

Intelligente Verteil- und Übertragungsnetze

Smart Distribution and Transmission Grids

Herwig Renner



Herwig Renner ist Dozent am Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz. Die Forschungsaktivitäten umfassen den Bereich der Spannungsqualität, der Energieübertragung in Hochspannungsnetzen sowie Fragen der Regelung und Stabilität von Energiesystemen.

Herwig Renner is lecturer at the Institute for Electrical Power Systems at Graz University of Technology. His research work comprises power quality, electric high voltage transmission systems and power system control and stability.

Die europäische Technologieplattform „Smart Grids“ beschreibt diese als elektrische Netze, die auf intelligente Weise die Aktionen aller angeschlossenen Netznutzer – Stromerzeuger und Stromverbraucher – integrieren, um eine nachhaltige, wirtschaftliche und sichere Stromversorgung effizient zu gewährleisten.

Gerade die Netzanbindung von Erzeugungseinheiten mit regenerativen Energieträgern bedeutet eine besondere Herausforderung für den sicheren Netzbetrieb mit zusätzlichen Regelaufgaben. Je nach Netzebene ergeben sich unterschiedliche Problemstellungen, die mithilfe intelligenter Lösungsansätze – vielfach unter Einbindung neuer Kommunikations- und Informationssysteme – bewältigt werden sollen.

In Nieder- und Mittelspannungsnetzen treten bei bestimmten Netzkonfigurationen mit geringer Vermaschung und langen Netzausläufern Probleme bei der Einhaltung des zulässigen Spannungsbandes auf, insbesondere wenn sich durch dezentrale Einspeisungen die Lastflussrichtung umkehrt. Derartige Fälle können im Vorfeld durch entsprechende Lastflussanalysen untersucht werden, wobei sich hier der Einsatz probabilistischer Lastflussverfahren bewährt. Anstelle einzelner, diskreter Lastzustände wie beispielsweise „Starklast“ oder „Schwachlast“ wird in diesem Fall mit Häufigkeitsverteilungen von Einspeiseleistungen und Verbraucherlasten, deren gegenseitige Abhängigkeit durch Korrelationskenngrößen definiert sind, gerechnet. Mit dieser Methode kann zusätzlich die stochastische Einspeisecharakteristik von Windkraftanlagen sehr gut modelliert werden. Als Maßnahme können intelligente Spannungsregelkonzepte unter Einbeziehung der aktuellen Messwerte unterschiedlicher Netzknoten eingesetzt werden. Projekte dieser Art werden beispielsweise im Rahmen der österreichischen Technologieplattform „Smart Grids Aus-

The European technology platform “Smart Grids” offers the following definition: “A Smart Grid is an electricity network that can intelligently integrate the actions of all users connected to it – generators, consumers and those that do both – in order to efficiently deliver sustainable, economic and secure electricity supplies.”

Integrating renewable energy sources into the grid means a particularly big challenge for reliable network operation. Depending on the voltage level, different problems arise and these are handled using smart approaches, often utilizing new and innovative communication and information infrastructure.

At low voltage and medium voltage levels with radial grid topology and long feeders in rural areas, violations of upper and lower voltage limits can typically occur. This is especially so in the case of reversed power flow due to dispersed generation during off-peak times. These problems are analyzed by evaluation of load flow calculation results. Instead of heuristic worst case scenarios – usually peak and off-peak scenario – the generation and demand in each node is described by its probability distribution. Mutual dependency is specified by correlation coefficients. A further benefit of that approach is the consideration of the stochastic behaviour of wind energy. To cope with those voltage-level problems, smart voltage control systems, including remote bus voltage measurement, are being developed. First attempts are in progress in the work of the Austrian technology platform “Smart Grids Austria”, in which the Institute for Electrical Power Systems of Graz University of Technology is participating. Completely different challenges can be seen in high voltage transmission systems. Generally the design of transmission grids is based on installed and transported power instead of energy. Power



© TU Graz

tria“ umgesetzt, an der auch das Institut für Elektrische Anlagen der TU Graz beteiligt ist.

Komplett andere Herausforderungen ergeben sich in Hochspannungsübertragungsnetzen. Grundsätzlich ist bei den Berechnungen der Anforderungen an das Übertragungsnetz zu beachten, dass die installierte Leistung und nicht die erzeugte Energiemenge für die Netzplanung ausschlaggebend ist. Kraftwerkstypen mit geringer Volllaststundenzahl wie z. B. Windenergie oder Photovoltaik müssen, um die gleiche Jahresenergie erzeugen zu können, im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken höhere installierte Leistungen aufweisen. Es ist daher ein überproportionaler Anstieg der installierten Kraftwerksleistung in Zukunft zu erwarten. Da die Leistung der dargebotsabhängigen Energieträger „Wind“ und „Sonne“ nicht mit dem Verbrauchslastgang korreliert ist, sind Speicher im Netz unabdingbar. Es ist also in Zukunft mit erhöhten Lastflüssen zwischen Erzeugern, Verbrauchern und Speichereinrichtungen zu rechnen.

Weitere Probleme sind durch den Ersatz konventioneller Synchrongeneratoren durch doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren und vollumrichtergekoppelte Synchrongeneratoren zu erwarten.

plants like wind parks or photovoltaic plants with full-load hours significantly lower than conventional power stations will lead to an above-average increase of the total installed generation capacity in the future. Since the load curve of renewables like wind and photovoltaic is typically not correlated to the demand load curve, energy storage devices in the grid will be necessary. Moreover, the generation-to-demand load flows additional interaction with those devices will create extra loading of lines.

Additional problems might arise due to gradual replacement of conventional synchronous generators by double-fed induction generators and full-converter coupled synchronous machines. In the worst case, a significant reduction of short circuit capacity and connected spinning energy reserve can be expected. As a consequence, system frequency stability, dynamic angle stability (synchronism of the system) as well as frequency and damping of inter-area oscillations might be affected adversely.

As a further step towards a smart transmission grid, new wide-area monitoring systems (WAMS) are installed by transmission system operators. These information systems provide additional in-

Abb. 1: Phasenschiebertransformator im österreichischen Verbundnetz.

Fig. 1: Phase shifting transformer in an Austrian transmission system.

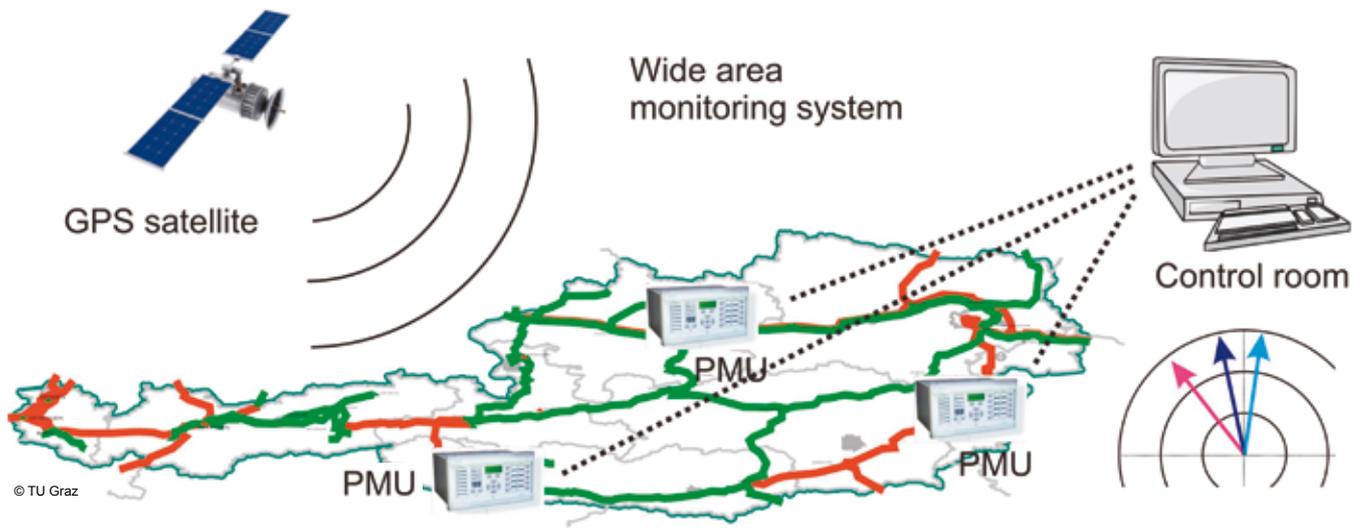


Abb. 2: Wide Area Monitoring System (WAMS) mit GPS-synchronisiertem Phasor Measurement Units (PMU).

Fig. 2: Wide-area monitoring system (WAMS) with GPS synchronized phasor measurement units (PMU).

Im schlimmsten Fall ist mit einer signifikanten Reduktion der Kurzschlussleistung sowie der rotierend am Netz befindlichen Massen zu rechnen. Dies hat ungünstige Auswirkungen auf die Frequenzstabilität, die dynamische Winkelstabilität (Erhalt des Synchronismus des Systems) sowie auf Frequenz und Dämpfung von überregionalen Netzpendelungen.

Als eine Maßnahme in Richtung eines Smart Transmission Grids wird derzeit der Ausbau von Wide Area Monitoring Systems (WAMS) vorangetrieben. Diese stellen mithilfe GPS-synchronisierter Phasor Measurement Units phasenrichtige Spannungszeiger aus unterschiedlichen Netzbereichen zur Verfügung. Langfristiges Ziel ist eine Vernetzung der Ergebnisse unterschiedlicher Netzbetreiber und ein übergeordneter Regler, der entsprechende Regelsignale an Netzstabilisatoren in regional verteilten Kraftwerken (Power System Stabilizer) ausgibt. Details zu den Möglichkeiten von WAMS werden unter Beteiligung des Instituts für Elektrische Anlagen im Rahmen des EU-Projekts „Real Smart – Using Real Time Measurements for Monitoring and Management of Power Transmission Dynamics for the Smart Grid“ untersucht. Weitere Maßnahmen liegen in einer besseren Regelbarkeit der Lastflüsse, um das Übertragungssystem effizienter ausnutzen zu können. Im zunehmenden Maße werden dazu Phasenschiebertransformatoren – eine spezielle Form von Leistungstransformatoren – im Netz eingesetzt. Unter anderem wurden im österreichischen Übertragungsnetz im Jahr 2007 drei dieser Transformatoren in Betrieb genommen, wobei das Institut für Elektrische Anlagen maßgeblich an der Dimensionierung sowie der Festlegung der Standorte beteiligt war.

formation in the form of voltage phasors from different locations of the grid. The primary data acquisition is done by GPS synchronized phasor measurement units. In the long run, merging of PMU data from different grid operators as input for a higher level controller could be the target. This controller could distribute adequate signals to power system stabilizers, installed in local power plants to improve dynamic system stability. Details of future possibilities provided by WAMS is the topic of the EU project “Real Smart – Using Real Time Measurements for Monitoring and Management of Power Transmission Dynamics for the Smart Grid” with the Institute of Electrical Power System involved as work package leader. Further activities regarding smart grids include active power flow control for a better utilization of existing transmission systems. In recent years more and more phase-shifting transformers – a special type of power transformer – have been installed. Three of them were commissioned in the Austrian high voltage system with the Institute for Electrical Power Systems playing a vital role in attendant system studies and principal design.