Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 86 (1995)

Heft: 22

Artikel: Modernste Netzleittechnik für das Übertragungsnetz der BKW

Autor: Benahmed, Mohamed / Rohr, Fritz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902504

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die BKW Energie AG hat ihr über 20 Jahre altes Betriebsleitsystem durch ein dem aktuellen Stand der Technik entsprechendes Energy Management System ersetzt. Dank vertiefter Kenntnis des Netzverhaltens und zahlreicher besonderer Funktionen der Netzsicherheit bietet das von ABB Network Partner AG gelieferte und eingeführte System S.P.I.D.E.R. EMS die Möglichkeit, das Netz optimal zu planen, zu nutzen und die Versorgungssicherheit zu garantieren.

Modernste Netzleittechnik für das Übertragungsnetz der BKW

■ Mohamed Benahmed und Fritz Rohr

Das BKW-Netz im Überblick

Die BKW Energie AG (BKW) versorgen einen beträchtlichen Teil des schweizerischen Mittellandes und der Nordwestschweiz mit elektrischer Energie. In ihrem Versorgungsgebiet wohnen etwa eine Million Einwohner, also rund ein Siebentel der gesamten schweizerischen Bevölkerung.

Die BKW verfügt über acht eigene Wasserkraftwerke am Lauf von Kander und Aare und das Kernkraftwerk Mühleberg. Sie sind ferner an mehreren Partnerwerken beteiligt. In den eigenen Kraftwerken steht eine installierte Leistung von 500 MW zur Verfügung, bei den Partnerwerken rund 1500 MW.

Im Jahr 1994 erreichte die Versorgungsenergie im eigenen Netz 6059 GWh, bei einer Höchstlast von 1929 MW. 58% des Stromes wurden in Kernkraftwerken, 11% in Laufkraftwerken und 31% in Speicherkraftwerken erzeugt.

Das Netz der BKW umfasst rund 5000 km Leitungen auf den Spannungsebenen zwischen 380 und 16 kV. Dazu gehören 61 Unterstationen mit Spannungen von 380 kV bis 16 kV. Mit zahlreichen Verbund-Übergabeleitungen auf verschiedenen Spannungsebenen ist die BKW eng in das

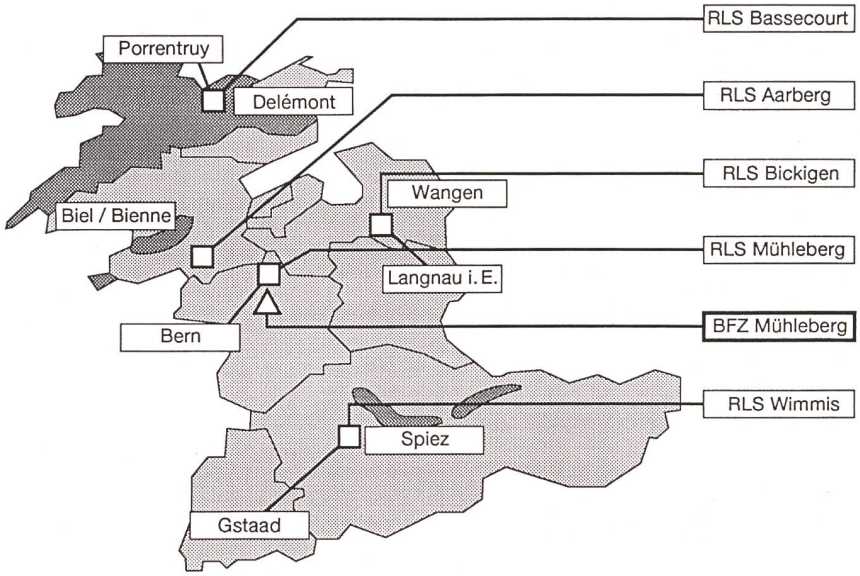

Bild 1 Geographische Übersicht über das «Leitsystem Übertragungsnetz» mit Betriebsführungszentrum (BFZ) und den regionalen Leitstellen (RLS).

Adresse der Autoren:
Mohamed Benahmed,
Projektingenieur der Energieverkehrsabteilung
BKW Energie AG, 3000 Bern.

Fritz Rohr, Projektleiter bei ABB Network Partner AG, 5300 Turgi.

schweizerische und europäische Verbundnetz eingebunden.

Bisher hatte die zentrale Leitstelle in Mühleberg ausschliesslich Überwachungs- und Koordinationsaufgaben. Die Schalthoheit aller Netzstufen lag in den regionalen Schaltstellen. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und besseren Nutzung der Anlagen wurde das aus dem Jahre 1970 stammende Netzleitsystem durch ein modernes Energie Management System abgelöst. Im neuen Betriebsführungszentrum in Mühleberg wird die Netzführung zentralisiert. Gleichzeitig wird sie beträchtlich verfeinert und mit Netzsicherheitsfunktionen und Steuerungshilfen, die erst in den letzten Jahren entwickelt wurden, ergänzt.

Hohe Anforderungen an das Netzleitsystem

Die rationelle und sichere Führung komplexer Elektrizitätsnetze mit zahlreichen verschiedenartigen Produktionsanlagen, Leitungen, Umspannwerken und Schaltanlagen stellt hohe Anforderungen an moderne Leitsysteme. Diese sollen das Betriebspersonal in seinen Entscheidungen und Massnahmen massgeblich unterstützen sowie von Routinearbeiten entlasten.

Die Hauptaufgabe der Netzführung besteht darin, einen zuverlässigen und sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten, dies vor allem auch bei Störungen und Ausfällen von Netzelementen. Dabei sind möglichst eine konstante Netzspannung und Frequenz einzuhalten. Zu einem Energiemanagement gehören aber auch wirtschaftliche Aspekte bezüglich des optimalen Einsatzes der Produktions- und Übertragungsanlagen sowie der Beurteilung des Energieaustausches mit den Partnern. Zur Erfüllung dieser komplexen Aufgaben muss das Leitsystem mit einer umfassenden Anzahl von Funktionen ausgerüstet sein.

Das Leitsystem S.P.I.D.E.R. EMS von ABB Network Partner AG erfüllt die an ein modernes Energy Management System gestellten Anforderungen. Die BKW setzen dieses System in ihrem Betriebsführungszentrum in Mühleberg als «Leitsystem Übertragungsnetz» ein. Dessen Hauptfunktionen sind:

- Überwachung und Steuerung des Netzes
- Netzregelung
- Netzsicherheitsfunktionen
- Trainingssimulator

Dank dem offenen Systemkonzept und des modularen Aufbaus der Hard- und Software kann S.P.I.D.E.R. jederzeit den effektiven Bedürfnissen angepasst werden. Um die grosse Menge anfallender Daten zu bewältigen, entlasten dezentrale Rechner (Frontends) den Hauptrechner durch Vorverarbeitung und Verdichtung der Informationen.

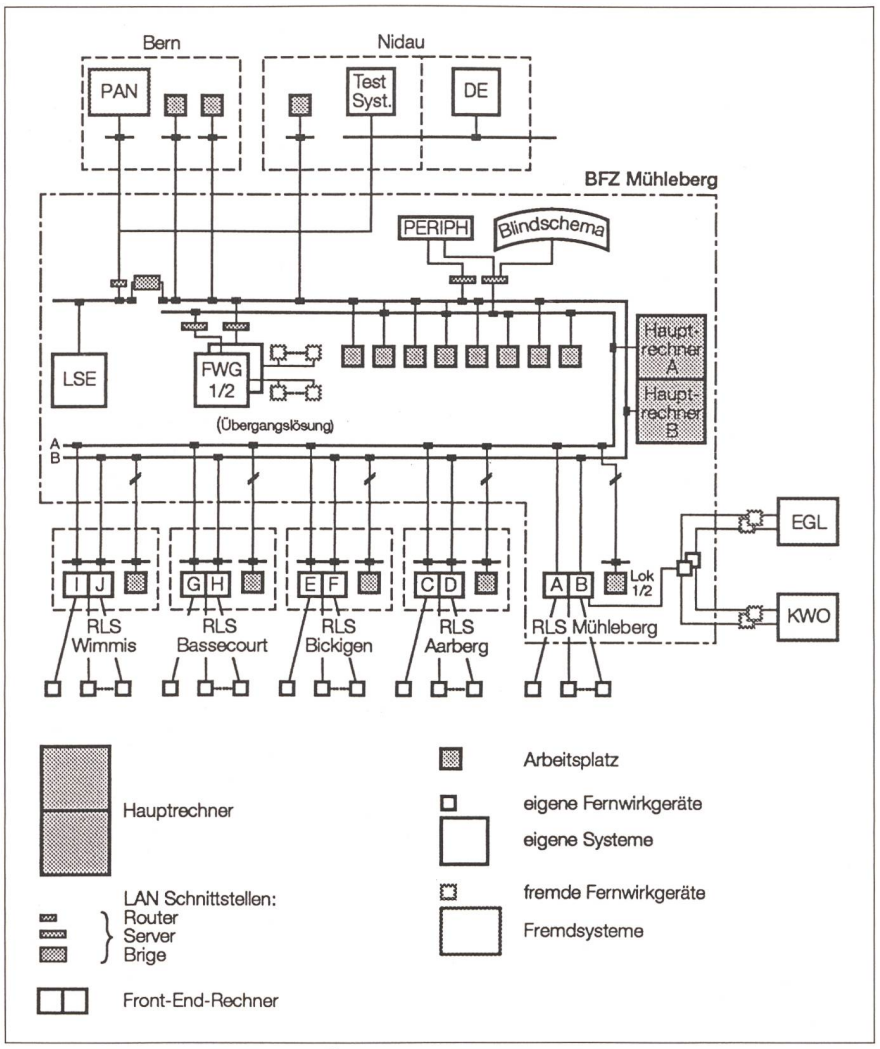

Bild 2 Konfiguration des «Leitsystems Übertragungsnetz».

DE Daten-Engineering
EGL Landesregler Laufenburg
FWG Frontends des alten Systems
KWO Kraftwerke Oberhasli
LSE «Leitsystem Energieverkehr»
PAN Netzplanungssystem

Standardisierte Schnittstellen erlauben die Integration verschiedener «fremder» Systeme. So werden Informationen mit dem bereits bestehenden «Leitsystem Energieverkehr» ausgetauscht, mit dem das Energiemanagement, das heisst die Kraftwerks-Einsatzplanung und deren Überwachung, sowie die Energieabrechnung erfolgt. Im weiteren bestehen Verbindungen zu einem BKW-Netzplanungssystem in Bern sowie zu zwei Fernwirksystemen, Frontends des alten Netzleitsystems, die für die Ablösephase der Aussenstellen in Unterstationen noch in Betrieb stehen.

Systemkonfiguration

Das «Leitsystem Übertragungsnetz» der BKW umfasst zwei Hierarchiestufen. Im Betriebsführungszentrum werden die Spannungsebenen von 380 kV bis 132 kV überwacht und ferngesteuert, während die Überwachung und teilweise auch Steuerung der 50-kV- und 16-kV-Netze in fünf regionalen Leitstellen erfolgen. Eine dieser regionalen Leitstellen befindet sich direkt beim Betriebsführungszentrum in Mühleberg, vier weitere in wichtigen Unterwerken (Bild 1). Als Folge der historischen Entwicklung sind die Ausrüstungen der regionalen Leitstellen und die entsprechenden Fernwirkausrüstungen in den Unterstationen verschiedenen Typs und Herkunft.

Das neue Leitsystem basiert auf einem Doppelrechnersystem (Hauptrechner) vom Typ DEC VAX 6000 mit umfangreichen Arbeits- und Massenspeichern (Bild 2). Redundant ausgeführt sind auch das lokale Rechnernetzwerk (Ethernet), die Frontend-Rechner sowie die Kommunikationsverbindungen zu diesen. An die regionalen Leitstellen werden total 60 Fernwirkgeräte

S.P.I.D.E.R. RTU 200 mit zum Teil lokaler Protokollierung angeschlossen, von denen sich 41 in Unterstationen der BKW und 19 bei Partnerwerken befinden. Die Datenübertragung zu den RTU verläuft über Richtstrahl- oder Kabelverbindungen, teilweise redundant, in der Regel mit 600 Bd und 1200 Bd, zwischen den regionalen Frontend-Rechnern und dem lokalen Rechnernetzwerk redundant mit 9600 Bit/s.

Das Leitsystem ist in bezug auf die Netzreglerfunktion (AGC) mit dem Landesregler Laufenburg (EGL) sowie mit dem Regelsystem der Kraftwerke Oberhasli (KWO) verbunden.

Am «Leitsystem Übertragungsnetz» werden 16 Arbeitsplätze WS 300 mit je zwei oder drei vollgrafischen Bildschirmen betrieben. Acht Arbeitsplätze mit verschiedenen Aufgaben und diesen Aufgaben entsprechenden Autoritäten befinden sich im Betriebsführungszentrum in Mühleberg, und je einer in den fünf regionalen Leitstellen. Zwei Arbeitsplätze beansprucht der Hauptsitz der BKW in Bern, wo die mittelfristige Betriebsplanung, Netzstudien und Analysen sowie diverse Statistiken geführt werden. Für den Unterhaltsdienst der Informationssysteme der BKW ist die Informationstechnische Abteilung der BKW in Nidau zuständig. Sie ist auch für den Unterhalt des Leitsystems verantwortlich und beansprucht ebenfalls einen Arbeitsplatz im System. Die Autoritätszuweisung ist sowohl bezüglich der Arbeitsplätze als auch bezüglich der Operateure strikte geregelt. Ferner ist die Informationstechnische Abteilung in Nidau mit einem in das Rechnernetzwerk eingebundenen S.P.I.D.E.R.-Testsystem und Data Engineering-System ausgerüstet.

Von grosser Bedeutung ist eine benutzerfreundliche Mensch–Maschine-Kommunikation (Bild 3). Das Interface besteht bei S.P.I.D.E.R. aus hochauflösenden Bildschirmen, einer den Aufgaben angepassten Funktionstastatur und Rollkugel-Maus. Die Fenstertechnik bietet zahlreiche Möglichkeiten einzelner und kombinierter, auf betriebliche Situationen zugeschnittene Darstellungen. Das grosse Blindschema mit den dynamisch nachgeführten Schaltzuständen, Leitungs-Lastindikatoren und frei anwählbaren digitalen Anzeigegeräten für Messwerte bietet eine umfassende Übersicht (Bild 4).

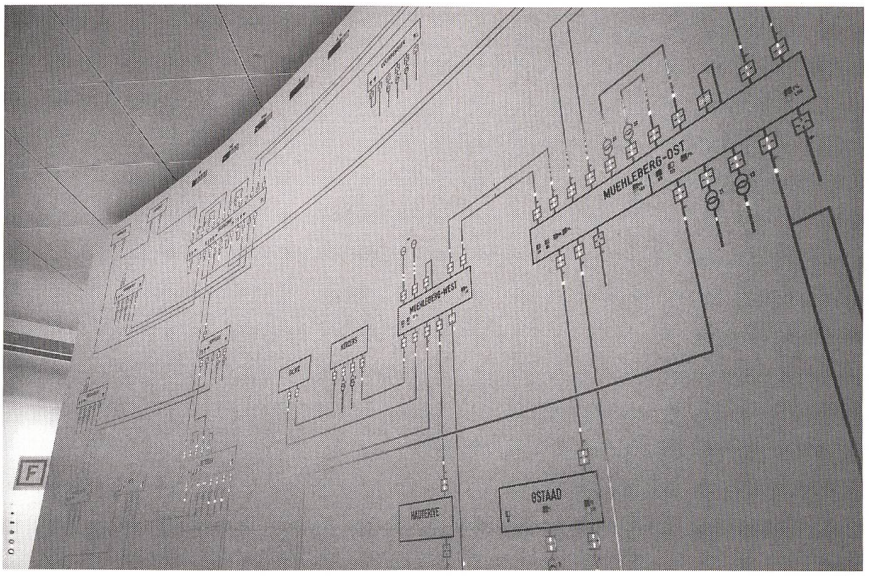

Bild 4 Detail des Blindschaltbildes mit der Station Mühleberg-Ost.

Bild 3 Blick in den Kommandoraum des Betriebsführungszentrums.

Überwachung und Steuerung

Das SCADA-(Supervision, Control and Data Acquisition)Funktionspaket des Netzleitsystems enthält die grundlegenden Funktionen der Überwachung und Steuerung. Im Kommandoraum des Betriebsführungszentrums in Mühleberg sind zwei Arbeitsplätze für diese Aufgabe reserviert.

Eine Hauptaufgabe des SCADA besteht in der Verarbeitung und zweckmässigen Präsentation der in den Aussenstellen erfassten Daten (Bild 5). Im «Leitsystem Übertragungsnetz» betrifft dies etwa 100 Sammelschienen, 120 Leitungen und 110 Transformatoren, was rund 15 000 Meldungen, 1500 Messwerte und 600 Zählwerte ergibt. Dazu kommen Messwerte und Zustandsmeldungen von Verbundpartnern, die heute noch manuell nachgeführt werden.

Eine weitere Aufgabe des SCADA ist es, Zustandsänderungen zeitfolgerichtig zu erfassen und sie als Ereignisse oder gegebenenfalls als Alarme anzuzeigen. Aus den übermittelten Daten werden abgeleitete Prozessdaten berechnet, ferner sind Datenprotokolle, Auszüge aus Alarmlisten, diverse Statistiken usw. zu erstellen (Bild 6).

Zu SCADA gehört zudem die Fernsteuerung der Schaltelemente und Stufenschalter

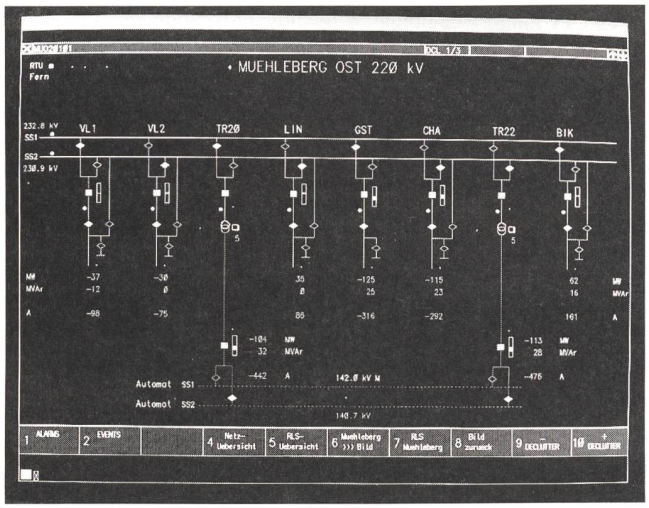

Bild 5 Übersicht über den Netzzustand in der Station Mühleberg-Ost.

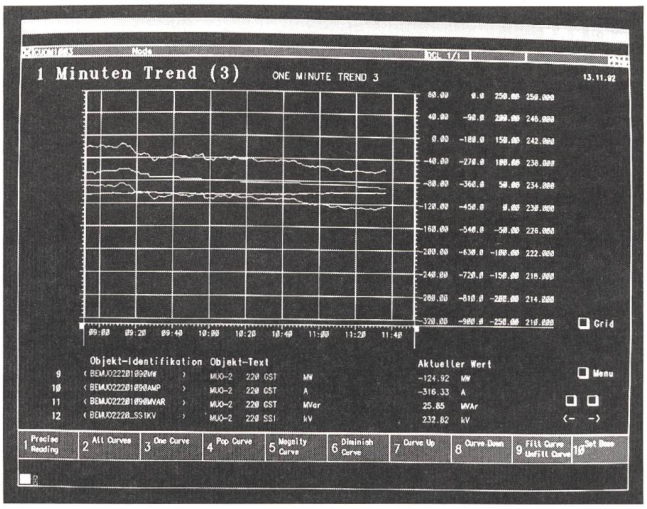

Bild 6 Trendbild der Belastung der Leitung Mühleberg–Gstaad (220 kV).

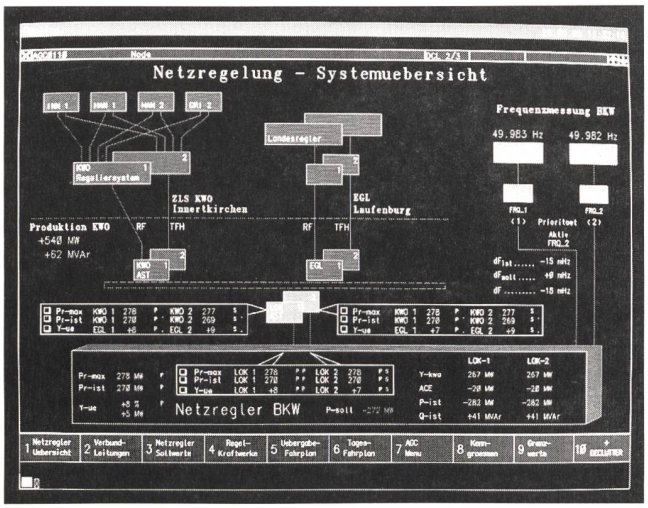

Bild 7 Übersichtsbild der Netzregelung.

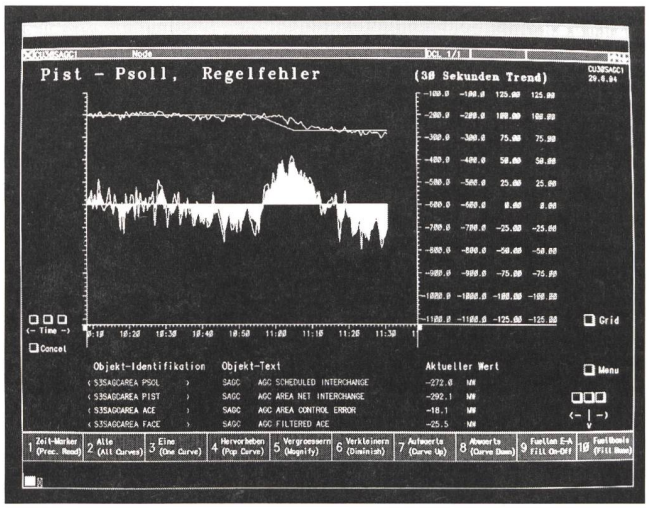

Bild 8 Beispiel einer Regelkurve der Übergabeleistung.

sowie eine systematische Überprüfung der Plausibilität der Daten, insbesondere vor der Ausführung von Steuerbefehlen. Eine spezielles Werkzeug zur Entlastung des Operateurs ist die Schaltsequenzsteuerung. Für wiederkehrende Schaltvorgänge werden Programme der Ablaufsequenzen «Off line» vorbereitet, beispielsweise für Sammelschienenwechsel mit entsprechenden Leitungsumschaltungen. Beim Schaltsequenzaufruf wird ein solches Programm von einem Software-Interpreter schrittweise automatisch abgefahren, wobei jeder Befehl umfassend auf Plausibilität geprüft wird. Die Sequenzsteuerungen bilden eine effiziente Unterstützung des Operateurs zur Rationalisierung von dessen Arbeit und verringern das Risiko von Schaltfehlern.

Netzregelung

Die Kernkraftwerke sowie die Flusskraftwerke, deren Leistung durch die Wassermenge weitgehend vorbestimmt ist, und die Speicherkraftwerke liefern die Grundlast der Netzversorgung. Kurzzeitige Schwankungen werden vom Regelkraftwerk der KWO aufgefangen und ausgeglichen.

Das «Leitsystem Energieverkehr» übergibt dem Netzregler am Vortag, für Änderungen auch aktuell, ein Tagesprogramm der Übergabeleistungen. Ebenso wird vom Landesregler ein entsprechender Stellwertanteil der BKW zum Ausgleich der Regeldifferenz Schweiz zum europäischen Verbundbetrieb berücksichtigt. Die Summe der geplanten Übergabeleistungen wird mit den gemessenen Übergabeleistungen verglichen und die Differenz, zusammen mit einer leistungsbewerteten Frequenzabweichung als Eingangsgrösse, über einen PI-Regler dem KWO-Reguliersystem als Stellwert weitergegeben (Bild 7). Um den gewünschten Verhältnissen Rechnung zu tragen, hat der Operateur die Möglichkeit, Korrekturen anzubringen. Die Netzreglerdaten werden zwischen dem Leitsystem und der KWO alle fünf Sekunden ausgetauscht.

Zwar schwankt die Frequenz im europäischen Verbundnetz nur gering, deswegen liegt das Schwergewicht der Regelung auf der Einhaltung der Übergabeleistungen. Abweichungen von der Nennfrequenz und geplante Übergabeleistungen führen zu Korrekturen durch die Netzregelung (Bild 8). Grosse Bedeutung erhält dieser Regelkreis im Fall von namhaften Produktionsausfällen oder einer Trennung vom Verbundnetz.

Netzsicherheitsfunktionen

Die Netzsicherheitsfunktionen sind im wesentlichen Hilfsmittel, mit denen aufgrund der Zustandsmeldungen und der Messwerte festgestellt werden kann, ob sich das Netz in einem sicheren, kritischen oder gestörten Zustand befindet. Für diese

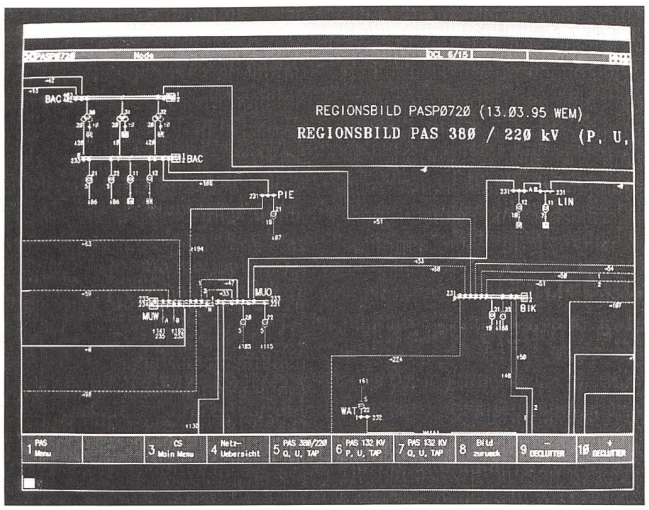

Bild 9 Ausschnitt aus dem Netzübersichtsbild mit Lastflussberechnung.

Beurteilung ist es wichtig, den Netzzustand möglichst genau zu kennen. Die relevanten Daten von Netzteilen, die genügend erfasste Messwerte beinhalten, werden estimiert.

Für Netzteile, die mit Messwerten ungenügend erfasst sind, werden Pseudomesswerte generiert und die entsprechenden Netzteile pseudoestimiert.

Abweichungen zwischen erfassten Messwerten und estimierten Werten werden statistisch erfasst. Diese Statistiken geben Aufschluss über Messwertfehler bzw. liefern Aussagen über die effektive Genauigkeit der erfassten Messwerte.

Auf dem aktuellen erfassten Netzzustand (Momentaufnahme) aufbauend, werden mit Simulation Ausfälle von Netzelementen vorgegeben und der daraus resultierende neue Netzzustand mit der Lastflussberechnung analysiert (Bild 9). Damit erhält der Operateur eine Übersicht über potentielle Schwächen des aktuellen Netzes und ist somit in der Lage, entsprechende Massnahmen zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung des sicheren Betriebes und dessen Optimierung zu planen. Die Resultate und die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden auch für die operationelle Netzplanung verwendet.

Die Netzsicherheitsfunktionen umfassen folgende Funktionsblöcke:

- dynamische Netzeinfärbung
- Topologiemodell, Beobachtbarkeit, Analyse, Grenzwertüberwachung
- Ermittlung Topologie- und Messwertfehler
- Zustandsschätzung der beobachtbaren und nichtbeobachtbaren Netzteile
- Prognose der Sammelschienenbelastungen
- Lastflussberechnungen
- Ausfall- und Kurzschlussanalysen

Trainingssimulator

Der im Leitsystem integrierte Dispatcher Training Simulator ist ein wichtiges Hilfsmittel für die Aus- und Weiterbildung der Operateure. Der Dispatcher Training Simulator verwendet soweit wie möglich die Funktionsblöcke der Netzsicherheitsrechnung. Die Einführung in die Eigenschaften des Leitsystems und die Ausbildung in der Netzführung sind um so effizienter, als sie in einer Prozess- und betriebsnahen Umgebung unter Anwendung derselben Gerätefunktionen und derselben Benutzeroberfläche erfolgen, wie bei der realen Netzführung.

Der Trainingssimulator basiert auf den aktuellen und historischen Netzdaten des SCADA, ohne diese zu beeinflussen. Er bildet das reale Verhalten des Netzes sowie des Fernwirksystems ab und verfügt über einen konsistenten Prozessdatensatz. Simulierte Zustandsänderungen von Netzelementen wirken sich auf den simulierten Netzzustand dynamisch aus. Ohne den realen Netzbetrieb zu beeinflussen, lernen die Operateure auf diese Weise auf Netzveränderungen und Störungen zu reagieren, um das Netz in einen sicheren Zustand zurückzuführen. Die Simulation von Ereignissen erfolgt interaktiv durch einen Trainer, als auch mit vorbereiteten Szenarien. Die Ergebnisse der Simulation werden dem Operateur gleich wie die reale Prozessumgebung präsentiert, wodurch der Eindruck entsteht, das wirkliche BKW-Netz zu steuern.

Ausblick

Der Werkvertrag für das S.P.I.D.E.R. Energy Management System wurde 1990 zwischen BKW und ABB unterzeichnet. Die Einführung des komplexen Systems verlief im wesentlichen in zwei Stufen: dem SCADA-Teil mit der Netzregelung und den Netzsicherheitsfunktionen mit dem Trainingssimulator. Während der Realisierungszeit wurde auf eine umfassende und kontinuierliche Ausbildung der Fachleute der BKW geachtet. Ziel der intensiven Ausbildung ist, dass die BKW in der Lage sind, das System selbständig zu unterhalten und zu warten. Die Spezialisten der BKW übernahmen unter anderem die Aufgabe, die Prozessdaten und die zahlreichen vollgrafischen Betriebsschaubilder aufzuarbeiten und in das System einzugeben sowie die Programme der Schaltsequenzsteuerungen selbständig zu erstellen.

Das S.P.I.D.E.R. Energy Management System ist ein erweiterungsfähiges, zukunftsgerichtetes System. Die damit erzielbaren vertieften Kenntnisse des Netzverhaltens und der Möglichkeiten, auch unter extremen Bedingungen einen sicheren Netzbetrieb aufrechtzuhalten, entsprechen heute einer unabdingbaren Notwendigkeit.

Technique moderne de conduite des réseaux pour le réseau de transport d'électricité des FMB

La FMB Energie S.A. a remplacé son système d'exploitation vieux de quelque 20 ans par un système de gestion d'énergie correspondant au niveau technique actuel. Grâce à une connaissance approfondie du comportement du réseau et de nombreuses fonctions spécifiques de la sécurité du réseau, le système S.P.I.D.E.R. EMS livré et mis en place par ABB Network Partner AG permet de planifier et d'utiliser le réseau de manière optimale tout en garantissant la sécurité de l'approvisionnement. La FMB Energie S.A. approvisionne en énergie électrique une zone importante du Plateau suisse et du nord-ouest de la Suisse, soit environ un million d'habitants.