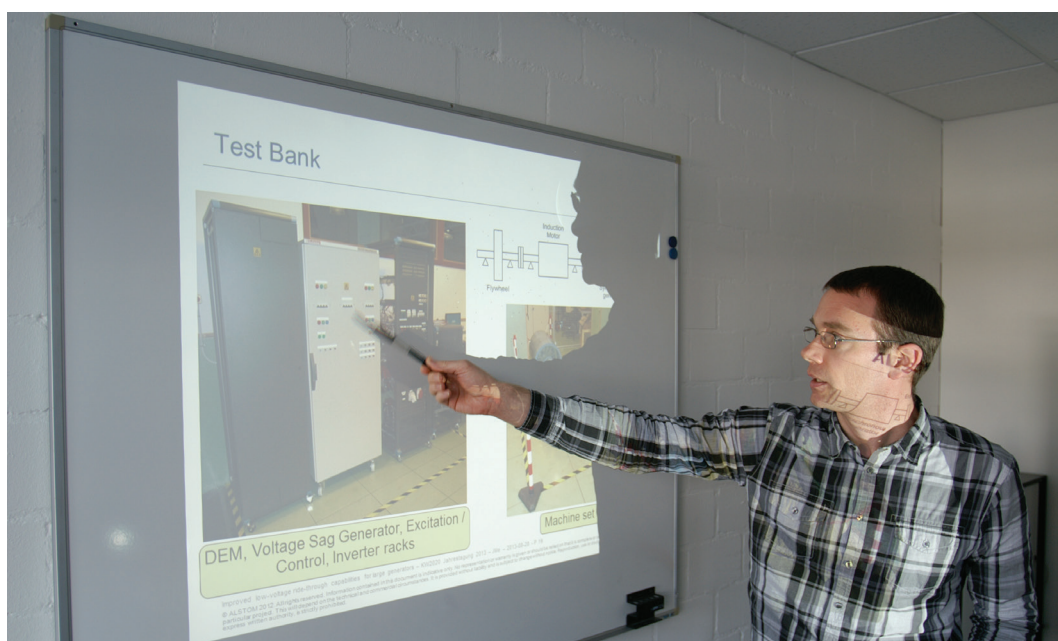


# Stabileres Netz dank Turbogeneratoren

Turbogeneratoren sorgen in Gas-, Kohle- und Kernkraftwerken für die Umwandlung von Rotationsenergie in elektrischen Strom, der dann ins Netz eingespeist wird. Treten im Stromnetz grosse Spannungsschwankungen auf, droht den Generatoren Gefahr. Der Industriekonzern Alstom Schweiz hat unter dem Namen Excitation Booster eine Technologie entwickelt, um das Netz gegen Abschaltungen von Turbogeneratoren bei starken Spannungsschwankungen zu schützen. Die Technologie könnte in Zukunft einen Beitrag zur Netzstabilität und damit zur Versorgungssicherheit leisten.



Johannes Menzel, Leiter der Forschungsgruppe Excitation Booster bei Alstom Schweiz, erläutert den eigens entwickelten Prüfstand für die Excitation Booster-Technologie. Mit einem Netzfehlergenerator (weisser Schrank) können die Forscher Spannungseinbrüche simulieren. Foto: B. Vogel

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Das Schweizer Stromnetz ist sehr stabil, denn es ist eng vermascht und an zahlreichen Stellen mit den Stromnetzen der Nachbarstaaten verbunden, die der Schweiz bei einem Störfall mit Stromlieferungen helfen, Stromengpässe zu überbrücken. Diese Absicherung fehlt z.B. bei Inselnetzen wie in Grossbritannien oder Irland, ebenfalls in Netzen mit geringer Ver-

maschung. Hier können starke Spannungseinbrüche im Stromnetz eintreten – etwa bei Kurzschlüssen, bei Abschaltungen ganzer Netzteile oder beim Ausfall eines grossen Kraftwerkblocks. In so einem Extremfall kann die Spannung im Höchstspannungsnetz zum Beispiel von üblichen 220 kV auf 160 kV oder weniger abfallen.

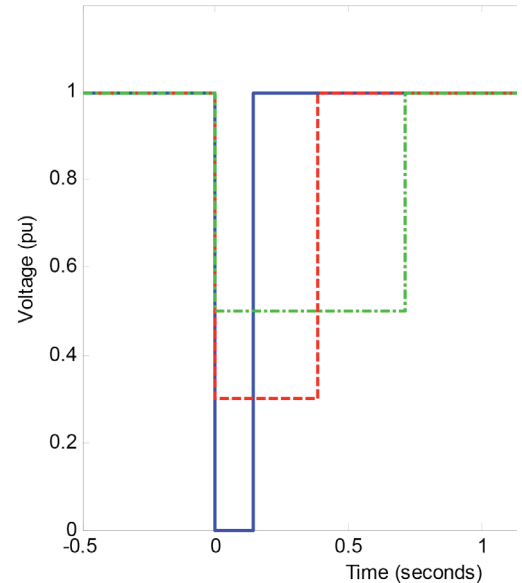
Von einem solchen Spannungseinbruch sind auch die Generatoren in den ans Stromnetz

## 2 Stabileres Netz dank Turbogeneratoren

angeschlossenen Kraftwerken betroffen. Zwar haben die Generatoren die Fähigkeit, geringe Spannungsschwankungen im Netz auszugleichen. Dies aber nur bis zu einem gewissen Grad. Bei grossen Spannungsschwankungen wie im obigen Beispiel geraten sie ausser Tritt und müssen im ungünstigen Fall vom Netz – was in einem Störfall zu einer kaskadenartigen Verschlimmerung des Stromengpasses führen kann. Um solche Szenarien nach Möglichkeit auch unter den schwierigeren Bedingungen des de-regulierten Strommarkts auszuschliessen, legen die Netzbetreiber in sogenannten Grid Codes zunehmend schärfere technische Mindestanforderungen fest, denen Generatoren genügen müssen, um allfällige Spannungseinbrüche zu überstehen.

### Kraftwerksbetreiber rufen Alstom zu Hilfe

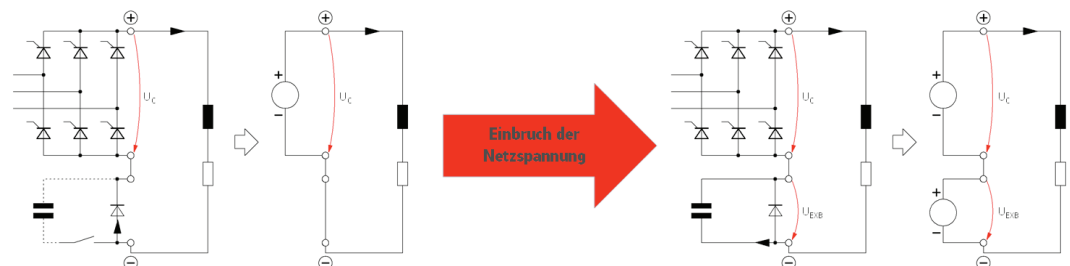
Eine solche Verschärfung des Grid Codes fassten vor einigen Jahren die Betreiber eines europäischen Stromnetzes ins Auge, um die Stabilität ihres (Insel-) Netzes zu erhöhen. Die geplanten Anforderungen an die Generatoren waren so rigide, dass ein lokaler Gaskraftwerksbetreiber fürchtete, seine Turbogeneratoren längerfristig nicht weiter betreiben zu können. Er wandte sich an den Hersteller Alstom mit der Frage, wie die Turbogeneratoren so aufgerüstet werden könnten, dass sie den strengen Anforderungen genügen würden. Diese Nachfrage hat bei Alstom Schweiz in Birr (AG) mit Unterstützung vom Alstom-Standort Mannheim (Deutschland) ein spannendes Forschungsprojekt angestoßen. Durchgeführt haben es ein Entwick-



Das Diagramm veranschaulicht drei unterschiedlich lange und unterschiedlich starke Fälle von Spannungseinbrüchen, wie sie im Grid Code für das englische Stromnetz definiert sind. Grafik: Alstom

lungsteam unter der Leitung von Johannes Menzel, das am elektrischen Design von Turbogeneratoren arbeitet, und weitere Spezialisten aus benachbarten Fachgebieten.

Um einen Generator gegen einen Spannungseinbruch zu wappnen, muss man eine Möglichkeit finden, diese Schwankung zu überbrücken. Anknüpfungspunkt ist die statische Erregereinrichtung des Generators. Die Erregereinrichtung ist eine Komponente, die mithilfe eines Gleichstroms das Magnetfeld aufbaut, das für die Stromproduktion im Generator unerlässlich ist. Die Erregereinrichtung hilft dem Generator ferner dabei, Span-



Der Excitation Booster besteht zur Hauptsache aus einer Anordnung von Kondensatoren, die die Spannung  $U_{EXB}$  liefern, um einen Spannungsabfall im Stromnetz zu kompensieren. Im Schaltschema links ist der Excitation Booster inaktiv, im rechten Schema aktiv. Grafik: Alstom

### 3 Stabileres Netz dank Turbogeneratoren

nungsschwankungen auszugleichen, sofern sie ein gewisses Mass nicht überschreiten. Ziel des Alstom-Forschungsprojektes war es, für den Betrieb der Erregereinrichtung eine eigene, vom Stromnetz unabhängige Spannungsquelle zu bauen. Diese muss fähig sein, einen Spannungseinbruch im Netz für kurze Zeit (einige hundert Millisekunden) zu kompensieren, so dass Störungen im Netz 'durchfahren' werden können. Denn die Er-



*Blick auf den Maschinensatz des Prüfstandes, mit dem die Berechnungsmodelle zum Excitation Booster validiert wurden. Foto: Alstom*

regereinrichtung arbeitet normalerweise mit der Spannung des Stromnetzes – bricht diese stark ein, wird die Erregereinrichtung funktionsunfähig.

#### **Ein Hochleistungsspeicher kompensiert Spannungseinbrüche**

Die neuartige Spannungsquelle, die Johannes Menzel und seine Forscherkollegen – basierend auf einem Alstom-Patent – entwickelt haben, heisst Excitation Booster. Der Excitation Booster besteht aus einem leistungsstarken Energiespeicher und der zugehörigen Leistungselektronik, die die Kopplung mit der

Erregeranlage gewährleistet. Der Energiespeicher besteht aus einer Anordnung von Kondensatoren, die in der Endausführung für Sekundenbruchteile eine Leistung von bis zu 8 MW zur Verfügung stellen müssen. Die zugehörige Leistungselektronik besteht zur Hauptsache aus einer Hochleistungsdiode, die die Funktion hat, den Energiespeicher in den Hauptstrompfad einzukoppeln. „Dieses 'Stromventil' dient einerseits der einfachen, robusten Ankopplung des Energiespeichers an die Erregeranlage, stellt andererseits aber auch sicher, dass ein (Teil-) Ausfall des Excitation Boosters nicht zu einem Betriebsunterbruch des Gesamtsystems führt“, sagt Johannes Menzel, „das ist die Grundidee, mit der wir uns von anderen Herstellern unterscheiden, die in die gleiche Richtung forschen.“ Durch die spezielle Ankopplung mittels Diode ist die Schnittstelle zur Erregeranlage sehr einfach gehalten, was eine leichte Integrierbarkeit in bestehende Systeme (Upgrade/Retrofit) ermöglicht.

Die Alstom-Forscher haben ihr technisches Konzept in einem Prüfstand umgesetzt. Dieser wurde von einem spanischen Projektpartner, der Universidad Pontificia Comillas in Madrid, konzipiert und gebaut. „Mit dem Prüfstand konnten wir zeigen, dass unsere Anlage auch in der Praxis funktioniert, und wir konnten unsere Simulationen für das elektrische Verhalten der Anlage validieren“, sagt Johannes Menzel. Der Prüfstand ist die Nachbildung eines Kraftwerks mit einem Turbogenerator von 10 kW Leistung (die von Alstom hergestellten Turbogeneratoren sind 4000 bis 200000 mal leistungsfähiger). Teil der Anlage ist auch ein Modul, mit dem sich diverse Szenarien für Spannungseinbrüche der realen Netze auf einem Niveau von 400 Volt nachbilden lassen. Der Generator des Prüfstands wird durch einen Elektromotor angetrieben, der die Turbine nachbildet, aber einfacher regelbar ist, als eine richtige Turbine. Das Trägheitsverhalten des Turbinen-Antriebsstrangs wird durch ein Schwungrad simuliert.

## 4 Stabileres Netz dank Turbogeneratoren

---

„Dank der Validierungsdaten aus dem Prüfstand verfügen wir nun über ein Modell für den Excitation Booster, das wir für Anwendungen bei Turbogeneratoren mit bis zu 400 MVA Leistung skalieren können“, fasst Menzel die Erkenntnisse des Forschungsprojekts zusammen. Die Technologieentwicklung des Excitation Boosters ist abgeschlossen, ein Patent liegt vor. Dennoch wird es vorerst keine kommerzielle Anwendung für das neue Generator-Tool von Alstom geben. Im Fall des konkreten Interessenten ist der lokale Netzbetreiber bezüglich Grid Code zwischenzeitlich den Kraftwerksbetreibern vorläufig entgegengekommen, so dass zumindest in diesem Fall für den Excitation Booster vorerst kein Bedarf besteht.

- » Zusätzliche Auskünfte erteilt Dr.-Ing. Peter Jansohn, Leiter des BFE-Forschungsprogramms 'Kraftwerk 2020/CCS': [peter.jansohn\[at\]psi.ch](mailto:peter.jansohn[at]psi.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gasbefeuerte Kraftwerke/CCS finden Sie unter folgendem Link: [www.bfe.admin.ch/CT/gas](http://www.bfe.admin.ch/CT/gas)

### **Instabilitäten im Netz ausgleichen**

Doch Menzel ist überzeugt, dass die Zeit für die Innovation kommen wird: „Netzstabilitätsspezialisten sind sich einig, dass das Thema bald wieder aufs Tapet kommen wird.“ Er verweist auf den Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) mit Sitz in Brüssel, der an neuen Vorgaben für Betreiber von Turbogeneratoren arbeitet. Dies auch vor dem Hintergrund, dass die vermehrte und je nach Wetterlage zeitlich stark schwankende Einspeisung von Leistung aus Wind- und Solaranlagen die Instabilitäten der Stromnetze tendenziell erhöht. Ein Bedarf für den Excitation Booster könnte sich dann in Europa und weltweit ergeben. Ob der Excitation Booster jemals in der Schweiz zum Einsatz kommt, wird sich zeigen. Das dürfte nicht zuletzt davon abhängen, ob im Zuge der neuen Energiepolitik Gaskraftwerke zum Einsatz kommen.

### Breite Einsatzpalette für Turbogeneratoren

Ob Wasser-, Wind-, Gas-, Kohle- oder Kernkraftwerk: Stets sind zur Stromerzeugung Generatoren nötig. Generatoren für thermische Kraftwerke (Gas, Kohle, Nuklear) nennt man üblicherweise Turbogeneratoren. Alstom stellt vier Typen von Turbogeneratoren her:

- Luftgekühlte Turbogeneratoren für Gaskraftwerke und Kombikraftwerke (Gaskraftwerke, bei der zur Stromerzeugung neben einer Gasturbine auch noch eine Dampfturbine eingesetzt wird, um die Abwärme der Gasturbine zu nutzen) in den Leistungsklassen 50 - 165 MVA und 140 bis 400 MVA.
- Wasserstoffgekühlte Turbogeneratoren für grössere Kombikraftwerke mit 320 - 710 MVA.
- Wasserstoff- und wassergekühlte, zweipolige Turbogeneratoren für grosse thermische Kraftwerke, insbesondere Kohlekraftwerke mit 430 - 1400 MVA
- Wasserstoff- und wassergekühlte, vierpolige Turbogeneratoren für grosse thermische Kraftwerke, insbesondere für Kernkraftwerke mit 850 - 2235 MVA

Die unter 1.) bis 3.) genannten Familien werden auch als Phasenschiebermaschinen (Synchronous Condenser) zur Blindleistungsregelung angeboten. BV