Abstract

The operating environment of power systems has changed in a fast pace during the last years and this change can be expected to continue in the future. Mainly this change can be explained by two major trends. First, the liberalization of the power market in Europe has led to a situation where the power flow pattern in the system changes from one hour to another. Second, an increasing share of electricity is produced using sources of electrical power that have a fluctuating nature. Examples of such production types are wind power and photovoltaic (PV).

The transmission system operators (TSOs) are responsible for secure and reliable operation of their own network that is a part of an interconnected power system. The two above mentioned trends set new challenges for TSOs from the security and reliability point of view. In this dissertation, methods are presented that help the TSOs to face the challenges better in interconnected systems.

This dissertation contributes to the assessment and management of security in interconnected power systems by proposing additional data exchange among TSOs to account for fluctuations of in-feed in the assessment. Moreover, this dissertation contributes to the classification of power system security states by proposing a method that is particularly useful in systems with fluctuating in-feed. The dissertation contributes to analysis and handling of contingencies by considering the probability and severity of events in the systems. Also, this dissertation presents results on execution of the security assessment in interconnected power systems and this issue has been studied from the computational complexity point of view. Additionally, the dissertation proposes a method to handle uncertain power flows of lines in the system by robust re-dispatching of generators. Also, a method to estimate the optimal level of security and reliability needed in the robust re-dispatch method has been presented.

The methods have been illustrated with simulations using the IEEE RTS-96 test system.

Kurzfassung

Die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen elektrischer Energienetze haben sich in den letzten Jahren stark geändert. Der damit verbundene Wandel wird auch in naher Zukunft weitergehen. Vor allem zwei Entwicklungen haben diesen Wandel entscheidend mitgeprägt: Erstens hat die Liberalisierung des Strommarktes in Europa dazu geführt, dass die Leistungsflüsse im europäischen Verbundsystem von einer Stunde zur anderen ändern können. Zweitens wird ein zunehmender Anteil des elektrischen Stromes aus fluktuierenden Energiequellen erzeugt. Solche Energiequellen können zum Beispiel Windkraft-Werke oder Photovoltaik-Anlagen sein. Die Netzbetreiber sind verantwortlich für den sicheren und zuverlässigen Betrieb ihres eigenen Netzes, welches ein Teilnetz des gesamten Verbundsystems ist. Die beiden obengenannten Entwicklungen stellen die Netzbetreiber vor neue Herausforderungen bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit. In dieser Dissertation werden Methoden vorgestellt, welche den Netzbetreibern dabei helfen sollen, den Herausforderungen besser entgegentreten zu können. Die hier vorliegende Dissertation leistet einen Beitrag für die Sicherheitsbewertung und das Sicherheitsmanagement elektrischer Verbundsysteme, indem sie einen zusätzlichen Datenaustausch zwischen den Netzbetreibern vorschlägt. Dieser zusätzliche Datenaustausch berücksichtigt bei der Sicherheitsbewertung auch Schwankungen von fluktuierenden Einspeisungen. Zudem liefert die Dissertation einen Beitrag zur Klassifizierung der verschiedenen Sicherheitszustände des elektrischen Energiesystems, indem eine neue Bewertungsmethode vorgeschlagen wird, welche besonders für Systeme mit schwankender Produktion geeignet ist. Die Dissertation leistet auch einen Beitrag zur Analyse und Behandlung von unvorhergesehenen Ereignissen unter Berücksichtigung deren Auftretenswahrscheinlichkeit und deren Schadensausmass im elektrischen Energiesystem. Weiter präsentiert diese Dissertation die Resultate der durch-

geführten Sicherheitsbewertung im elektrischen Verbundsystem, wobei der Aspekt der Berechnungskomplexität besonders berücksichtigt wird. Des Weiteren wird in dieser Dissertation eine Methode vorgeschlagen, um unsichere Stromflüsse auf Leitungen des Übertragungsnetzes durch robustes Redispatching der Kraftwerke behandeln zu können. Ausserdem wird eine Methode vorgestellt, welche beim robusten Redispatching zur Schätzung des optimalen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsniveaus gebraucht wird. Die entwickelten Methoden werden mittels zahlreicher Simulationen veranschaulicht, wobei das IEEE RTS-96 Test-System verwendet wird.