung wechseln. Wie oben beschrieben, muss dabei in Energierichtung ein Spannungsgefälle vorhanden sein. Das wirkt sich vor allem am Anschluss des am weitesten entfernten Abonnenten aus, der auch noch

An einigen Orten genügen aber Massnahmen wie Leitungsverstärkung, blindleistungsfähige Wechselrichter etc. nicht mehr oder würde die maximale Kapazität erneuerbarer Energien massiv eingeschränkt. Es braucht dann regulierbare Ortsnetztransformatoren, so-



Spannungsbeeinflussung durch zwei Solar-Einspeisungen.



Schaltung Regelung auf Niederspannungsseite.

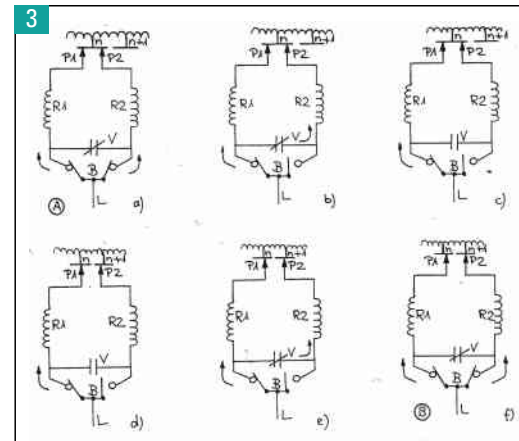
(Bild: Siemens)

nannte RONT. Diese RONT verändern das Übersetzungsverhältnis und halten so die Niederspannung konstant. Verschiedene Hersteller haben da unterschiedliche Konzepte mit spezifischen Vor- und Nachteilen bereit. Es wird grundsätzlich zwischen überspannungsseitiger und unterspannungsseitiger Regelung unterschieden.

Oberspannungsseitige Regelung

Die überspannungsseitige Lastumschaltung ist direkt auf dem aktiven Teil des Transformators aufgebaut und besteht aus einem unterbrechungsfreien Stufenschalter nach dem Reaktorschalt-

prinzip. Dieser Stufenschalter besteht aus zwei Potenzialausgleichsdrosseln, einer Vakuumschaltröhre und zwei Bypasskontakten je Aussenleiter. Die *Abbildung 3* zeigt die Schaltsequenz bei einer Umschaltung von einer Stufe A zu einer Stufe B, wobei n und n+1 benachbarte Anzapfungen der Trafowicklung darstellen. Die beweglichen Wählerkontakte P1 und P2 sind über zwei Umschaltimpedanzen verbunden. Diese verhindern den Stufenkurzschluss während der Umschaltung. Zwischen den beiden Zweigen liegt die Vakuumschaltröhre, welche die Lastumschaltung übernimmt. Mit den Bypasskontakten



Schaltsequenz Reaktorstufenschalter. (Originalzeichnung aus Patentschrift Google Patents)

wird die Last über die Vakuumschaltröhre umgeleitet, welche den einen Zweig lastfrei schaltet, damit die Wählerkontakte verschoben werden können. Danach wird die Last mittels Vakuumschaltröhre und Bypasskontakten wieder auf beide Zweige verteilt, wobei nach vollzogener Lastumschaltung der eine bewegliche Wähler am ersten festen Wahlkontakt liegt und der andere bewegliche Wähler am benachbarten festen Wähler anliegt. Der Antrieb erfolgt über ein Schrittteiltrieb (Malteser). Der Verlust kann über die Drosseln bis zu 5 % betragen. Die Laufzeit der Stufenschalter beträgt 0,9 Sekunden und der kürzeste Abstand zwischen zwei Stufenschaltungen beträgt 3 Sekunden. Die Schaltung ist dank Einsatz von Vakuumschaltröhren wartungsfrei und die Lebensdauer entspricht der eines unregulierten Trafos, da keine lebensdauerbegrenzende Elektronik eingesetzt wird. Durch das beschriebene Reaktorschaltprinzip sind keine kritischen Zustände möglich. Eine Ölkontamination durch Schaltlichtbögen ist ausgeschlossen, da die Last in den Vakuumröhren geschaltet wird. Die Lösung ist sehr

NEU /// Schutzhelm mit integriertem Visier Klasse 2

Hi Vis Parka Klasse 2

Störlichtbogen Schutzhandschuh

GUTSCHEIN 5% Rabatt

Rabatt Code:
oxproET3VF

Einlösen im Online Shop | gültig bis 31.7.2016

Online Shop | www.worksafetech.ch

oxpro ag
Stationsweg 3
6232 Geuensee

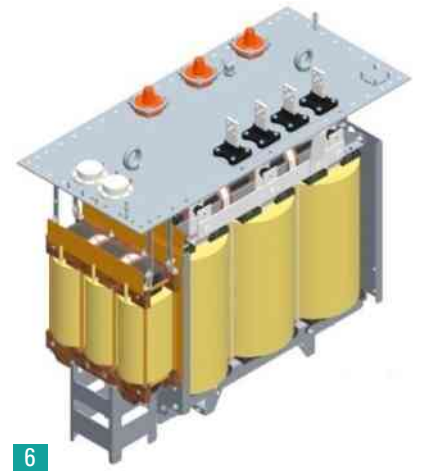
Tel. 041 982 03 00 Info@oxpro.ch
Fax 041 982 03 66 www.oxpro.ch



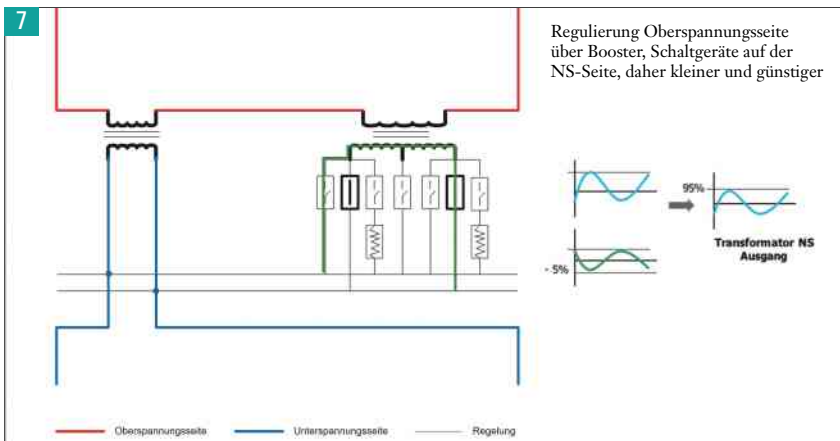
5 FIT-Former REG. (Bild: Siemens)

Der dritte Weg

Schneider Electric geht da einen ganz anderen Weg und verwendet einen induktiven Booster der Oberspannungsseitig in Serie zur Strangwicklung eingeschleuft ist. Diese Lösung ist eigentlich kein RONT im engeren Sinne des Begriffes, sondern ein Trafo mit Strangregelung in Form eines Vorschaltgerätes. Denn hier erfolgt die Spannungsregelung nicht durch die Änderung der Windungszahl. Die Sekundärwicklungen mit Mittenanzapfung des Boosters werden je nach Ausführung über sieben bzw. 14 Schützen so



6 Schneider Electric Trafo Minera SGrid ohne Gehäuse.



7 Schaltung des Boosters, hier Spannungsabsenkung dargestellt. (Bild: MG nach Vorlage Schneider)

kompakt und braucht kaum mehr Platz als ein unregelter Trafo. Das beschriebene Verfahren wird von der Firma Maschinenfabrik Reinhausen mit der Marke Gridcon angeboten.

Unterspannungsseitige Regelung

Unter der Marke FIT-Former REG vertreibt die Siemens AG einen RONT mit unterspannungsseitiger Regelung. Hier werden drei unterspannungsseitige Anzapfungen aus dem hermetischen Wellwandkessel über spezielle Durchführungen herausgeführt auf den angebauten Regelkasten. Die lastfreie nicht geregelte Änderung der Übersetzung auf der Oberspannungsseite ist dabei unverändert wie bei anderen Trafos.

Die Schaltung besteht im Wesentlichen aus Vakuum- und Luftschützen, Widerständen und einer Steuerung. Ein Bypass-Schütz überbrückt die Stufenschütze (1 bis 3 in *Abbildung 4*) während der Lastumschaltung, was unerwünschte Spannungsspitzen und -einbrüche verhindert. Die Steuerung erfolgt über eine S7-300, welche sowohl eine lokale Regelung als auch eine Einbindung in eine übergeordnete Leitebene ermöglicht.

geschaltet, dass sie je nach Bedarf die Sekundärspannung anheben oder absenken. Mit dieser Schaltung sind 5 Stufen ($\pm 5\%$) bzw. 9 Stufen ($\pm 10\%$) möglich. Die Stufenregelung ist im Trafokessel eingebaut. Schneider Electric vertreibt diesen Trafo unter der Marke Minera SGrid.

Fazit

Das normative Spannungsband wurde bisher starr, d.h. bestimmt durch die Windungszahlen des Trafos, gehalten. Das bedingt sowohl in der Nieder- wie auch in der Mittelspannung Spannungsreserven, welche Schwankungen in der Erzeugung und in der Last aufnehmen können. Diese starre Kopplung wird in der Zukunft vermehrt zu Spannungsbandverletzungen führen und ist in der veränderten Situation nicht wirtschaftlich. Der Einsatz von RONT ist eine wirtschaftliche und technisch flexible Alternative an Stelle von Netzverstärkungen.

Der RONT erhöht damit die Aufnahmefähigkeit des Verteilnetzes für erneuerbare Energien ohne dass ein Netzausbau nötig wird.

¹ EN 50160

Vergleich der Systeme			
	Maschinenfabrik Reinhausen	Siemens	Schneider Electric
Marke/Typ	Gridcon	FIT-Former REG	Minera SGrid
Regelung	OS-seitig	US-seitig	Booster
Anzahl Betriebsstellen	9, 7 oder 5	3	5 (9)
Stufenspannung (Last)	frei wählbar bis 3%	wählbar 3% bis 5%	$\pm 5\%$ ($\pm 10\%$)
Oberspannungsseitige Anzapfungen	–	gemäss Standardtrafo	–
Regler	Spannungsregler	SPS	SPS
Stellglied	Motor, Malteser	Schützensteuerung	Schützensteuerung
Schaltelement	Vakuumröhre	Bypassschütz, Vakuum-schützen	Schützen (nicht im Laststromkreis)
Trafoleistung	bis 800 kVA	630 kVA	1000 kVA
Max OS-Spannung	24 kV	36 kV	36 kV
Kommunikation	–	Optionen: IEC 60870-5, Modbus RTU, Modbus TCP/IP	IEC 61850-3