

Diss. ETH No. 19125

# **New Concepts and Algorithms for Fully Transparent Distribution Management Systems**

A dissertation submitted to  
ETH Zurich

for the degree of  
Doctor of Sciences

presented by

**Monika Esther Ruh**

Dipl. El.-Ing. ETH

born December 13, 1977

citizen of Schaffhausen (SH) and Buch (SH)

accepted on the recommendation of:

Prof. Dr. Göran Andersson, examiner

Prof. Dr. Christian Rehtanz, co-examiner

2010

# Abstract

With the advent of distributed generation during the last years, distribution grids are no longer purely passive load systems, what makes that the operation of them has become more complex. For their control and monitoring, distribution management systems (DMSs) have become more important than ever. So, the general aim of this thesis is to develop a future DMS that will meet the new challenges.

To explore innovation potential of existing DMSs, a state-of-the-art survey is carried out. The major conclusion of this survey is that a DMS with a fully transparent data architecture is really needed. Consequently, the development of such a fully transparent DMS becomes the main objective of this thesis. Since grid models are very important in modern DMSs providing grid analysis functions, a so called transparency matrix is introduced that represents the grid model in matrix form.

As the grid model represented by the transparency matrix is too detailed for many grid analysis functions preferring simple node-branch-grid models, an efficient link between the transparency matrix and the simplified grid model is needed. A condensing algorithm is developed that establishes such an efficient link by condensing the transparency matrix into a so called condensed transparency matrix.

Fully transparent DMSs need an additional procedure that detects the actual topology of the distribution grid, mainly to check if rings are currently existing. Thus, a so called condensed grid topology detection algorithm is developed that detects all existing rings and identifies all grid branches that are lying within such a ring.

In addition, a power flow calculation method that can be used for radial distribution grids as well as for weakly meshed distribution grids is developed. The condensed grid topology detection algorithm provides the power flow calculation method all the needed information, thus all data the power flow analysis depends on are coming from the original data source, namely the transparency matrix. This kind of transparent data flow is exactly what is required for a fully transparent DMS.

# Kurzfassung

Das vermehrte Aufkommen dezentraler Energieerzeugungsanlagen hat in den letzten Jahren dazu geführt, dass Verteilnetze nicht mehr rein passive Verbrauchersysteme sind, was bewirkt, dass ihr Betrieb komplizierter wird. Für die Steuerung und Überwachung von Verteilnetzen sind DMS-Leitsysteme (Die Abkürzung DMS steht für Distribution Management System) wichtiger geworden denn je. Daher ist es das Ziel dieser Arbeit, ein zukünftiges DMS-Leitsystem zu entwickeln, welches den neuen Anforderungen gerecht wird.

Um vorhandenes Innovationspotential von existierenden DMS-Leitsystemen zu eruieren ist eine Studie über den Stand der Technik durchgeführt worden. Die wichtigste Schlussfolgerung dieser Studie ist, dass ein DMS-Leitsystem mit einer komplett durchgängigen Systemarchitektur dringend benötigt wird. Daher wird die Entwicklung eines solchen komplett durchgängigen DMS-Leitsystems zum Hauptziel dieser Arbeit. Weil Netzmodelle in modernen DMS-Leitsystemen mit Netzanalysefunktionen sehr wichtig sind, ist eine sogenannte Transparency Matrix eingeführt worden, welche das Netzmodell in Matrixform repräsentiert.

Da das durch die Transparency Matrix repräsentierte Netzmodell für viele Netzanalysefunktionen, welche ein einfaches Knoten-Zweig-Netzmodell bevorzugen, zu detailliert ist, wird eine effiziente Verknüpfung zwischen der Transparency Matrix und dem vereinfachten Netzmodell benötigt. Ein Verdichtungsalgorithmus wird entwickelt, welcher eine solch effiziente Verknüpfung erstellt, indem er die Transparency Matrix in eine sogenannte Condensed Transparency Matrix verdichtet.

Komplett durchgängige DMS-Leitsysteme brauchen eine zusätzliche Prozedur, die die aktuelle Topologie des Verteilnetzes ermittelt, hauptsächlich um zu prüfen, ob Ringe gegenwärtig existieren. Daher wird ein sogenannter Condensed Grid Topology Detection Algorithmus entwickelt, welcher alle existierenden Ringe detektiert und alle Leitungen, welche innerhalb eines solchen Ringes liegen, erkennt.

Ausserdem wird ein Lastflussberechnungsverfahren entwickelt, welches sowohl für radiale Verteilnetze als auch für vermaschte Verteilnetze verwendet werden kann. Der Condensed Grid Topology Detection Algorithmus stellt diesem Berechnungsverfahren alle benötigte Informationen zur Verfügung. Daher kommen sämtliche Daten, auf denen die Lastflussanalyse basiert, von der ursprünglichen Datenquelle, nämlich der Transparency Matrix. Genau diese Art des durchgängigen Datenflusses wird für ein komplett durchgängiges DMS-Leitsystem verlangt.