



Doctoral Thesis

Optimierte Betriebsführung von Niederspannungsnetzen mit einem hohen Anteil an dezentraler Erzeugung

Author(s):

Thoma, Malte

Publication Date:

2007

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005466821> →

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](#).

Optimierte Betriebsführung von Niederspannungsnetzen mit einem hohen Anteil an dezentraler Erzeugung

ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

Vorgelegt von

MALTE CHRISTIAN THOMA

Dipl.-Ing., Universität Karlsruhe

geboren am 24. Februar 1970

in Freiburg, Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Göran Andersson, Referent

Prof. Dr. Wolfram H. Wellßow, Co-Referent

Prof. Dr. Klaus Fröhlich, Co-Referent

Kurzfassung

Die Bedeutung erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung für die Stromerzeugung wird sowohl in Deutschland als auch in Europa weiter wachsen. Neben die bisherigen zentral organisierten Erzeugungs- und Verteilungsstrukturen treten daher zunehmend dezentral installierte Erzeuger verschiedenster Technologien.

Die heutige, zentral organisierte Stromversorgungsstruktur ist vergleichsweise stabil, relativ einfach zu regeln und garantiert eine hohe Versorgungsqualität. Sie erfordert allerdings Großinvestitionen mit langer Kapitalbindung, ist wenig flexibel und kann Effizienzpotenziale wie die Kraft-Wärme-Kopplung nur schlecht erschließen. Die Verteilnetze (Nieder- und Mittelspannung) sind im Wesentlichen passiv, die Netzregelung geschieht vor allem in den übergeordneten Spannungsebenen. Je mehr dezentrale Energieerzeuger einspeisen, desto „aktiver“ müssen die Verteilnetze jedoch werden. Denn bei großer Durchdringung mit Windkraft, KWK-Strom und Photovoltaik müssen zukünftig immer mehr Aufgaben der Netzregelung am Einspeisepunkt übernommen werden. Dies erfordert mehr Kommunikation und neue Regelstrategien im Verteilnetz.

Gleichzeitig haben Netze mit verteilter Stromerzeugung mittelfristig das Potential, die Anfälligkeit für flächendeckende Black-outs zu reduzieren, weil einerseits bei einer Vielzahl von kleineren und individuell steuerbaren Erzeugungseinheiten der Ausfall einer Einheit keine allzu große Rolle spielt und andererseits bei geeigneter Regelung die Möglichkeit besteht, bei Störungen in vorgelagerten Netzen Inselnetze zu bilden und somit eine störungsfreie Weiterversorgung der angeschlossenen Kunden zu gewährleisten.

Im europäischen Forschungsprojekt „DISPOWER“ beschäftigten sich 38 Partner aus ganz Europa u. a. mit diesen Punkten. In diesem Zusammenhang wurde ein neuartiges Energiemanagementsystem für Niederspannungsnetze entwickelt: „PoMS“. PoMS steht für „*Power Flow and Power Quality Management System*“. Entwicklungsziel war es dabei, dass das System autonom die Regelung eines ausgewählten Niederspannungsnetzsegments und seiner (steuerbaren) Komponenten übernehmen kann, um sowohl zu einer Verbesserung der Spannungsqualität beizutragen als auch einen unter ökonomischen Gesichtspunkten optimierten Betrieb des Netzes sicherzustellen. Dieses System erleichtert damit die Integration von immer mehr dezentralen Erzeugungsanlagen in bestehende Verteilnetze und generiert gleichzeitig einen wirtschaftlichen sowie technischen Nutzen für die betroffenen Netzbetreiber. Alle wesentlichen Algorithmen für den Betrieb von PoMS wurden im Rahmen der vorliegenden Dis-

sertation entwickelt. Sie werden im Folgenden im Detail erläutert. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Ansätze sind speziell für die Anwendung in abgegrenzten Niederspannungsnetzsegmenten, z.B. Arealnetzen oder Werksnetzen, entwickelt worden. Vorteilhaft ist aber, dass die Algorithmen so allgemeingültig angelegt und so beliebig skalierbar sind, dass sie in leicht modifizierter Form auch für die Optimierung größerer Netze genutzt werden können.

Von Anfang an war es Ziel im Projekt, das System nicht nur theoretisch zu entwerfen sondern vielmehr auch unter realen Bedingungen in einem existierenden Niederspannungsnetz zu testen. Dafür war ein fixes Zeitfenster vorgegeben, das unter allen Umständen einzuhalten war. Von daher bestand die große Herausforderung im Rahmen dieser Dissertation nicht nur darin, geeignete Algorithmen zu entwickeln, sondern vielmehr auch darin, diese Aufgabe in der zur Verfügung stehenden Zeit zu lösen. Mit dem erfolgreich durchgeführten Feldtest von PoMS konnte gezeigt werden, dass die entwickelten Algorithmen praxistauglich sind und eine ökonomisch optimierte Netzbetriebsführung in der Praxis ermöglichen. Ferner konnte demonstriert werden, dass PoMS grundsätzlich auch für den Betrieb von netzfernen Inselnetzen sowie für den zeitweiligen Weiterbetrieb von Netzsegmenten bei Störungen im vorgelagerten Netz eingesetzt werden kann („*Fault Ride Through*“).

Abstract

The importance of renewable energies and combined heat and power generation for electricity production will further increase in the next years, not only in Germany but all over Europe. Beside the conventional more or less centrally organised generation- and distribution structure more and more distributed generation (DG) units of different technologies will come to the forefront.

Today's centrally organised electricity supply structure is comparatively stable, relatively simple to control and guarantees a high degree of supply quality. But it requests large investments with a long commitment, is less flexible and can barely use efficiency potentials. Distribution grids (low and medium voltage) are essentially passive, this means that the network management is carried out in the higher voltage levels. As more and more DG units feed in the grid, the distribution grids have to become more „active“. With a high share of wind power, combined heat and power as well as photovoltaic generation more duties of grid management have to be carried out at the point of common coupling of DG units. This requests for more communication und new control strategies in the distribution grids.

At the same time grids with DG have in the middle term the potential, to reduce the susceptibility for big scale black-outs, because on one hand with to a high number of smaller and individually controlled DG units the break down of one unit does not have a major impact and on the other hand with a specialised grid management the option exists, to build up islanded grids during interruptions on the higher voltage levels and to continue with supply of the connected customers.

In the European research project „DISPOWER“ 38 institutions from all over Europe dealt with these topics. In this context a new kind of energy management system for low voltage grids was developed: „PoMS“. PoMS is the acronym for “*Power Flow and Power Quality Management System*”. Major targets during development were, that the system is able to manage autonomously a selected low voltage grid including the installed (controllable) grid devices in order to improve power quality as well as to guarantee an economically optimised operation of the grid. Therefore this systems simplifies the integration of more and more DG units in already existing distribution grids and generates at the same time an economical and technical benefit for the affected grid operator. All essential algorithms for the operation of PoMS has been developed within this Ph-D thesis. They will be explained in detail in the following. The approaches used in this work have been designed specially to fit for the applica-

tion in limited low voltage grid segments, eg. area grids or industrial grids. It is a big advantage, that the algorithms are designed so general and so scalable, that they can be used in a slightly modified form also for the optimisation of larger grids.

From the beginning it was the aim of the project, that the system is not only be theoretically designed but also tested under real conditions in a existing low voltage grid. For that a fix time slot was given, that had to be met under all circumstances. Therefore the big challenge in the framework of this Ph-D thesis was not only to develop appropriate algorithms, but also to do this in the given time. With the successful test of PoMS it could be demonstrated, that the developed algorithms are practical and allow an economically optimised grid management under real conditions. Further it could be shown, that PoMS can be used even for the operation of permanently islanded grids as well as for the operation of temporary islanded grids due to faults or interruptions on higher voltage levels („*Fault Ride Through*“).