

Visionäre Perspektiven für die elektrischen Energiesysteme der Zukunft

Visionary perspectives for electric energy systems of the future

Udo Bachhiesl, Lothar Fickert, Klaus Krischan, Annette Mütze, Stephan Pack, Herwig Renner, Uwe Schichler, Heinz Stigler - www.energiezentrum.tugraz.at

Die Verringerung der Importabhängigkeit Europas sowie die Einhaltung des 2-Grad-Zieles der letzten Weltklimakonferenz in Paris kann nur durch energische Maßnahmen erreicht werden. Die Lösungsansätze müssen neben der Ausgestaltung zukunftsfähiger Elektrizitätsmärkte die Energieaufbringung, Energieübertragungs- und -verteilssysteme, aber vor allem auch Effizienzmaßnahmen sowie die Mobilität betreffen.

Gesamtsystem und Regulierung

Durch die erhöhte Nutzung erneuerbarer Energien wird künftig der Anteil volatiler, dargebotsabhängiger Energieerzeugung jenen der bedarfsgerechten Erzeugung überwiegen. Die erforderlichen Antworten weisen einerseits auf die Entwicklung von Speichern im großtechnischen Umfang, andererseits auf eine weitere Flexibilisierung des Verbrauchs hin. Zudem stellen sich durch die weiträumige Trennung der Orte der Erzeugung und des Verbrauchs bedeutsame Transportaufgaben. Das Gesamtsystem der Erzeugung und die Flexibilisierung des Verbrauchs werden künftig enorme Anforderungen an ein „intelligenteres“ Stromsystem stellen. Die Marktorganisation muss sich an die neuen Gegebenheiten anpassen: einerseits in der Kostenabgeltung für die erneuerbaren Energien, die nur Fixkosten, aber keine variablen Kosten aufweisen, andererseits in der Kostenabgeltung für die erforderlichen bedarfsgerechten Kraftwerke. Die Regulierung bezüglich Energieeffizienz, Emission Trading und Förderungssystemen muss dabei konsistent erfolgen. Vorabanalysen der Wirkungen von Markteingriffen sind wesentliche Voraussetzungen für eine gedeihliche Entwicklung und am Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation wurde mit dem Projekt ATLANTIS ein entsprechendes Instrument entwickelt. (Abb. 1)

Zukunftsfähige Stromübertragung

Abhilfe für die steigende Zahl an Engpässen im aktuellen Hochspannungsübertragungsnetz wird durch Netzoptimierung und Netzausbau sowie durch die Errichtung von HGÜ-Übertragungsleitungen geschaffen. In Europa ist die Weiterentwicklung zu einem HGÜ-Übertragungsnetz >

The reduction of Europe's dependency on importing energy and the achievement of the two-degree target of the recent world climate conference in Paris need drastic measures. Solutions have to include future-proof electricity markets, the production side, the transmission and distribution system but primarily also efficiency measures and the mobility sector.

Overall system and regulation

Due to the increased use of renewable energies the share of volatile supply-dependent electricity production will be higher than the share of production from conventional power plants. The necessary answers lead to the development of large-scale storage systems on the one hand, and to a higher degree of flexibilisation of the demand side on the other. Moreover, the wide-ranging dislocation of production and demand will require important transport tasks. The overall system of production and the flexibility of consumption will make enormous demands on a "smarter" power system in the future. The organization of the market has to adapt to the new circumstances: on the one hand, to the cost of compensation for renewable energy, but having only fixed costs and no variable costs, on the other hand to the cost of compensation for the necessary backup power plants. Regulation concerning energy efficiency, emissions trading and promotion systems must be carried out consistently. Preliminary analysis of the effects of market interventions are essential prerequisites for a successful development, and an appropriate instrument called project ATLANTIS has been developed at the Institute of Electricity Economics and Energy Innovation. (Fig. 1)

Sustainable electrical power transmission

Remedies for the increasing number of bottlenecks in the current high-voltage transmission system is provided by network optimization and network expansion as well as the construction of HVDC transmission lines. In Europe, the development of a HVDC transmission grid is being considered as, a possibility for connecting electric power hybrid >



Udo Bachhiesl
Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
Udo Bachhiesl
Institute of Electricity Economics and Energy Innovation



Lothar Fickert
Institut für Elektrische Anlagen
Lothar Fickert
Institute of Electrical Power Systems



Klaus Krischan
Institut für Elektrische Antriebstechnik und Maschinen
Klaus Krischan
Electric Drives and Machines Institute



Annette Mütze
Institut für Elektrische Antriebstechnik und Maschinen
Annette Mütze
Electric Drives and Machines Institute



Stephan Pack
Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement
Stephan Pack
Institute of High Voltage Engineering and System Performance



Herwig Renner
Institut für Elektrische Anlagen
Herwig Renner
Institute of Electrical Power Systems



Uwe Schichler
Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement
Uwe Schichler
Institute of High Voltage Engineering and System Performance



Heinz Stigler
Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
Heinz Stigler
Institute of Electricity Economics and Energy Innovation

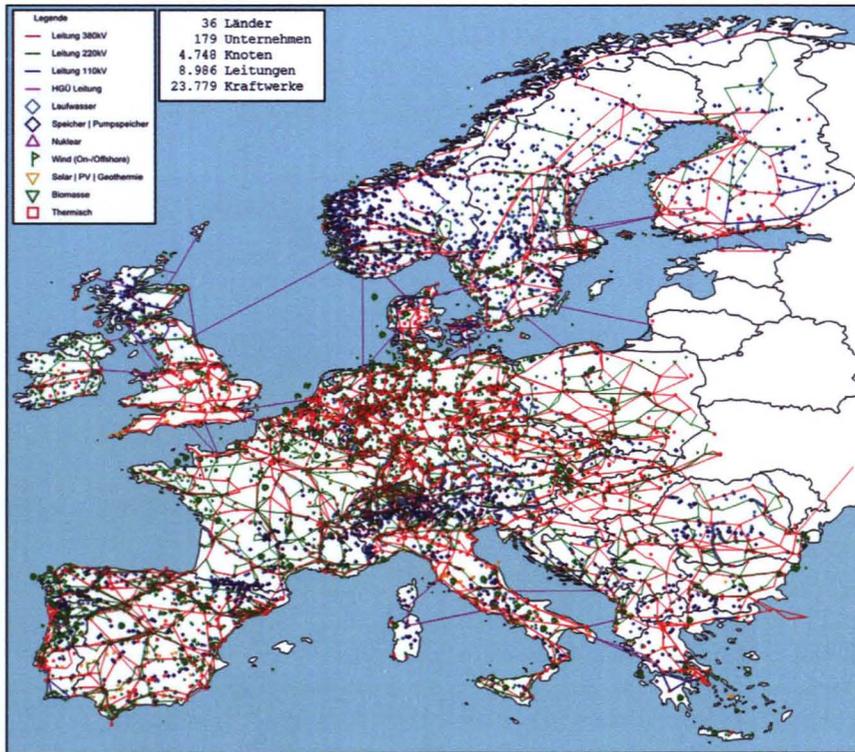


Abbildung 1:
ATLANTIS – Simulationsmodell der europäischen Elektrizitätswirtschaft.

Figure 1:
ATLANTIS – a simulation model of the European electricity economy.

angedacht, wobei die Möglichkeit der Verbindung von Hybridnetzen unterschiedlicher Frequenzen und Nennspannungen auch den Aufbau eines zukünftigen globalen Supergrids erlaubt. Das Supergrid der Zukunft erfordert eine Optimierung der Betriebsmittel sowie die Entwicklung neuer Technologien wie zum Beispiel modularer Multilevel-Konverter und gasisolierter HGÜ-Übertragungsleitungen. Aktuelle Forschungsgegenstände am Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement betreffen die Optimierung elektrischer Isoliersysteme sowie die Entwicklung von Diagnoseverfahren für die Zustandsüberwachung von HGÜ-Betriebsmitteln. (Abb. 2)

Abbildung 2:
Versuchsgefäß und NoDi-Teilentladungsmuster.

Figure 2:
Test cell and NoDi partial discharge pattern.

© IHS – TU Graz



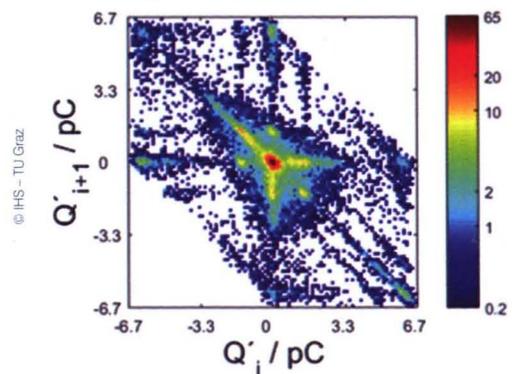
Sichere Übertragungs- und Verteilnetze

Erzeugungseitig gewinnen zukünftig neben Synchronmaschinen vor allem Wechselrichter im Zusammenhang mit Photovoltaikanlagen und Vollumrichter-Windkraftanlagen an Bedeutung. Diese weisen ein von der klassischen Synchronmaschine

networks of different frequencies and nominal voltages as well as the installation of a future global supergrid. The supergrid of the future requires an optimization of electrical equipment and the development of new technologies, such as modular multilevel converter and gas-insulated HVDC transmission lines. Current research topics at the Institute of High Voltage Engineering and System Performance include optimizing electrical insulation systems and the development of diagnostic methods for monitoring the condition of HVDC equipment. (Fig. 2)

Secure transmission and distribution systems

Besides the classical synchronous generator, future generation systems will be based on inverter technology, especially in the case of photovoltaic and full-converter wind turbines. The characteristics of both differ significantly from the synchronous generator. The latter contribute by their inherent electromechanical properties to the voltage support (due to rather low sub-transient impedance) and to frequency stability (by the rotating mass). To ensure grid stability in the future, the behaviour of inverter based generation must be adapted accordingly. This is covered by the research topic "virtual inertia", utilizing energy storage systems for fast active power exchange according to frequency gradients. For monitoring the dynamic grid characteristics, a wide area monitoring system has been implemented in recent years, allowing the development of innovative control and protection functionalities (Fig. 3). In the lower voltage levels new protection schemes will be necessary due to fluctuating short-circuit capacity and new smart-grid-concepts, leading to challenges in grid planning and operation and creating research incentives.



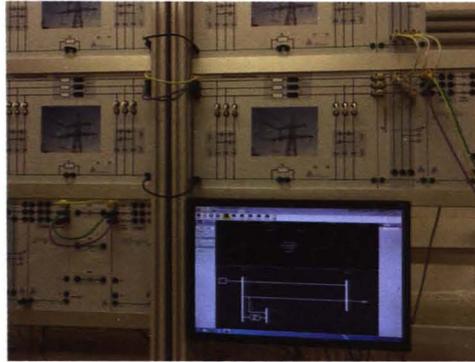
Energy-efficient electric drives and machines

The consumer side is characterized by strong changes within the electrical industry. Modern, power-electronics based systems play a major role in this. For many applications, such drives not only offer increased efficiencies and power densities at reduced

deutlich abweichendes Verhalten auf. Letztere tragen aufgrund ihrer elektromechanischen Eigenschaften sowohl zur Spannungsstützung (kleine Innenimpedanz) als auch zur Frequenzstabilisierung (rotierende Massen) bei. Um in Zukunft die Netzstabilität gewährleisten zu können, muss das Verhalten wechselrichterbasierter Einspeiser entsprechend angepasst werden. Ein daraus abgeleitetes Forschungsthema ist der Bereich „Virtual Inertia“, wobei aus Speichern durch entsprechende Regler eine schnelle Leistungsabgabe bzw. -aufnahme aktiviert wird. Zur Überwachung der netzdynamischen Eigenschaften wurde in den letzten Jahren ein „Wide Area Measurement System“ aufgebaut (siehe Abbildung 3), das die Entwicklung neuartiger Regel- und Netzschutzaufgaben erlaubt. In den unteren Spannungsebenen sind wegen der stark fluktuierenden Kurzschlussleistungsverhältnisse einerseits und durch die Smart-Grid-Konzepte andererseits neue Schutzkonzepte erforderlich, die ebenfalls in Netzplanung und -betrieb zu neuen Forschungsaufgaben führen.

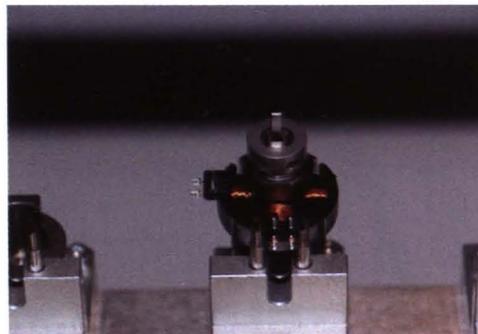
Energieeffiziente elektrische Antriebe und Maschinen

Die Verbraucher/innenseite ist stark von den Veränderungen in der Elektroindustrie geprägt. Moderne, auf Leistungselektronik basierende drehzahlvariable elektrische Antriebe bieten im Vergleich zu ihren konventionellen Vorfahren bedeutende Vorteile zum Beispiel durch erhöhte Wirkungsgrade und größere Flexibilität im Design. Dadurch kann der Energieverbrauch erheblich gesenkt werden. Ein Beispiel für solche Entwicklungen sind elektrische Hilfsantriebe, wie sie in modernen Fahrzeugen eingesetzt werden. Diese Antriebe unterliegen stark einschränkenden Anforderungen und müssen unter härtesten Umgebungseinflüssen funktionieren. Abbildung 4 zeigt die Herstellung eines Läufers eines von der Firma Mechatronic Systems GmbH und dem Institut für Elektrische Antriebstechnik und Maschinen gemeinsam entwickelten, modernen, integrierten Lüfterantriebs (Außenläufermaschine). Ein weiteres Beispiel für den Einsatz moderner Antriebe ist in der Realisierung von Aktuatoren für Hochtemperaturanwendungen gegeben. Aufgrund der Temperaturempfindlichkeit der Permanentmagnete sind hier bevorzugt permanentmagnetfreie Topologien von Interesse. Abbildung 5 zeigt die Läufer von für eine solche Anwendung realisierten Prototypen. ■



© IFEA – TU Graz

cost compared to their conventional ancestors, but also significant advantages with respect to design flexibility. Thus, the energy consumption can be significantly reduced. Examples of such developments are auxiliary drives as they are used in today's vehicles. Such drives are typically subject to some fairly restrictive operating conditions. Figure 4 shows a rotor of an integrated fan that was developed jointly by Mechatronic Systems GmbH and the EAM Institute (outer rotor machine). Actuators for high temperature applications are another example for the use of such modern drives. Permanent magnet-free machines provide a suitable alternative at such high-temperature operation, without the risk of demagnetisation. Figure 5 shows the rotors of two different prototype machines designed for such an application. ■



© Firma Mechatronic-Systems GmbH

Abbildung 3:
Labortest eines „Wide Area Measurement System“ im analogen Netzmodell.

Figure 3:
Test set-up for a wide area measurement system in an analog grid model.

Abbildung 4:
Herstellung des Läufers eines integrierten Lüfterantriebs (Außenläufermaschine).

Figure 4:
Manufacture of a rotor of an integrated fan. (Outer rotor machine).



© in Zusammenarbeit mit Kriegl, Seibt & Co GmbH

Abbildung 5:
Läufer einer synchronen Reluktanzmaschine (links) und einer Asynchronmaschine (rechts) für Hochtemperatur-Aktuatoranwendungen.

Figure 5:
Rotors of a synchronous reluctance machine (left) and of an induction machine (right), both designed for a high-temperature actuator application.