

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: 84 (1993)

Heft: 7

Artikel: Energiespeicher in der elektrischen Energieversorgung : der supraleitende magnetische Energiespeicher als Kurzzeitspeicher

Autor: Handschin, Edmund

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Kleine und mittlere elektrische Energiespeicher bis zu einigen 100 kWh können als neue Betriebsmittel in der elektrischen Energieversorgung angesehen werden. Die Supraleitung erlaubt eine kompakte Bauweise solcher Speicher. Da die elektrische Energie in einer Spule gespeichert wird, können kurze Ein- und Ausspeicherungszeiten realisiert werden. Insbesondere werden Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Sekundenreserve, der Primärregelung sowie im Zusammenhang mit der Systemstabilisierung beschrieben.

Energiespeicher in der elektrischen Energieversorgung

Der supraleitende magnetische Energiespeicher als Kurzzeitspeicher

■ Edmund Handschin

Wie alle technischen Systeme ist auch die elektrische Energieversorgung sich ändernden Randbedingungen unterworfen. Im vorliegenden Aufsatz wird die Frage untersucht, welche Aufgaben die supraleitende magnetische Energiespeicherung dabei übernehmen kann. Um diese zu beantworten, müssen die folgenden Entwicklungsrichtungen in der Energieversorgung berücksichtigt werden.

Auf der Erzeugerseite werden die Blockgrößen im Verhältnis zur Gesamtlast des Netzes aus Gründen der Wirtschaftlichkeit immer grösser. Kommen dabei noch steigende Entfernungen zwischen Erzeugung und Verbrauch dazu, können Stabilitätsprobleme auftreten, die zu Leistungspendelungen auf den Übertragungsleitungen führen. Aktuell stellt sich diese Frage zum Beispiel auch im Zusammenhang mit der Erweiterung des europäischen Verbundnetzes in Richtung ost-europäische Länder.

Eng damit verbunden ist die Bereitstellung der Sekundenreserve, damit die Frequenz unmittelbar nach einer Störung nicht zu stark absinkt. Durch die Festlegung einheitlicher Reserve-Anforderungen entsteht die Notwendigkeit, dass sich alle Verbundpartner gleichermaßen an die Einhaltung entsprechender Empfehlungen halten.

Einen dritten Aspekt stellt die Nutzung regenerativer, verteilter Energieerzeugungsanlagen dar. Zwar spielen diese in leistungsstarken Verbundnetzen bezüglich der Speicherung keine Rolle. In kleineren Netzen oder am Rande von Verbundnetzen ist jedoch zu beachten, dass das Leistungsangebot von

Sonne und Wind weder zeitlich noch leistungsmässig mit den Anforderungen der Verbraucher übereinstimmt. Für die Koordination zwischen Erzeugung und Verbrauch muss hier auf die Speichertechnik zurückgegriffen werden.

Aber auch auf der Verbraucherseite sind Entwicklungen im Gang; sie sind dadurch gekennzeichnet, dass die Abhängigkeit von der elektrischen Energieversorgung qualitativ stark angestiegen ist. Hochsensible Technologien, informationstechnische Anlagen und die Prozesstechnik stellen heute an die Qualität der Energieversorgung Anforderungen, die in der Vergangenheit nicht vorlagen. Dazu kommt eine wachsende Anzahl von Verbrauchern mit stark schwankendem Lastverhalten und entsprechenden Rückwirkungen auf das Energieversorgungssystem. Beispiele sind Lichtbogenöfen, Walzwerke und die Bahnstromversorgung.

Speicher in der elektrischen Energieversorgung

Ein elektrisches Energieversorgungssystem kann, wie in Bild 1 schematisch darge-

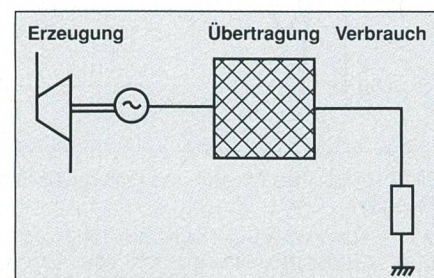


Bild 1 Struktur elektrischer Energieversorgungssysteme

Dieser Aufsatz ist eine leicht redigierte Fassung des Vortrages, gehalten an der ETG-Tagung vom 1. Dezember 1992 in Bern, welche dem Thema «Die Supraleitung in der elektrischen Energietechnik» gewidmet war.

Adresse des Autors

Prof. Dr.-Ing. Edmund Handschin, Universität Dortmund, Lehrstuhl für elektrische Energieversorgung, D-4600 Dortmund 50.

stellt, in die Bereiche Erzeugung, Übertragung und Verbrauch aufgliedert werden. Innerhalb der einzelnen Bereiche eines elektrischen Energieversorgungssystems gibt es dabei zahlreiche Speicher, die alle dazu beitragen, das stets einzuhaltende Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch aufrecht zu erhalten. Dabei sind zwei Kennzeichen wichtig: die Grösse des Speichers

und die zeitliche Verfügbarkeit der gespeicherten Energie. Die in den elektrischen Betriebsmitteln gespeicherte Energie ist sehr klein:

Freileitung		
380 kV, 100 km Länge:	0,03 kWh	
Kabel		
380 kV, 10 km Länge:	0,07 kWh	

Transformator		
380 kV, 600 MVA:	0,00015 kWh	

Wesentlich grösser ist jedoch die in den rotierenden Massen gespeicherte Energie:

Turbo-Generator-Satz		
1500 MW, 1500 U/min:	2000 kWh	
Wasserkraftanlage		
250 MW, 600 U/min:	300 kWh	
Asynchronmotor		
1MW, 3000 U/min:	8 kWh	

Diese gespeicherte Energie wird immer dann freigesetzt, wenn die Frequenz aufgrund einer Störung abnimmt. Bild 2 zeigt den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen einem Lastsprung und dem Frequenzverhalten innerhalb der ersten 30 Sekunden nach einer Störung. Dabei zeigt sich jedoch, dass der Zugriff auf die kinetische Energie der rotierenden Massen durch die Auslegung der Primär-Regelung begrenzt werden muss, da die Netzfrequenz nicht unter 47 Hz absinken darf.

Um dieses zu erreichen, sind in der Vergangenheit zahlreiche kraftwerks- und netzseitige Massnahmen [1, 2] vorgeschlagen und zum Teil realisiert worden. Dabei wurden zusätzliche Speichermöglichkeiten in Form von Dampfspeichern, Batterien oder Schwungradspeichern nur in Sonderfällen ausgenutzt. Die in Pumpspeicher-Kraftwerken gespeicherte Energie spielt eine wichtige Rolle im Bereich der Sekundär-Regelung. Die Reaktionszeit auf Störungen liegt im Bereich ab 60 Sekunden. Der Vollständigkeit halber sind die Speichergrossen einiger Anlagen zu erwähnen:

Batteriespeicher im MS-Netz [3]	100 kWh
Batteriespeicher der Bewag [4]	14 MWh
Pumpspeicherwerk	5 GWh

Supraleitende magnetische Energiespeicher

Die direkte Speicherung elektrischer Energie im Magnetfeld der supraleitenden Spule eines supraleitenden magnetischen Energiespeichers (Smes) ist durch einen hohen Wirkungsgrad (>85%) sowie sehr kleine Zugriffszeiten im Bereich einer Sekunde gekennzeichnet.

Den grundsätzlichen Aufbau eines Smes zeigt Bild 3. Der Netzanschluss ist durch einen Transformator mit grossem Sekundärstrom gegeben. Der sich daran anschliessende Umformer arbeitet je nach Betriebsart als Gleichrichter oder als Wechselrichter. Entsprechend der am Umformer eingestellten Spannung wird sich die supraleitende Magnetspule auf- oder entladen. Durch die Verwendung von Gate-Turn-Off-Thyristoren zum Laden und Entladen des Smes ist eine

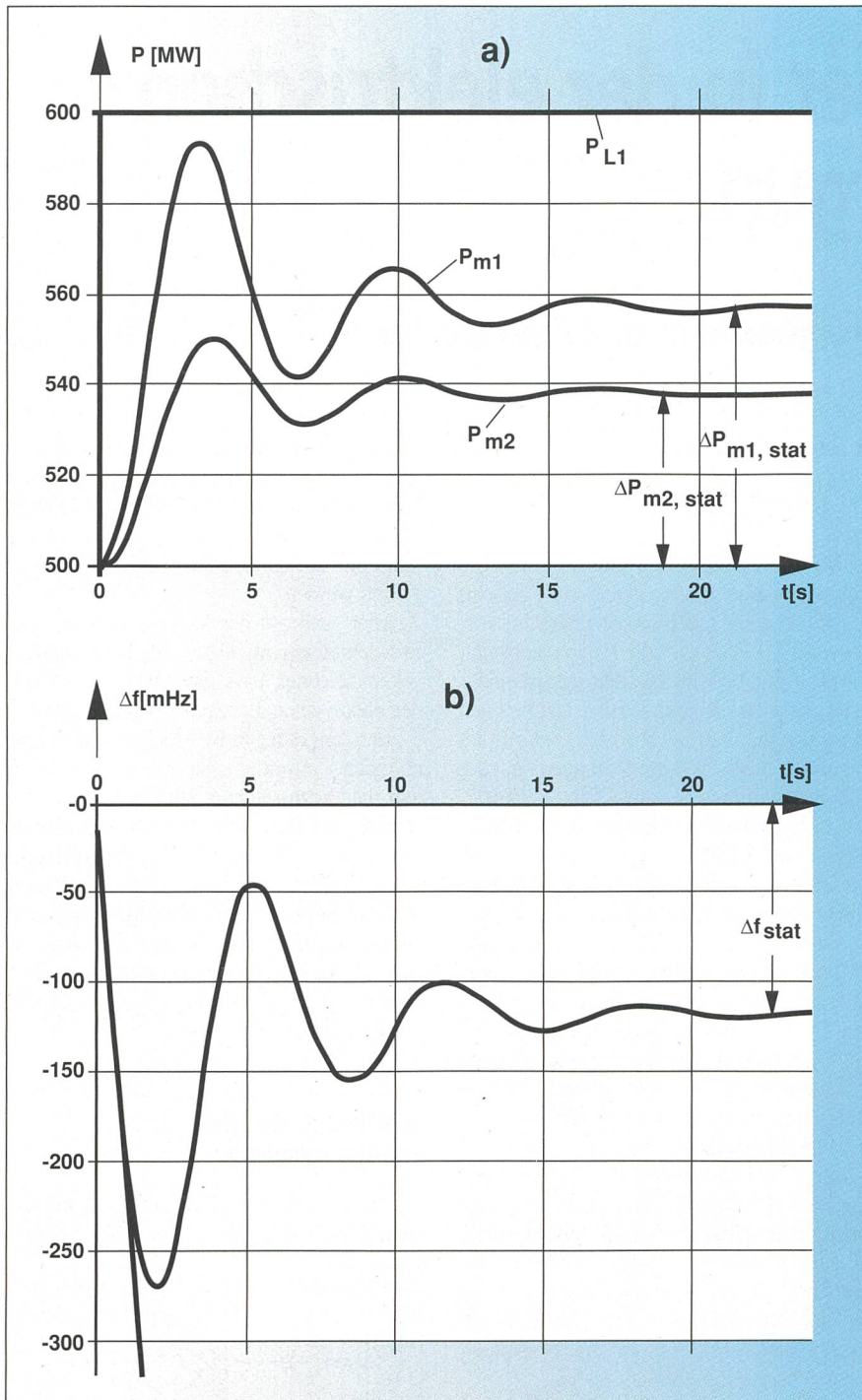


Bild 2 Dynamisches Frequenz- und Leistungsverhalten beim Lastsprung im Inselnetz ohne Sekundär-Regelung

- a Turbinenleistung P nach einem Lastsprung
- b Frequenzabweichung Δf nach einem Lastsprung
- P_{L1} Lastsprung (Ursache)
- P_{m1} Mechanische Kraftwerksleistung in Netzsystem 1
- P_{m2} Mechanische Kraftwerksleistung in Netzsystem 2

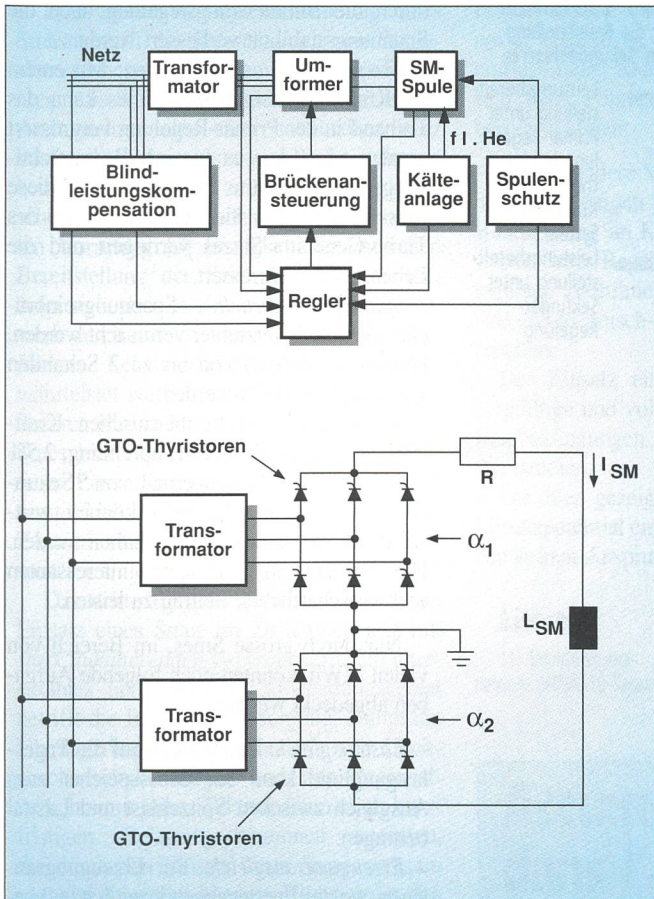


Bild 3 Blockschaltbild und Urichterschaltung eines Smes

- L_{SM} Supraleitende Spule
- α_1 Steuerwinkel für Ladung
- α_2 Steuerwinkel für Entladung

simultane, unabhängige Regelung von Wirk- und Blindleistung möglich. Die Einstellung der Zündwinkel der Thyristoren erfolgt über eine Brückensteuerung, die ihren Sollwert von einem Regler erhält. Eine Kälteanlage bewirkt die Abführung der im Smes entstehenden Wärme. Im Falle eines Quenchs – das ist der Übergang vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand – ermöglicht ein Spulenschutz die Entladung der Spule mit maximaler Geschwindigkeit.

Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen [5, 6], dass der Bau eines Smes im Bereich bis zu mehreren 100 kWh heute technisch möglich wäre. Für Planung, Konstruktion und Bau grosser Speicher im Bereich bis zu einigen GWh sind Studien durchgeführt worden [6]. Es ist jedoch festzuhalten, dass derartige, als Smes gebaute Grossspeicher frühestens in 30 bis 50 Jahren eine technisch wichtige Rolle spielen werden.

Entsprechend den im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Überlegungen sind elektrische Speicher dann von Interesse, wenn innerhalb von wenigen Sekunden elektrische Energie ein- und ausgespeichert werden kann. Da ein Smes diese Anforderung unabhängig von der Anzahl der Lade-/Entla-

dezyklen erfüllt, ergeben sich für kleinere Smes-Einheiten in der Grössenordnung von einigen 100 kWh gute Zukunftsperspektiven für ihren Einsatz zur Verbesserung der Netzqualität und -dynamik.

Einsatzmöglichkeiten des Smes aus betrieblicher Sicht

Der technische und wirtschaftliche Einsatz eines Smes in einem elektrischen Energieversorgungssystem hängt von vielen Einflussfaktoren und Randbedingungen ab. Die

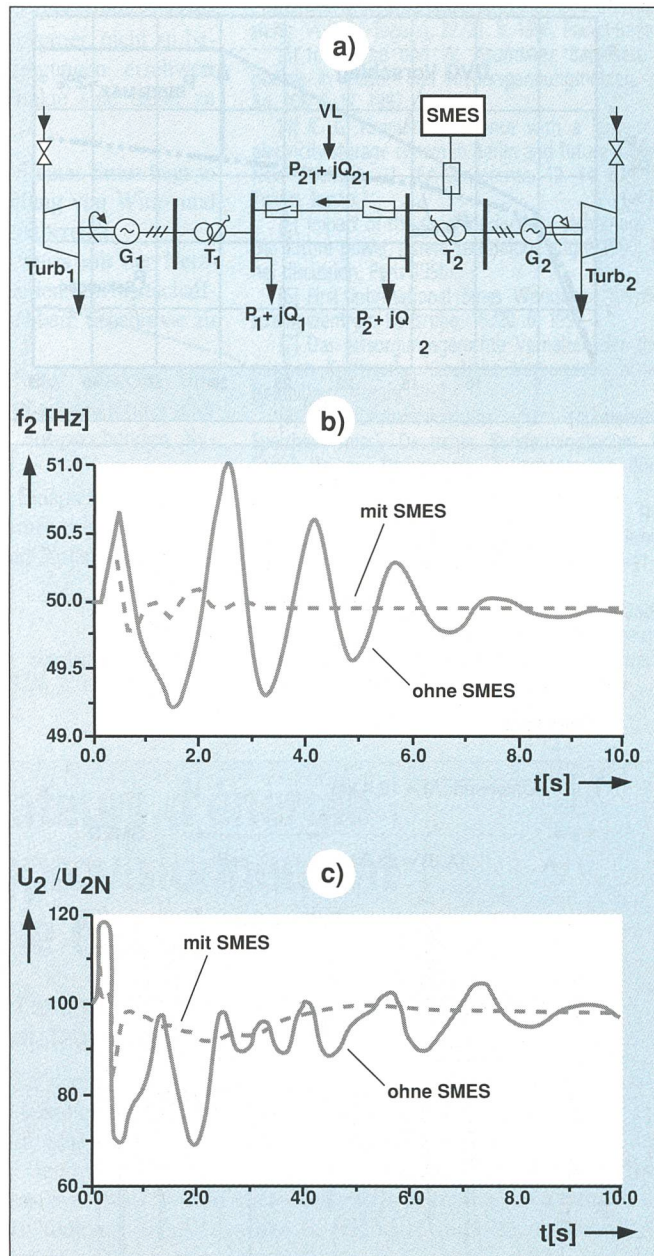


Bild 4 Kurzunterbrechung in einem Verbundsystem

Dynamisches Verhalten nach einer Kurzunterbrechung der Verbundleitung VL ($T_{KU} = 0,3$ s) in einem Zwei-Maschinen-System

- a Schema des Zwei-Maschinen-Systems
- b Frequenz des Generators 2
- c Klemmenspannung des Generators 2

folgende Übersicht zeigt das breite mögliche Anwendungsfeld, wobei in jedem Einzelfall geprüft werden muss, welche Alternativen zur Lösung des Problems zur Verfügung stehen und eingesetzt werden können:

- *Stark schwankende Lasten*: Aufgrund der raschen Ein- und Ausspeicherung elektrischer Energie ist es möglich, die Rückwirkungen auf die Versorgungsqualität bezüglich Frequenz und Spannung trotz fluktuierender Lasten gering zu halten.
- *Stabilitätsverbesserung*: In Netzen mit langen Leitungen können Leistungspendungen wirksam gedämpft und gleichzeitig

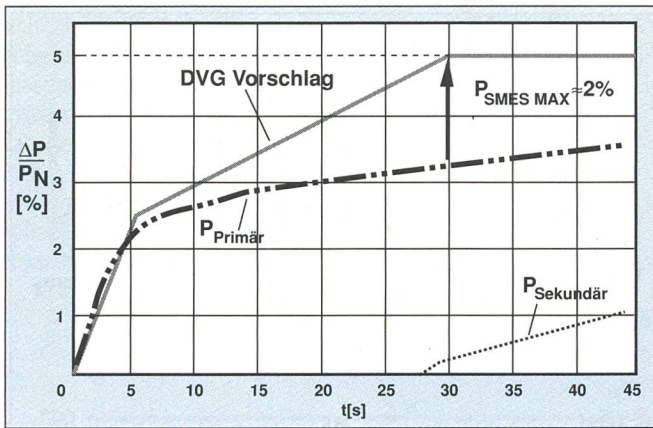


Bild 5 DVG-Richtlinie für die Bereitstellung von Sekundenreserve

$P_{\text{Primär}}$ Leistungsbereitstellung unter Primär-Regelung in einem thermischen Kraftwerks-System
 $P_{\text{Sekundär}}$ Leistungsbereitstellung unter Sekundär-Regelung

durch die Blindleistungsregelung auch die Spannungsstabilität verbessert werden.

– *Frequenz-Leistungs-Regelung:* Mit einem im Kraftwerk aufgebauten Smes kann das Totband in der Primär-Regelung vergrößert werden, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Regelgüte kommt. Durch diese Massnahme wird die Beanspruchung des Turbo-Generator-Satzes verringert und die Lebensdauer vergrößert.

– *Spannungseinbruch:* Spannungseinbrüche, die durch Netzfehler verursacht werden, können im Bereich von bis zu 2 Sekunden wirksam überbrückt werden.

– *Sekundenreserve:* In thermischen Kraftwerken kann die Reserve-Empfehlung, 2,5% der momentanen Last innerhalb von 5 Sekunden zur Verfügung stellen zu können, wirtschaftlich nur schwierig eingehalten werden. Hier vermag ein Smes einen interessanten und wirtschaftlichen Beitrag zu leisten.

Nur durch grosse Smes, im Bereich von vielen MWh, könnten noch folgende Aufgaben abgedeckt werden:

– *Lastausgleich:* Im Hinblick auf die Tageslastganglinie kann ein Grossspeicher zum Ausgleich zwischen Spitzenlast und Lasttal beitragen.

– *Erzeugungsausgleich:* Bei Erzeugungsanlagen, wo das Energieangebot zeitlich und betragsmässig nicht mit der Nachfrage übereinstimmt, kann durch Speicherung die notwendige Koordination vorgenommen werden.

Anhand von drei Beispielen wird nun die Bedeutung von Smes im Bereich von einigen 100 kWh illustriert. Als erstes Beispiel zeigt Bild 4 das Modell eines Verbundsystems, das aus zwei Partnern (Systeme 1 und 2) besteht. Im System 2 ist ein Smes vorhanden. Durch eine Störung auf der Verbundleitung kommt es zu einer *Kurzunterbrechung der Verbundleitung* von 300 ms Dauer. Anschliessend wird die Verbundleitung wieder zugeschaltet. Für die in Bild 4 gezeigten Ergebnisse wird von einem Smes mit einer Speichergrosse von 100 kWh und einer Konverterleistung von 300 MW ausgegangen. Die Entladezeit wird mit 5 s angesetzt. Für die Dauer der Kurzunterbrechung steigen die Frequenz und die Klemmenspannung im System 2 stark an, so dass es nach dem Wiedereinschalten zu ausgeprägten Frequenz- und Spannungspendelungen kommt. Diese verursachen ihrerseits starke Leistungspendelungen auf der Verbundleitung, die zum dauernden Abschalten der Verbundleitung führen können. Dank der unabhängigen Regelung von Wirk- und Blindleistung im Smes kann innerhalb der ersten 5 Sekunden nach dem Wiedereinschalten der Verbundleitung sowohl die Frequenz wie auch die Spannung rasch und wirksam gedämpft werden, so dass Folgestörungen verhindert werden.

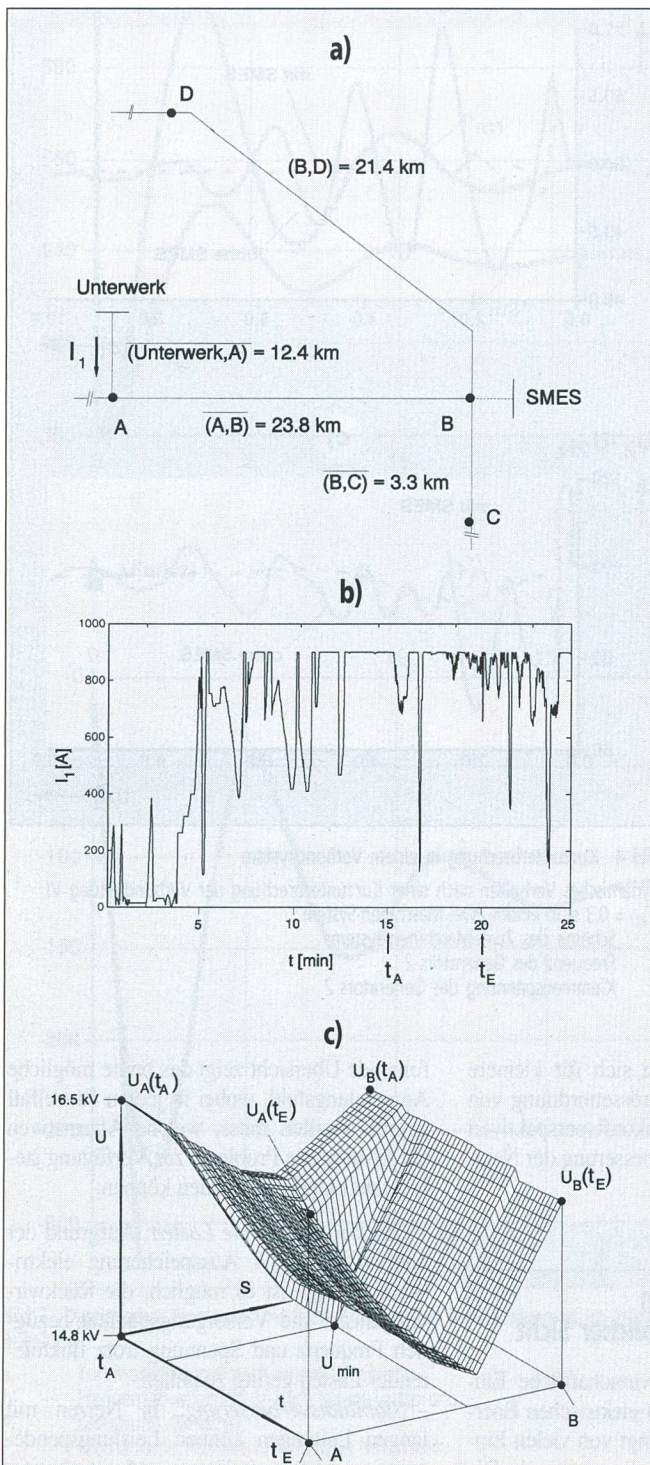


Bild 6 Smes in einem Versorgungsabschnitt eines Bahnnetzes

- a Netztopologie des betrachteten 15-kV-Netzes
- b Verlauf des Einspeisestromes I_1 in Punkt A
- c Spannungsverlauf zwischen A und B, zwischen $t_A = 15$ min und $t_E = 20$ min, mit einem Minimum U_{min} (17 min, 13,3 km) von 14,8 kV

Eine zweite wichtige Anwendung eines Smes betrifft die *Bereitstellung von Sekundenreserve* in thermischen Kraftwerks-Systemen. Aus Sicht der Wirtschaftlichkeit ist die Androsselung eine zwar notwendige, aber kostspielige Massnahme, um Reserveleistung bereitzustellen. Bild 5 zeigt den von der Deutschen Verbundgesellschaft (DVG) gemachten Vorschlag [7] bezüglich der zeitlichen Bereitstellung der Sekundenreserve. Dabei zeigt sich, dass in einem thermischen Kraftwerk durch eine 5%-Androsselung die empfohlene Leistungsbereitstellung nicht gewährleistet werden kann. Als Alternative zu anderen Massnahmen stellt der Einsatz eines Smes hier eine interessante, intensiv diskutierte Lösungsmöglichkeit dar [8]. Das gesamte Einsatzpotential des Smes in diesem Zusammenhang ist jedoch noch Gegenstand weiterer Untersuchungen [9].

Das dritte Beispiel bezieht sich auf den Einsatz eines Smes im Zusammenhang mit *stark fluktuierenden Verbrauchern*. Ein interessantes und wichtiges Anwendungsgebiet betrifft die Bahnstromversorgung. Durch die Überlagerung des Strombedarfs von Hochgeschwindigkeitszügen und des Regionalverkehrs mit hoher Taktrate kann es zu kurzfristigen Belastungssituationen kommen, die durch den Einsatz eines Smes wirksam verbessert werden können. Bild 6 zeigt den Einsatz eines Smes mit einer Kapazität von 100 kWh und einer Konverterleistung von 10 MW in einem Versorgungsabschnitt in der 15-kV-Ebene eines Bahnstromnetzes [10]. Die Analyse des Smes-Einsatzes zeigt, dass vorhandene Betriebsmittel damit besser ausgelastet werden und eine zuverlässige Versorgung der Verbraucher in diesem Bahnabschnitt gesichert wird. Dank der gleichzeitigen Regelung von Wirk- und Blindleistung wird nicht nur die hohe Strombelastung der Versorgungsleitung reduziert, sondern gleichzeitig die resultierenden Spannungsschwankungen geglättet und so ein reibungsloser Betriebsablauf gewährleistet.

Zusammenfassung

Zur Abklärung der Bedeutung eines Smes in der Grössenordnung von mehreren 100 kWh für die elektrische Energieversorgung sind noch umfassende und zahlreiche Systemstudien notwendig, um den technischen und wirtschaftlichen Nutzen abschliessend beurteilen zu können. Derartige Untersuchungen sind wichtig, da es nicht nur um den Bau eines Smes-Prototypen als elektrisches Betriebsmittel geht, sondern auch um die Auswirkungen bei Planung und Betrieb elektrischer Systeme. Die Frage der Wirtschaftlichkeit ist dabei zwar wichtig und zentral, aber gleichzeitig ist auch abzuklären, ob mit einem Smes nicht auch technische Aufgaben neu gelöst werden können, bei denen der

Einsatz bisheriger, konventioneller Verfahren in Zukunft wegen externer, nicht zu beeinflussender Randbedingungen erschwert sein wird. Folgende Punkte sind dabei zu berücksichtigen:

- Der besondere Vorteil eines Smes liegt in der gleichzeitigen Regelung von Wirk- und Blindleistung im Kurzzeitbereich.
- Die Smes-Regelung muss mit der Netzregelung koordiniert werden, um wirtschaftlich und technisch brauchbare Ergebnisse zu erhalten.
- Der Einsatz eines Smes erfordert eine sorgfältige und vollständige Abklärung aller Randbedingungen mit entsprechenden Systemstudien.
- Die hier gezeigten Beispiele sollen das Einsatzpotential eines Smes zeigen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Literatur

[1] Wirkleistungs- und Blindleistungs-Sekundenreserve. VDI/VDE-Tagung, 19./20. 2. 1986, München.

[2] Koordinierte Aktivierung von Wirk- und Blindleistung. VDI/VDE-Tagung, 22./23. 5. 1990, Baden-Baden.

[3] H. Freund und W. Kaufmann: Batteriestützpunkte in Mittel- und Niederspannungsnetzen. etz Bd. 108, S. 17, 1987.

[4] K. G. Kramer: Experience with a large-scale electricity storage system in Berlin and future aspects. New Electricity 21, IEA-Conference, 12.-14. 5. 1992, Tokyo, Japan.

[5] Impact of the superconductivity technology on the future power system technology. Cigré 1990, Panel discussion, Paris 1990.

[6] First International Smes Workshop. Kernforschungszentrum Karlsruhe, 19./20. 6. 1992.

[7] Das versorgungsgerechte Verhalten der thermischen Kraftwerke. Deutsche Verbundgesellschaft, Heidelberg, August 1982.

[8] Durchführbarkeitsstudie für supraleitende Speicher (Smes). Deutsches Bundesministerium für Forschung und Technologie, 3. Fachgespräch, Bonn, 25. 11. 1991.

[9] E. Handschin and Th. Stephanblome: New Smes Control Strategies as a Link between Power Plant and Network Control. Ifac-Symposium, 9.-11. 3. 1992 in München.

[10] E. Handschin, C. Damschen und J.P. Pfander: Einsatz supraleitender magnetischer Energiespeicher zum Lastausgleich in Bahnstromnetzen. Eingereicht zur Veröffentlichung in eb Elektrische Bahnen.

Accumulateurs d'énergie dans l'alimentation en énergie électrique

L'accumulateur d'énergie à bobine magnétique supraconductrice servant d'accumulateur temporaire

Dans les systèmes d'alimentation en énergie (fig. 1), de nombreux accumulateurs contribuent à maintenir l'équilibre exigé en tout temps entre production et consommation. Deux critères sont importants: la capacité de l'accumulateur et la disponibilité dans le temps de l'énergie accumulée. L'énergie accumulée dans les moyens de production (p. ex. sous forme d'énergie cinétique des masses en rotation des turboalternateurs) est toujours libérée dès que la fréquence diminue du fait d'un dérangement, cela conduisant à un comportement selon la figure 2. La fréquence du réseau ne devant jamais tomber en dessous de 47 Hz, il faut prévoir des possibilités d'accumulation additionnelles. De tels dispositifs sous forme d'accumulateurs de vapeur, de batteries ou de volants entrent en ligne de compte à cet effet, mais n'ont été utilisés à ce jour que dans des cas spéciaux. Par contre, l'énergie accumulée dans les centrales électriques à accumulation par pompage, avec des temps de réaction dès 60 secondes, joue un rôle important.

De nouvelles possibilités sont données par l'accumulation d'énergie dans le champ magnétique de bobines supraconductrices. Les accumulateurs d'énergie à bobine magnétique supraconductrice (adbms) sont caractérisés par un rendement élevé (<85%) ainsi que par des temps d'accès très petits de l'ordre de quelques secondes. Un avantage supplémentaire des adbms est la possibilité de pouvoir régler simultanément la puissance active et la puissance réactive dans une courte durée. La figure 3 montre la structure fondamentale d'un adbms. L'article décrit une série d'applications possibles des adbms; trois exemples illustrent l'importance des adbms d'une capacité de l'ordre de grandeur de 100 kWh. Dans un premier exemple (fig. 4) on montre comment on peut, dans un système interconnecté, ponter une interruption courte de la ligne d'une durée de 300 ms. Une deuxième application importante des adbms concerne la mise à disposition d'une réserve d'une seconde dans les centrales thermiques (fig. 5). Le troisième exemple, finalement, montre les avantages de l'utilisation des adbms dans le contexte de consommateurs fortement variable, en particulier dans les réseaux de traction (fig. 6).

SINEC L2: Die beste Kontaktadresse für Feldgeräte und Steuerungen.

Schaltgeräte, Stellantriebe, Feldmultiplexer, Sensoren, Motoren, Ventile: Wenn Steuerungen Verbindungen untereinander, zu PC oder Feldgeräten suchen, ist SINEC® L2 eine erstklassige Adresse.

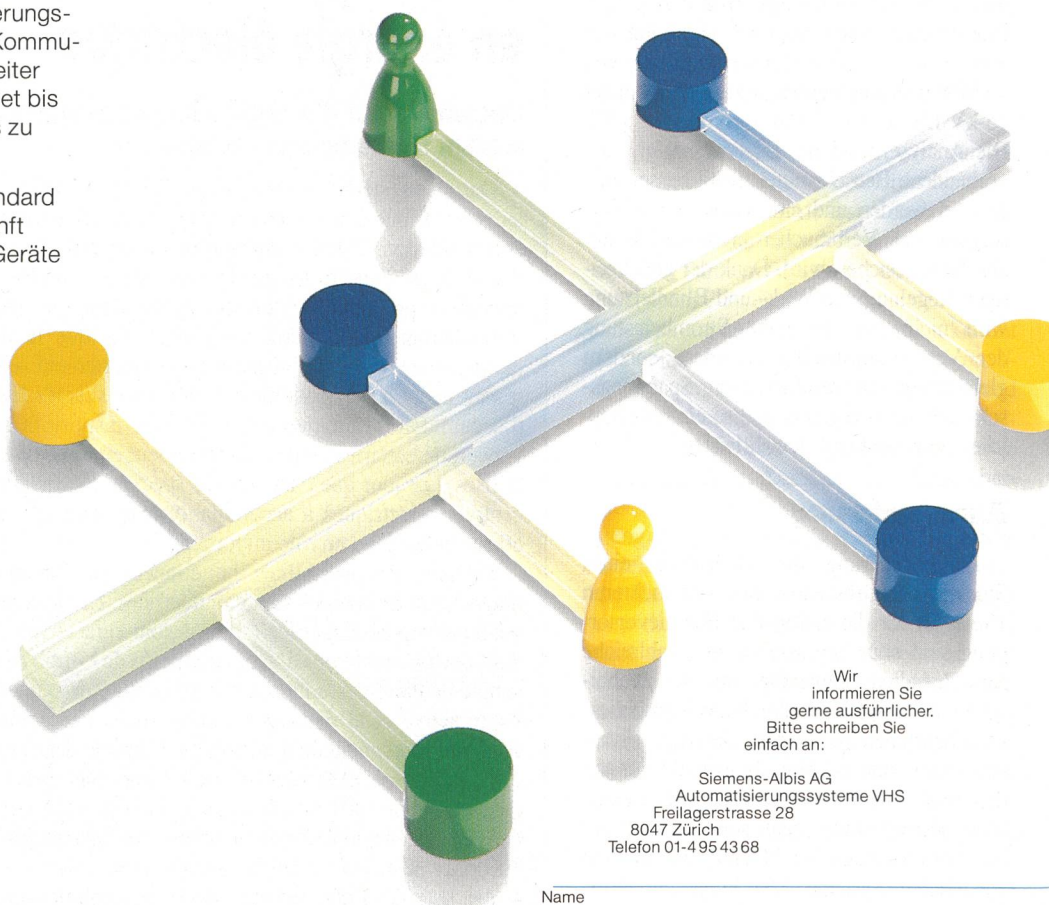
Damit ist auch auf der unteren und mittleren Automatisierungsebene für reibungslose Kommunikation gesorgt. Auf breiter Basis: SINEC L2 verbindet bis zu 127 Stationen und bis zu 24 km weit.

Weil der PROFIBUS-Standard erfüllt wird, ist die Herkunft der anzuschliessenden Geräte zweitrangig.

Genauso unproblematisch ist der Anschluss selbst – zum Lieferumfang gehören alle Komponenten für die Installation: LWL-Komponenten, Buskabel, Busterminals, Repeater, Kommunikationsanschlüsse. Viele Gründe also, die auf der Prozessebene für SINEC L2 sprechen.

Wenn Sie mehr über offene Netze für die industrielle Kommunikation wissen möchten, schicken Sie uns doch den Coupon zu.

SINEC von Siemens.
Offene Netze für die industrielle Kommunikation.



Wir informieren Sie gerne ausführlicher. Bitte schreiben Sie einfach an:

Siemens-Albis AG
Automatisierungssysteme VHS
Freilagerstrasse 28
8047 Zürich
Telefon 01-495 43 68

Name

Firma / Abteilung

Strasse

Ort



Progress
in Automation.
Siemens