

8 Zusammenfassung und Ausblick

Große Störungen in elektrischen Energieversorgungsnetzen treten zwar selten auf, lassen sich jedoch nicht völlig vermeiden. Der anschließende Netzwiederaufbau durch das Schaltpersonal in den Netzleitstellen erfolgt unter großem Zeitdruck; andererseits ist die Erfahrung der Betriebsführer mit solchen Situationen meist gering.

Gegenstand der vorliegenden Dissertation ist daher ein System für das Training bzw. die Unterstützung von Netzbetriebsführern beim Netzwiederaufbau. Im Gegensatz zu früheren auf bestimmte Netze oder Arten von Störungen zugeschnittenen Ansätzen ist die hier realisierte Lösung generischer – d.h. auf beliebige Störungen in beliebigen Netzen anwendbarer – Natur.

Das zugrunde liegende Konzept, die in Form von Expertensystem-Regeln formulierte allgemein anwendbare Basis-Strategie sowie einige wesentliche prozeßnahe Programm-Komponenten waren bereits in einer vorangegangenen Forschungsarbeit erstellt worden. Gegenstand dieser Arbeit ist die Fertigstellung, Implementation und Verifikation des sehr umfangreichen Gesamtsystems. Die dazu insbesondere auf Seiten des Expertensystems neu geschaffenen Teilsysteme betreffen im wesentlichen

- die komplexe zentrale Steuerung für die taktische Anpassung der in der Wissensbasis als globale Regeln formulierten Strategie an das betrachtete Netz und die dort vorliegende Störungssituation durch vollständige Fallunterscheidung;
- Schnittstellen für die Kommunikation zwischen dieser Steuerungskomponente und zahlreichen unterlagerten prozeßnahen Routinen für analytische Aufgaben bzw. operationelle Eingriffe in den laufenden Prozeß;
- die Pflege und optionale Ergänzung der Wissensbasis durch Editor und Visualisierung der Regel-Verknüpfungen sowie Konsistenzprüfung;
- eine umfangreiche interaktive Erklärungskomponente, mit welcher u.a. auch hypothetische Annahmen überprüft werden können;
- eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, die neben einer interaktiven graphischen Betriebsweise erstmalig für den Netzbetrieb auch einen bidirektionalen akustischen Dialog mit dem Rechner erlaubt.

Die drei letzten der genannten Teilsysteme wurden derart realisiert, daß sie über den Einsatz im generischen Netzwiederaufbau-System hinaus auch in anderen Anwendungen verwendbar sind und bereits auch Verwendung gefunden haben.

Die Kopplung des resultierenden Netzwiederaufbau-Systems mit einem Trainingssimulator für Netzbetrieb erlaubte die **Verifikation** mit einer Vielzahl angenommener Störungs-Szenarien in unterschiedlichen auf dem Simulator betriebsrealistisch replizierten realen Netzen und zeigte, daß

- das Netzwiederaufbau-System auf Basis generischer Regeln in allen Fällen netzbetrieblich sinnvolle Wiederaufbauwege finden konnte;
- durch ständige Beobachtung des Netzes und seiner Komponenten während des Netzwiederaufbaus die Vorgehensweise flexibel an die vorliegende Situation sowie auch an spontane Ereignisse im Netz angepaßt wird;
- darüber hinaus auch willkürliche Eingriffe des Betriebsführers toleriert und in der Vorgehensweise berücksichtigt werden;
- die getroffenen Entscheidungen und ihre Konsequenzen mit Hilfe der eingebauten Erklärungskomponente transparent dargestellt werden können, so daß ein Einsatz als **Trainingssystem** zur Störungsbehebung in Netzen möglich ist;
- sich die generische Wissensbasis optional mit den dafür implementierten Hilfskomponenten erweitern und damit z.B. an unternehmensspezifische Anforderungen anpassen läßt;
- der Einsatz als Anwenderfunktion zukünftiger Netzleitsysteme grundsätzlich möglich ist;
- die dem Netzwiederaufbau-System zugemessene Kompetenz prinzipiell auch das selbständige (d.h. autonome) Ausführen von Maßnahmen (Schalten, Sollwertvorgaben an Kraftwerke etc.) zuläßt, wobei durch die hier realisierte Kopplung mit dem Trainingssimulator in der Realität nicht existierende Informationsübertragungswege antizipiert werden.

Durch seine editierbare Wissensbasis sowie die Modularität der Programmstruktur ist das gesamte Netzwiederaufbau-System auch bezüglich zukünftig möglicher Erweiterungen sehr flexibel, die beispielsweise folgende Punkte betreffen könnten:

- Bei der prospektiven Überprüfung der Konsequenzen von geplanten Schaltungen im Netz könnte im Falle einer dabei entstehenden Verletzung von Systemgrenzen – dies führt beim derzeitigen Entwicklungsstand zur Suche nach einer alternativen Verbindungsrouten – ein Vorschlag unterbreitet werden, wie das Vorhaben z.B. durch Stufung von Transformatoren oder Zuschaltung paralleler Leitungen ohne Grenzwertverletzungen doch durchgeführt werden könnte. Dies würde freilich voraussetzen, daß auch solche – kombinatorisch u.U. sehr variantenreichen – Möglichkeiten prospektiv untersucht würden, was die vorherige Portierung des Gesamtsystems auf eine leistungsfähigere Rechner-Plattform voraussetzt, siehe unten.
- Ein zusätzliches zyklisch aktiviertes Dienstprogramm könnte die gezielte Verbesserung des Spannungsprofils und die Vergleichmäßigung der Leistungsflüsse z.B. durch Stufung von Transformatoren, Schaltung von Reaktanzen oder Schließen von Maschen während des Netzwiederaufbaus veranlassen.
- Als weitere Ergänzung wurde bereits die Idee aufgegriffen, das Netzwiederaufbau-System über die reine Wiederversorgung der Verbraucher hinaus auch die Rückkehr in den Normalbetrieb des Netzes bewerkstelligen zu lassen, indem durch weitere – ebenfalls generische – Regeln und diesen unterlagerte Algorithmen z.B. versucht wird, den Übergang zu einem ökonomischen Einsatz der Einspeisungen sowie die Minimierung der Netzverluste zu erreichen. Auch die Wiedererlangung der (n-1)-Sicherheit wäre auf diesem Wege durch das so erweiterte System prinzipiell erreichbar, allerdings mit entsprechendem Berechnungsaufwand im Hintergrund.
- In der vorliegenden Form ist das Netzwiederaufbau-System für den Einsatz in **einer** Netzleitstelle gedacht. Es könnte auch untersucht werden, inwieweit bei netzbereichs-übergreifenden Störungen der parallele Einsatz mehrerer solcher Netzwiederaufbau-Systeme jeweils in den von der Netzstörung betroffenen Leitstellen möglich wäre, was eine entsprechende Koordination erfordern würde. Auch hierzu wäre der verwendete Trainingssimulator eine ideale Testumgebung.
- Schließlich sei noch erwähnt, daß mit der inzwischen begonnenen Portierung des Netzwiederaufbau-Systems von den verwendeten "Apollo-Workstations" auf vernetzte PC eine deutliche Verbesserung der Performance erwartet wird, wodurch einerseits die Implementation der genannten Erweiterungsmöglichkeiten, andererseits aber auch eine praktische Anwendung in Netzleitstellen begünstigt werden; letztere würde allerdings einen individuellen datentechnischen Anschluß an das jeweilige Netzleitsystem erfordern.

