



Doctoral Thesis

Strategic resource management for power grid operators

Author(s):

Guarisco, Michael Simon

Publication Date:

2011

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006683206> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 19761

Strategic Resource Management for Power Grid Operators

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF SCIENCES

presented by
MICHAEL SIMON GUARISCO
Dipl. Math. ETH
born 31st August 1977
citizen of Thalwil (ZH)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Hans-Jakob Lüthi, examiner
Prof. Dr. Göran Andersson, co-examiner
Prof. Dr. Markus Zdrallek, co-examiner

2011

Abstract

The liberalization of electricity markets has led to an increased cost pressure on power grid operators. As they are also responsible for the reliable supply of electricity, power grid operators aim to optimally balance the opposing objectives of cost and quality of supply. One main aspect of the quality of supply is the continuity of supply, i.e., the availability of electricity to consumers. The continuity of supply strongly depends on the restoration time after incidents in the power grid, which is directly influenced by the availability of (human) resources performing the restoration work. Power grid operators thus try to find an organization of resources that guarantees a high quality of supply at minimum cost. This thesis focuses on strategic resource management for the restoration work after incidents in the power grid. Two models are presented for analyzing the effects of a limited availability of resources on the continuity of supply. The restoration times in both models endogenously depend on the resources currently available.

The first model is a grid operation model that simulates in detail the resources' activities for restoration after incidents in all voltage levels. An assignment problem is repeatedly solved to decide which incidents are restored by the resources currently available. Results of the model include estimates of the non-availability of supply, which is an indirect measure of the continuity of supply, and of probability distributions of, e.g., the restoration time of incidents. By evaluating various key performance indicators, different organizations of resources can be analyzed and compared. New key performance indicators based on incidents without interruption of supply are suggested. Due to its applicability to real-world instances, the model provides a useful tool to support strategic decisions of power grid operators concerning resource management.

The second model is a component-based model for redundant power grids with exponential failure and repair rates. The repair, however, is only

performed if a resource is available. The optimal assignment of resources to failures is determined by a Markov decision process that minimizes the average expected power not supplied over an infinite time horizon. To cope with the large number of states, an aggregated model is formulated that yields an upper bound on the base model. Even though the effects of a varying number of resources on the continuity of supply can be quantified, the observed effect is only marginal. The continuity of supply is determined much more by the redundancies in the power grid and the failure/repair rates than by the number of available resources. The results of the model confirm the high redundancy in meshed power grids and the very rare occurrence of failures.

Zusammenfassung

Die Liberalisierung der Strommärkte hat zu einem erhöhten Kostendruck für Stromnetzbetreiber geführt. Die Stromnetzbetreiber sind verantwortlich für die zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie und versuchen daher, ein optimales Gleichgewicht zwischen den beiden gegenläufigen Zielgrößen Kosten und Versorgungsqualität zu erreichen. Ein Hauptaspekt der Versorgungsqualität ist die Versorgungszuverlässigkeit, d.h. die Verfügbarkeit von elektrischer Energie beim Verbraucher. Die Versorgungszuverlässigkeit hängt stark davon ab, wie lange es dauert, bis eine Störung im Stromnetz behoben ist. Die Störungsdauer wiederum wird direkt beeinflusst von der Verfügbarkeit von (Personal-)Ressourcen, welche die Störungen beheben. Stromnetzbetreiber verfolgen daher das Ziel, eine Ressourcenorganisation zu finden, welche eine hohe Versorgungsqualität unter minimalen Kosten garantiert. Im Fokus dieser Dissertation steht das strategische Ressourcenmanagement für die Störungsbehebung im Stromnetz. Es werden zwei Modelle präsentiert, mit welchen die Effekte einer beschränkten Verfügbarkeit von Ressourcen auf die Versorgungszuverlässigkeit analysiert werden können. In beiden Modellen hängen die Störungsdauern endogen von den aktuell verfügbaren Ressourcen ab.

Das erste Modell ist ein Netzbetriebsmodell, welches die Aktivitäten der Ressourcen zur Behebung von Störungen in allen Spannungsebenen des Stromnetzes detailliert simuliert. Um zu entscheiden, welche der Störungen von den aktuell verfügbaren Ressourcen behoben werden sollen, wird wiederholt ein Zuordnungsproblem gelöst. Das Modell liefert u.a. Schätzer für die Nichtverfügbarkeit, ein indirektes Mass für die Versorgungszuverlässigkeit, sowie geschätzte Wahrscheinlichkeitsverteilungen, z.B. für die Störungsdauer. Durch die Auswertung von verschiedenen Kennzahlen können verschiedene Ressourcenorganisationen analysiert und verglichen werden. Es werden neue Kenngrößen vorgeschlagen, die auf Störungen ohne Versorgungsunterbrechung basieren. Der simulative Charakter des Modells erlaubt die Anwendung auf reale Probleminstanzen und daher

bietet das Modell ein nützliches Instrument, um strategische Entscheidungen von Stromnetzbetreibern im Bereich Ressourcenmanagement zu unterstützen.

Das zweite Modell ist ein komponentenbasiertes Modell für redundante Stromnetze mit exponentialverteilten Störungs- und Reparaturraten. Eine Reparatur wird jedoch nur dann ausgeführt, wenn eine Ressource verfügbar ist. Die optimale Zuweisung von Ressourcen zu Störungen wird mit einem Markov-Entscheidungsprozess bestimmt, welcher die durchschnittliche erwartete nicht gelieferte Leistung über einen unendlichen Zeithorizont minimiert. Um die grosse Anzahl der Zustände zu umgehen, wird ein aggregiertes Modell formuliert, welches eine obere Schranke für das Basismodell liefert. Die Effekte von unterschiedlich vielen Ressourcen auf die Versorgungszuverlässigkeit können zwar quantifiziert werden, aber der beobachtete Effekt ist sehr klein. Die Versorgungszuverlässigkeit wird viel stärker von den Redundanzen im Stromnetz sowie den Störungs- und Reparaturraten beeinflusst als von der Anzahl verfügbarer Ressourcen. Die Resultate bestätigen die hohe Redundanz in vermaschten Stromnetzen sowie das sehr seltene Auftreten von Störungen.