Inselnetzversuche im Übertragungsnetz

Autor(en): **Sattinger, Walter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **105 (2014)**

Heft 9

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856289

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Inselnetzversuche im Übertragungsnetz

Nachweis der Einsatzbereitschaft für den Notfall

Zu den Kernaufgaben jedes Übertragungsnetzbetreibers gehört die Koordination des Netzwiederaufbaus nach einer Grossstörung oder einem Netzzusammenbruch, um so in möglichst kurzer Zeit zum normalen Betriebszustand bzw. zur Vollversorgung zurückzukehren. Diese Koordinationsarbeit lässt sich in Simulationsversuchen durchspielen und wertvolle Erkenntnisse zum Wiederaufbau können dabei gewonnen werden. Einblicke in einen konkreten Inselnetzversuch veranschaulichen dies.

Walter Sattinger et al.

Da das schweizerische Übertragungsnetz Teil des kontinentaleuropäischen Verbundnetzes ist, wird nach einer Grossstörung zunächst ein Netzwiederaufbau mit Hilfe eines Nachbarnetzes versucht, da aufgrund verschiedener physikalischer Gegebenheiten der Aufbau so wesentlich rascher durchgeführt werden kann. Falls aber die Nachbarnetze auch gestört sind, bleibt nur noch die Option eines Netzwiederaufbaus aus eigener Kraft. Dafür müssen entsprechende Vorbereitungen getroffen und der Inselbetrieb regelmässig getestet werden. Dieser Beitrag berichtet über aktuelle Tests, die im Herbst des Jahres 2013 durchgeführt wurden. Dabei waren zum ersten Mal gleichzeitig zwei Wiederaufbauzellen beteiligt, die über eine Alpenleitung miteinander verbunden wurden.

Versuchsvorbereitungen

In einem Inselnetz sind die beteiligten Kraftwerke und Lasten während des Netzwiederaufbaus weit grösseren Abweichungen von Netzfrequenz und Spannung ausgesetzt als im Normalbetrieb bzw. im Verbundbetrieb. Wichtig ist, dass die Regelung von Frequenz und Spannung für diesen Betriebszustand ausgelegt ist und dass das gesamte Systemverhalten keine frühzeitigen Schutzauslösungen verursacht, damit der Inselbetrieb stabil über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann.

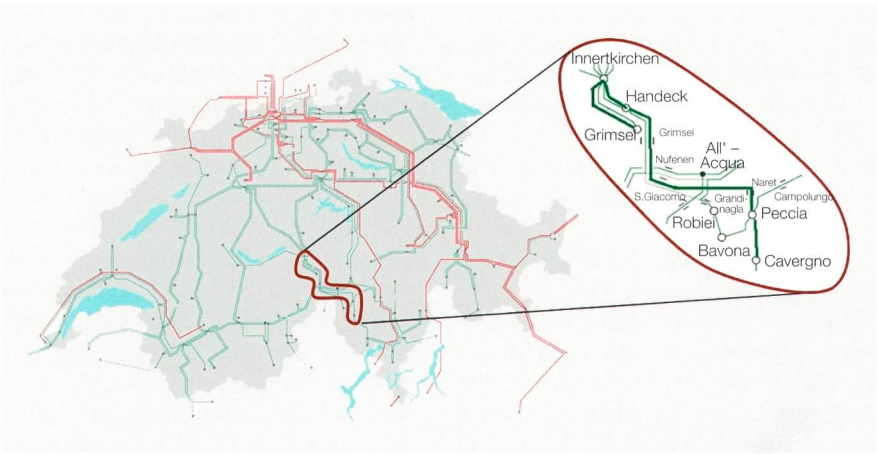
Dynamische Modellberechnungen liefern zur Planung und Vorbereitung von Netzwiederaufbaustrategien einen entscheidenden Beitrag. In der Schweiz kann diesbezüglich auf eine langjährige Tradition zurückgegriffen werden. Schon Anfang der 1990er-Jahre wurden die damaligen Netzwiederaufbauszenarien mit dynamischen Netzberechnungen verifiziert und fortlaufend verfeinert. [1–3] In den DynaSim-Projekten 1–3 wurden dann die Grundlagen eines schweizerischen dynamischen Modells gelegt. [4–5] Mit dynamischer Modellrechnung wurden einzelne Wiederaufbauschritte wirklichkeitsgetreu simuliert, die so im Normalbetrieb kaum durchführbar sind. Ein Netzwiederaufbau unter realen Bedingungen bedeutet nämlich die Fähigkeit und Bereitschaft einer schrittweisen Versorgung von Teilen des Netzes inklusive daran angeschlossener Verbraucher während einer aussergewöhnlichen Einspeisesituation. Allerdings gehört zur sorgfältigen Modellpflege immer auch ein permanenter Vergleich von Messung und Rechnung.

Prinzipiell wurde dabei immer so verfahren, dass detaillierte dynamische Rechenmodelle in enger Zusammenarbeit zwischen Kraftwerksbetreiber, Anlagenhersteller und Netzbetreiber sowie Forschungs- und Ausbildungsstätten erstellt wurden, die dann durch gezielte Versuche kalibriert wurden. Im Laufe dieser gemeinsamen Arbeiten wurde Vertrauen zwischen allen Beteiligten aufgebaut, war es doch am Anfang nicht so klar, ob alles reibungslos und erfolgreich ablaufen würde.

Da sich die Zuständigkeiten für Kraftwerks- und Netzbetrieb in den letzten Jahren geändert haben, wurden auch die Netzwiederaufbaupläne entsprechend angepasst und weiterentwickelt. Dabei wurden verschiedene Netzwiederaufbauzellen definiert und zum Teil auch schon mehrfach erfolgreich getestet. Die Kernidee ist, von Anfang an eine stabile Insel aus mehreren Kraftwerksmaschinen und Speicherpumpen zu bilden, an welche dann grössere Lasten zugeschaltet werden können. So kann der Netzwiederaufbau relativ schnell ausgeführt werden.

Im Herbst 2013 wurden Vorbereitungen für gemeinsame Versuche der beiden Wiederaufbauzellen Mitte und Süd geplant **(Bild 1)**. Dazu gehören sowohl Vorbereitungen der Netzführung bezüglich Verfügbarkeitsplanung als auch die genaue Definition der Schaltfolgen in den einzelnen Kraftwerksnetzen. Als diese im Entwurf vorlagen, wurde der gesamte Ablauf mit dem dynamischen Netzmodell im Detail simuliert **(Bild 2)**.

Die am Versuch beteiligten Kraftwerke, Maschinen und Speicherpumpen



Swissgrid

Bild 1 Inselnetz.

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Swissgrid

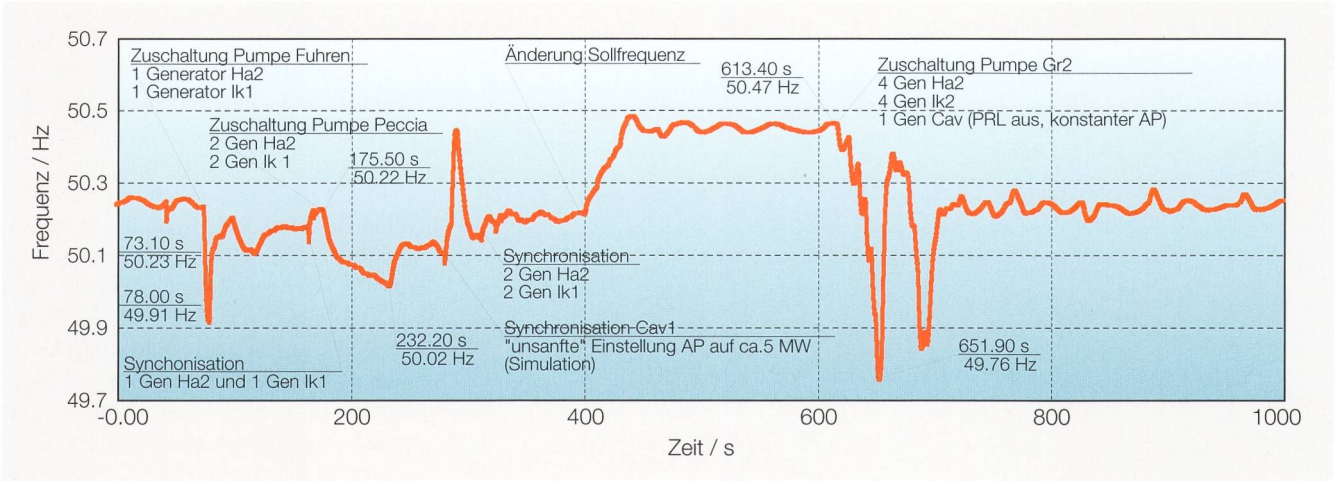


Bild 2 Simulationsergebnisse des Gesamtversuchsverlaufs.

Swissgrid

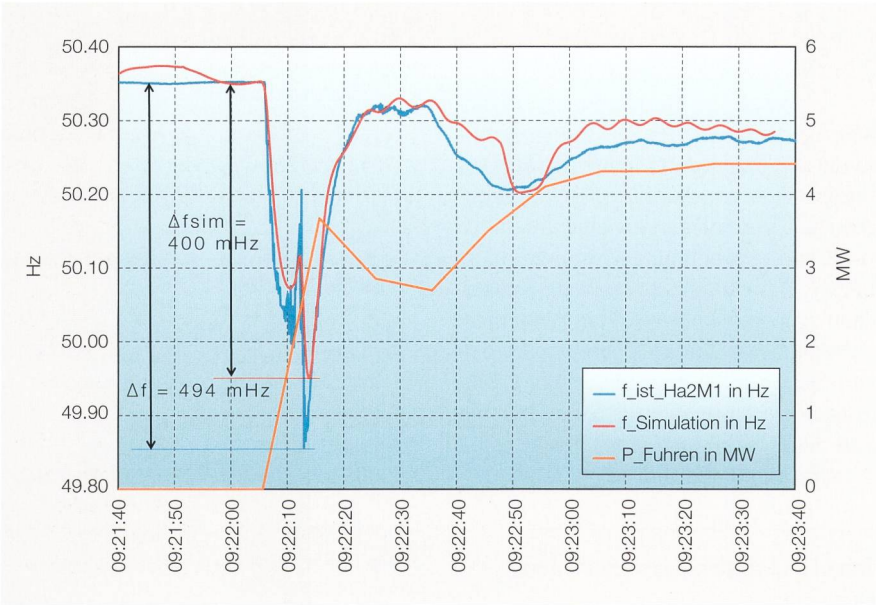


Bild 3 Zuschaltung der Pumpe Fuhren.

KWO

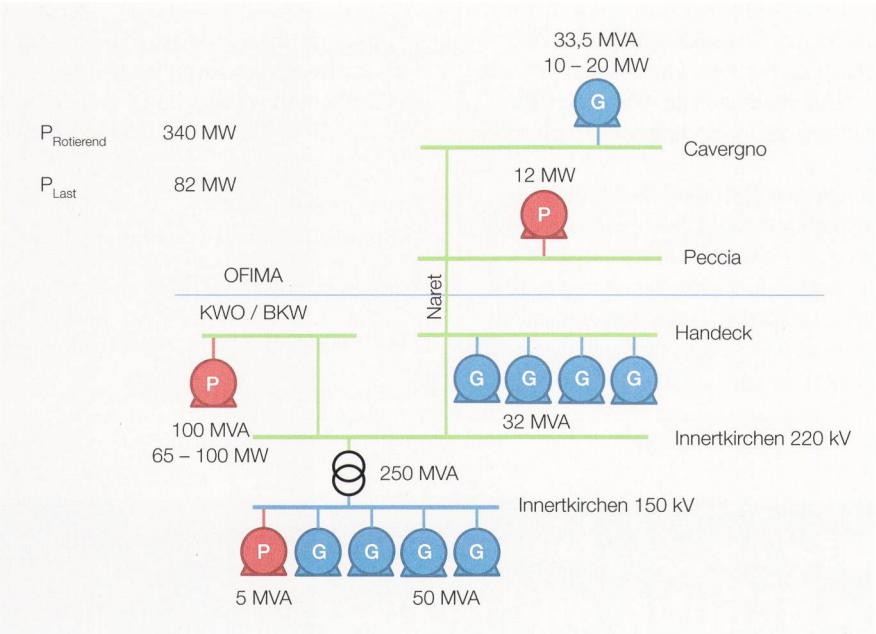


Bild 4 Kraftwerkpark und Lasten der Insel.

können **Bild 3** entnommen werden. Die Gesamtinsel bestand aus rund 340 MW Erzeugung (synchronisierte Nennleistung), 82 MW Last und 90 km 220-kV-Leitungen.

Versuchsdurchführung

Der Aufbau des Inselnetzes begann mit dem Schwarzstart einer Hausmaschine in der Zentrale Handeck 2. Diese hat zunächst den Eigenbedarf der Kraftwerkzentrale sichergestellt und somit das Hochfahren weiterer Turbinen ermöglicht. Die erste Lastzuschaltung – die Pumpe Fuhren – erfolgte nach der Synchronisation je eines Generators in Handeck und in Innertkirchen. Somit standen auf Erzeugungsseite etwa 80 MVA einer Pumpenleistung von 4,5 MW gegenüber **(Bild 4)**. Um eine Schutzauslösung der Pumpe bei 49,5 Hz zu vermeiden, wurde die Frequenz im Inselnetz vor dem Zuschalten auf 50,35 Hz angehoben, wie dies in der Simulationsberechnung vorbereitet wurde.

Bild 4 zeigt auch, wie infolge der verfügbaren Zuschaltcharakteristik der Pumpe der entsprechende Frequenzverlauf in der Simulationsberechnung relativ genau prognostiziert werden konnte.

Anschliessend wurden zwei weitere Generatoren zugeschaltet, die Verbindung zur Wiederaufbauzelle Süd im Tessin aufgebaut und dort eine weitere Pumpe und ein weiterer Generator zugeschaltet. Nach Stabilisierung dieses Inselnetzes wurden weitere Generatoren in der Aufbauzelle Mitte dazugeschaltet. Schliesslich wurde die Hauptlast – die neue Vollumrichter-gesteuerte Pumpe von 100 MW im Kraftwerk Grimsel 2 mit einer minimalen Last von 65 MW zugeschaltet **(Bild 5)**.

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Swissgrid

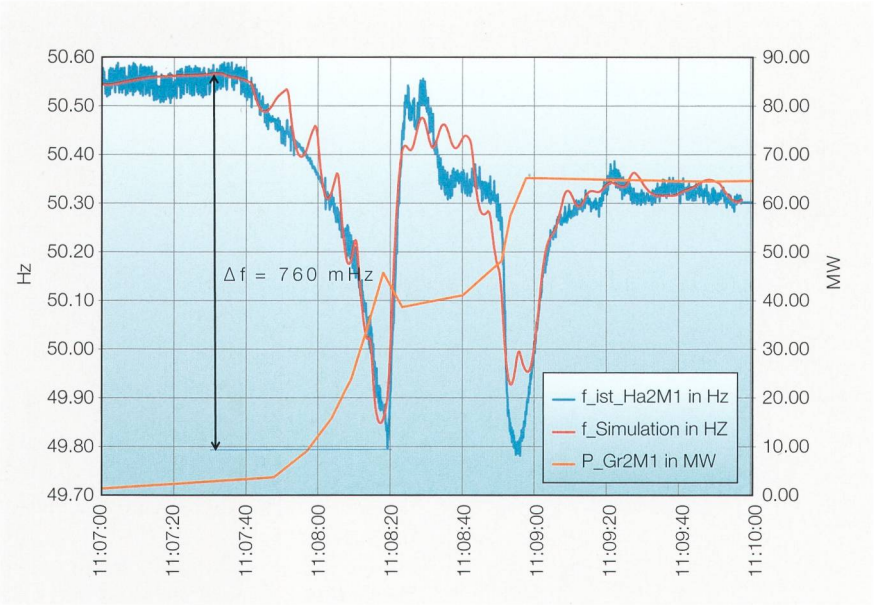


Bild 5 Zuschaltung der 100-MW-Vollumrichterpumpe im Pumpspeicherkraftwerk Grimsel 2.

Die Insel wurde am Ende des erfolgreichen Versuchs in der Tessiner Schaltanlage Cavergno wieder mit dem Verbundnetz synchronisiert.

Zusammenfassung und Ausblick

Der hier beschriebene erfolgreiche Versuch steht beispielhaft für eine ganze Reihe von ähnlichen Versuchen, die schweizerische Kraftwerkbetreiber zusammen mit dem Netzbetreiber Swissgrid durchgeführt haben. Alle diese Versuche bauen gewissermassen aufeinander auf sowie auf den Erfahrungen und Modellen, die in ähnlichen Teilversuchen erarbeitet wurden.

Eine gut vorbereitete Koordination ist in extremen Netzsituationen mit zahlreichen geografisch verteilten Akteuren zwingend notwendig. Dabei spielen zuverlässige Telekommunikationsverbindungen für Messwerte, Steuerbefehle und die Telefonie zwischen den Leitstellen eine Schlüsselrolle.

Die entsprechenden Zuständigkeiten müssen vorab klar definiert sein. Regelmässige gemeinsame Trainingsübungen am Simulator als auch im realen Versuch schaffen Vertrauen und decken allfällige Schwachstellen auf.

In der nächsten Zeit werden weitere Versuche mit Wiederaufbauzellen stattfinden. Ziel ist es, robuste Kernzellen für den Netzwiederaufbau vorzubereiten und allzeit verfügbar zu haben.

Die Erfahrung der letzten Grossstörungen weltweit hat gezeigt, dass die Auswirkungen eines Versorgungsunterbruchs umso gravierender sind, je grössere Gebiete er umfasst und je länger er dauert.

Résumé

Essais de réseau en îlotage dans le réseau de transmission

Vérification de la disponibilité en cas d'urgence

Une des tâches essentielles de chaque exploitant de réseau de transmission est la coordination du rétablissement du réseau suite à une perturbation majeure ou une défaillance du réseau afin de revenir le plus rapidement possible à l'état de service normal, respectivement à l'approvisionnement intégral. Ce travail de coordination peut être simulé par le biais de différents scénarios permettant d'obtenir des informations précieuses pour le rétablissement du réseau. Cet article décrit un essai réussi, en tant qu'exemple parmi un certain nombre d'autres essais similaires que les exploitants de centrales suisses ont réalisés en collaboration avec le gestionnaire de réseau Swissgrid.

Lors de situations extrêmes dans le réseau, une coordination bien préparée avec de nombreux acteurs géographiquement dispersés se révèle indispensable. Dans ce contexte, des lignes de télécommunication fiables jouent un rôle clé pour les valeurs de mesure, les instructions de commande et la téléphonie entre les centres de commande. Les responsabilités correspondantes doivent être clairement définies au préalable. Des exercices communs réalisés à des intervalles réguliers sur simulateur, mais aussi lors d'essais réels, permettent de renforcer la confiance et de détecter les éventuels points faibles. No

Referenzen

[1] H.P. Asal, R. Widmer, H. Weber, E. Welfonder, W. Sattinger, Simulation des Netzwiederaufbaus nach Grossstörungen im schweizerischen Hochspannungsnetz, Bulletin SEV/VSE, Heft 22, November 1992.

[2] H. Weber, D. Zimmermann, Inselnetzversuche im Kraftwerk Bärenburg, SEV/VSE, Heft 2, 1996.

[3] K. Imhof, D. Zimmermann, H. Weber, Funktioniert der Netzwiederaufbau nach einem Black-Out?, Bulletin SEV/VSE, 4/2001.

[4] H. Weber, R. Leskien, W. Sattinger, Anwendung dynamischer Netzmodelle in der Netzplanung und -betrieb, Bulletin SEV/AES, 19/2007.

[5] T. Demiray, Ph. Kertscher, A. Münger, T. Arnold, H. Weber, M. Höckel, W. Sattinger, G. Andersson, Identification and Reduction of Hydro Power Plant Models based on On-Site Measurements, PSCC 2011, Stockholm August 2011.

Autoren

Luca Bianchetti, dipl. Ing. ETS, ist Leiter der Abteilung Elektrotechnik bei den Maggia-Kraftwerken.
Maggia Kraftwerke AG, 6604 Locarno, lbianchetti@ofima.ch

Flavio Donati, techn. Ing. ST, leitet das Steuerzentrum der Maggia-Kraftwerke.
fdonati@ofima.ch

Nicola Ferretti, dipl. Ing. ETH, ist Bereichsleiter Betrieb bei den Maggia-Kraftwerken.
nferretti@ofima.ch

Roland Notter, dipl.-Ing FH, ist Fachexperte innerhalb des Asset Design Teams bei Swissgrid AG.
Swissgrid AG, 5080 Laufenburg
roland.notter@swissgrid.ch

Dr.-Ing. **Walter Sattinger** ist Fachexperte innerhalb des Grid Management Teams bei Swissgrid AG.
walter.sattinger@swissgrid.ch

Hans Jakob Walther leitet die Betriebsführung bei KWO.
Kraftwerke Oberhasli AG, 3862 Innertkirchen
hansjakob.walther@kwo.ch

René Wiegenbröker ist Fachstellenleiter im Betriebszentrum/Statistik.
Kraftwerke Oberhasli AG, 3862 Innertkirchen
rene.wiegenbroeker@kwo.ch

Anzeige

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter
www.bulletin-online.ch