Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 95 (2004)
Heft: 3

Artikel: Stromreserve im Eis
Autor: Linhofer, Gerhard / Umricht, Niklaus / McDowall, Jim
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857910

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: 02.07.2025

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

Stromreserve im Eis

Ein batteriegestütztes Energiespeichersystem für Alaska

Die letztjährigen Stromausfälle in Nordamerika, Skandinavien und Italien haben erneut bewiesen, wie wichtig eine adäquate Reserveversorgung oder Notstromquellen in Stromnetzen sind. Dies gilt umso mehr, wenn es um die Versorgung von klimatisch weniger freundlichen Gebieten geht wie beispielsweise die Railbelt-Region im amerikanischen Bundesstaat Alaska. Hier wurde ein batteriegestütztes Energiespeichersystem entworfen und installiert, das eine sichere und kostengünstige Stromversorgung in den nächsten zwanzig Jahren garantieren soll.

Die Winter in Alaska sind streng, und bei Temperaturen von minus 50 °C, wenn Wasserleitungen innerhalb weniger Stunden zufrieren können, haben Stromausfälle zum Teil sehr unangenehme Folgen. Eine zuverlässige Stromversorgung ist hier unentbehrlich.

Eine Möglichkeit, Stromausfälle zu verhindern, ist eine Notstromquelle, die solange Energie ins Netz einspeist, bis die Reserveversorgung wieder hergestellt

Gerhard Linhofer, Niklaus Umbricht, Jim McDowall, Tim DeVries

ist. Eine wirtschaftlich günstigere Alternative zu einer so genannten mitlaufenden Reserve (z.B. Gasturbinen, die für den Notfall am Laufen gehalten werden) ist eine batteriegestützte Stromversorgung. Im August letzten Jahres wurde in Fairbanks, Alaska, das bisher grösste batteriegestützte Energiespeichersystem der Welt in Betrieb genommen[1]. Das System, das von einem Konsortium unter der Federführung von ABB geliefert und installiert wurde, soll neben einer Stabilisierung des regionalen Netzes eine Reduzierung der Stromausfälle in der Region um 65% bewirken.

Das Elektrizitätswerk Golden Valley Electric Association (GVEA) ist eine Genossenschaft mit Sitz in Fairbanks, die 90 000 Einwohner auf einer Gesamtfläche von über 2200 Quadratmeilen (5600 Quadratkilometer oder mehr als dreimal so gross wie der Kanton Zürich) versorgt. Eine zuverlässige Stromversorgung ist für die Bevölkerung besonders wichtig, da viele Einwohner in entlegenen Gebieten leben, in denen die Temperaturen im Winter bis auf 50 °C unter null fallen können.

Herkömmliche Lösungen zur Reserveversorgung erfordern den Bau und die Instandhaltung von Übertragungs- und Erzeugungskapazitäten, die weit über den normalen Bedarf hinausgehen. Mit der Installation eines batteriegestützten Energiespeichersystems[2] (BESS) hat sich die GVEA für eine kostengünstige und wirtschaftliche Alternative entschieden.

15 wichtige Minuten

Das Herzstück des leistungsstärksten Batteriespeichersystems der Welt bilden ein Stromrichter von ABB und Nickel-Kadmium-Batterien (NiCd-Batterien) des Batterieherstellers Saft. Der Stromrichter hat die Aufgabe, den Gleichstrom der Batterien in Wechselstrom umzuwandeln, der dann über das Netz der GVEA übertragen werden kann. Die Batterien sind das Energiespeichermedium. Sie stellen 15 Minuten lang eine Leistung von 27 MW bereit – genügend Zeit für das Versorgungsunternehmen, um die Reserveversorgung ans Netz zu bringen. Für kurze Zeit ist das System in der Lage, eine Leistung von 46 MW zu liefern.

In der Grundkonfiguration umfasst das BESS insgesamt vier Batteriereihen, die jederzeit auf sechs Reihen erweitert werden können, um die Leistungsabgabe über 15 Minuten auf 40 MW zu erhöhen. Mit einer Gesamtkapazität von bis zu acht Reihen im Endausbau bietet die Anlage dem Kunden genügend Flexibilität, um höhere Leistungen oder eine längere Nutzungsdauer des Systems über die geplanten 20 Jahre hinaus zu realisieren.

Anforderungen

In ihrer Spezifikation forderte die GVEA eine schlüsselfertige Lösung, die während der nächsten 20 Jahre eine 15-minütige Einspeisung von 40 MW mit einem Auslauf von 4 MW/min nach Ablauf der 15 Minuten sicherstellt. Das System muss in der Lage sein, in allen vier Quadranten zu arbeiten, und eine durchgängige, stufenlose Regelung der Wirk- und Blindleistung über den gesamten Betriebsbereich ermöglichen. Darüber hinaus soll das BESS einen automatischen Betrieb erlauben, da die GVEA die Anlage unbemannt betreiben will.

Bild 1 Batteriemodul mit 10 Zellen beim Transport

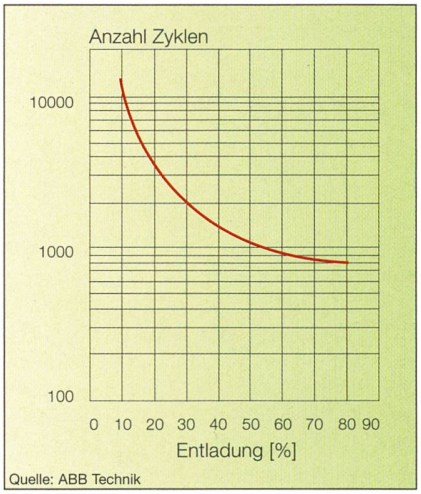


Bild 2 Zykluseigenschaften der BESS-Batterie
Anzahl der zulässigen Auf- und Entladezyklen gegenüber der Entladungstiefe

Die Betriebsarten des Speichersystems

Das BESS kann in den nachfolgend beschriebenen sieben verschiedenen Betriebsarten geführt werden.

- Mitlaufende Reserve: In dieser Betriebsart reagiert das BESS auf die Abschaltung entfernter Erzeugungskapazitäten im Stromnetz der Railbelt-Region in Alaska. Die Initiierung erfolgt bei einer Netzfrequenz von 59,8 Hz. Fällt die Frequenz weiter, hat das BESS bei 59,4 Hz seine volle Ausgangsleistung erreicht. Von allen Betriebsarten hat diese die höchste Priorität, d.h. alle anderen Betriebsarten werden unterbrochen, wenn «mitlaufende Reserve» initiiert wird.
- VAr-Unterstützung: In dieser Betriebsart stützt das BESS die Spannung im Versorgungssystem im stationären Betrieb und in Störungsfällen.
- Netzstabilisierung zur Dämpfung von Leistungspendelungen im Netz.
- Automatische Einsatzplanung zur sofortigen Unterstützung bei Schalterauslösungen in einer der Übertragungsleitungen oder einem lokalen Erzeuger. Das BESS verfügt über 30 voneinander unabhängige Eingänge, die über Fernwirksignale mit den Auslösestromkreisen der Leistungsschalter verbunden sind.
- Planmässige Lasterhöhung: Diese Betriebsart wird vom SCADA-Prozessleitsystem[3)] initiiert und beendet. Das BESS wird dabei in einen Spannungs- und Frequenzregulierungsmodus versetzt, in dem es auf das Zuschalten von grösseren Motorlasten reagieren kann.
- Automatische Frequenz-Leistungsregelung: In dieser Betriebsart kann das BESS durch AGC (Automatic Generation Control) ähnlich wie rotierende Maschinen betrieben werden.
- Laden: In dieser Betriebsart bestimmt der Lastverteiler, mit welcher Leistung und wann das BESS nach einer Entladung wieder aufgeladen wird.

Die Batterie

Die Batterie des BESS besteht aus 13 760 wiederaufladbaren Saft-SBH-920-Nickel-Kadmium-Hochleistungszellen, die in vier parallelen Reihen angeordnet sind und eine Nennspannung von 5000 V_{DC} und eine Speicherkapazität von 3680 Ah liefern. Jeweils zehn Zellen bilden ein Modul, das zusammen mit anderen in einem befahrbaren Einschubsystem auf Regalen montiert wird. Zwischen den Regalen befindet sich ein Gang, der zur Installation oder Wartung der Einheiten mit einem Gabelstapler befahren werden kann (Bild 1).

Die gesamte Batterie befindet sich in einer Halle von rund 120×26 Metern und wiegt etwa 1300 Tonnen. In ihrer Grundkonfiguration umfasst sie vier einzelne, parallel geschaltete Reihen, die auf acht erweitert werden können. Jede Reihe besteht aus 3440 in Serie geschalteten Zellen.

Die Batterie ist mit dünnen, besonders leistungsfähigen Taschenplatten ausgeführt. Diese Konstruktion ermöglicht eine Lebensdauer von 10–25 Jahren, ohne dass die positiven Eigenschaften der NiCd-Batterien verloren gehen. Der verwendete Zellentyp kann innerhalb von 20 Minuten 80% seiner Nennkapazität abgeben.

NiCd-Taschenplattenzellen erlauben wiederholte Tiefentladungen ohne grosse Auswirkungen auf die Lebensdauer der Batterie. Die Kurve in Bild 2 zeigt die Zykluseigenschaften der SBH-Batterie.

Die gewählte Auslegung der Batterie führt zu einer raumsparenden, kompakten Anordnung. So kann mehr Regaltiefe genutzt werden, und es wird weniger Platz für die Gänge zwischen den Regalen benötigt. Die Installation ist einfach, weil 90% der Verbindungen im Werk erfolgen und lediglich die Verbindungen zwischen

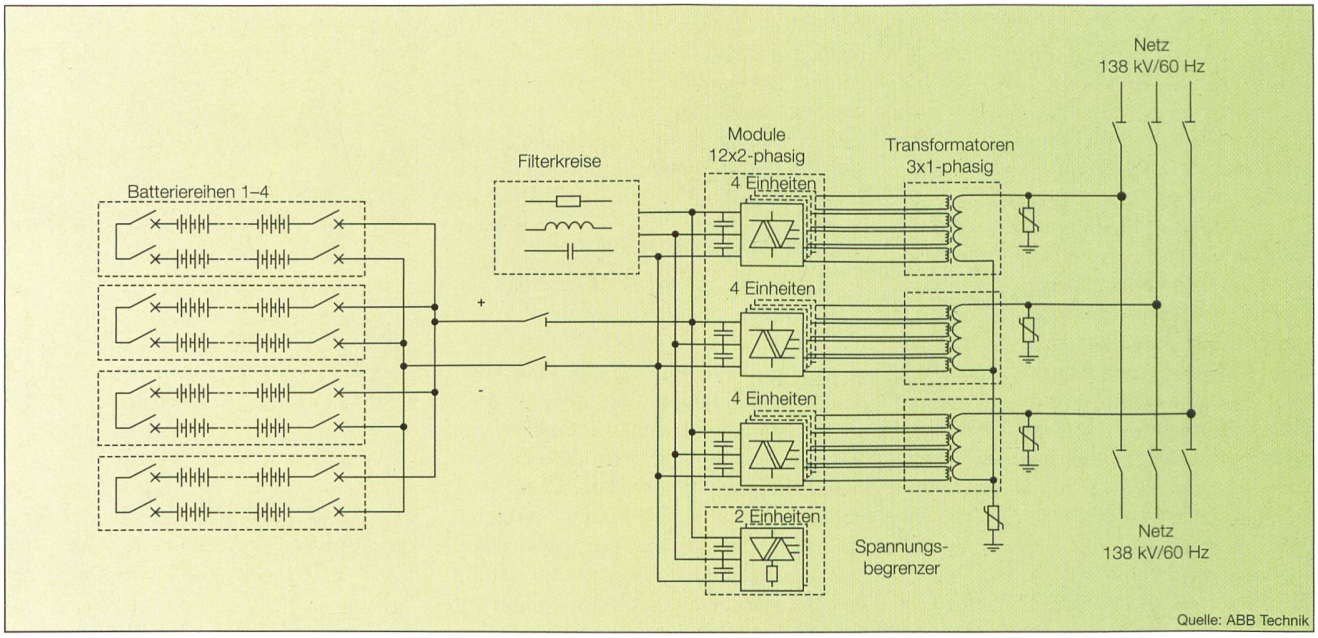


Bild 3 Prinzipschaltbild des elektrischen Systems

den Modulen vor Ort montiert werden müssen. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei Problemen mit einzelnen Zellen das betreffende Modul in weniger als 30 Minuten gegen ein anderes Modul ausgetauscht werden kann.

Da 99% der Verbindungen zwischen den Zellen als massive Kupferschienen ausgeführt sind, sind die elektrischen Verluste minimal. Dadurch können die Leistungsverluste durch flexible Kabelverbindungen minimiert werden.

Schliesslich ist die Batterie auch gegen Leckagen geschützt. Die Zellen sitzen auf einem Kunststoffgitter. Austretende Flüssigkeit kann so in den Boden des Moduls ablaufen. Die Bodenwanne kann die Elektrolytmenge aller zehn Zellen aufnehmen.

Ein Polyethylenmantel auf der Innenseite des Modulgehäuses (zwischen den Batteriezellen und der Metallwanne) sorgt für die notwendige Isolierung. Jedes Modul verfügt über ein eigenständiges Füllsystem mit einem einzigen Füllstutzen, über das alle zehn Zellen in einem einzigen Arbeitsgang aufgefüllt werden können, ohne dass das Modul aus dem Regal entnommen werden muss.

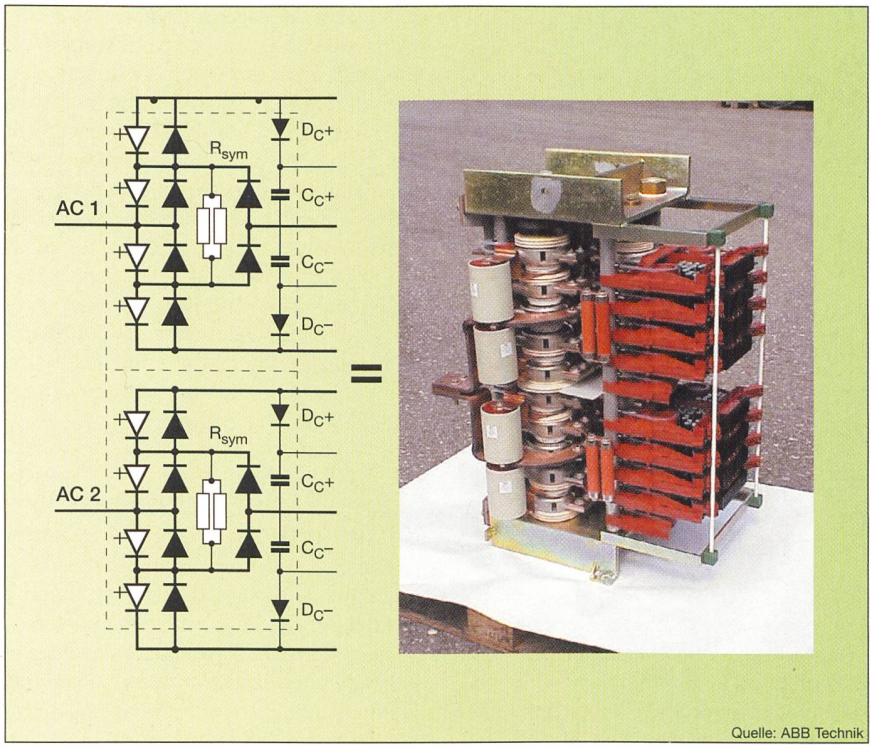


Bild 4 Eine wassergekühlte PEBB-Doppelbaugruppe in NPC-Ausführung bildet eine H-Brücke

Überwachungssystem

Das von der Firma Philadelphia Scientific Inc. bereitgestellte Batterieüberwachungssystem misst die Spannung in den Modulen, den Strom in der Batteriekette, den Elektrolytpegel in den Zellen (in jeweils einer Zelle pro Modul) und die Temperatur in den Zellen (ebenfalls in jeweils einer Zelle pro Modul).

Die Erfassung und Übertragung der Daten ist hierarchisch aufgebaut. Auf der untersten Ebene der Hierarchie steht die so genannte *Sentry Unit*, mit der jedes 10-zellige Modul bestückt ist. Die Aufgabe der Sentry Unit ist es, die Modulspannung, den Elektrolytpegel und die Temperatur in den Zellen zu messen. Sie liefert die von ihr gesammelten Daten an ein so genanntes *Sergeant Module*. Jede Batteriereihe besitzt ein eigenes Sergeant Module, das zusätzlich den Schwebe-Ladestrom der Reihe misst und diese Daten an den Überwachungs-Computer weiterleitet, der die Daten analysiert und anzeigt. Dieser Computer sorgt auch dafür, dass Zusammenfassungen der Daten an die Mensch-Maschine-Schnittstelle weitergegeben werden, und ist gleichzeitig das Hauptterminal, über das das BESS-Personal auf das Überwachungssystem zugreifen kann.

Optokoppler übertragen die Daten von den Sentry Units zum Datenbus, der gegen eine Spannung von mindestens 5000 V isoliert ist. Alle 30 Sekunden werden 5560 Messungen vorgenommen, das sind 5,8 Mrd. Messungen im Jahr. Diese Zahl kann bei Bedarf verdoppelt werden.

Das elektrische System

Zurzeit sind vier Batteriereihen in der Anlage installiert (Bild 3), wobei sämtliche Vorkehrungen für eine spätere Erweiterung auf bis zu acht Reihen bereits getroffen wurden. Jede Reihe (und Teile davon) kann mit Hilfe von Gleichstromschaltern einzeln abgeschaltet und vollständig vom übrigen System isoliert werden. Darüber hinaus kann die Batterie über zwei Trennschalter vom Gleichspannungs-Zwischenkreis des Stromrichters getrennt werden, wenn Instandhaltungsarbeiten an der Batterie erforderlich sind. Damit kann der Stromrichter in Betrieb bleiben und das Netz zwecks Spannungsregelung mit Blindleistung versorgen. Filterkreise im Gleichspannungs-Zwischenkreis minimieren die Gefahr von Resonanzen bei höheren Frequenzen, falls es durch nichtlineare Lasten im Netz zum Auftreten von Oberschwingungen kommen sollte. Der Spannungszwischenkreis-Umrichter bildet den Mittelpunkt des elektrischen Systems und besteht aus standardisierten leistungselektronischen Bausteinen, Power Electronic Building Blocks (so genannten PEBB). Eine PEBB-Doppelbaugruppe in NPC-Ausführung[4)] bildet eine einphasige H-Brücke (Bild 4). Für jede Phase sind vier solcher H-Brücken installiert, was insgesamt zwölf einzelne Brücken ergibt. Die Baugruppen werden mit entionisiertem Wasser in einem geschlossenen Kreislauf gekühlt.

Jede Brücke ist mit ihrer eigenen Transformatorwicklung verbunden. Die Spannungen der einzelnen Brücken werden in den Transformatoren durch Reihenschaltung der netzseitigen Teilwicklungen summiert. Das Ergebnis ist eine Spannungsform in ähnlicher Qualität wie bei rotierenden Maschinen. Spannungsbegrenzer verhindern, dass der Gleichspannungs-Zwischenkreis durch Überspannungen auf Grund plötzlicher Lastabschaltungen oder möglicher Störungen im Netz überladen wird.

Der Stromrichter und die Transformatoren sind so ausgelegt, dass sie auch bei einer zukünftigen Erweiterung der Batterie auf acht Reihen die spezifizierte Nennleistung liefern können.

Die Schaltelemente im Stromrichter sind IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristors), eine Weiterentwicklung des GTO-Thyristors (Gate Turn Off Thyristor). Im Vergleich zu anderen abschaltbaren Elementen bieten IGCT den Vorteil geringerer Durchlass- und Schaltverluste.

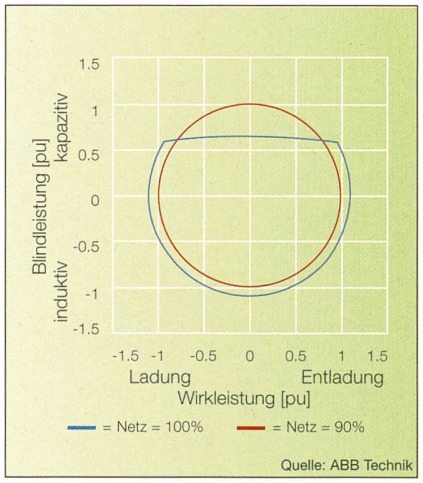


Bild 5 Betriebsbereich des BESS
P/Q-Diagramm, 1 pu entspricht 40 MVA

Darüber hinaus besitzen sie eine überlegene Abschaltcharakteristik, die eine Stromrichterausführung ohne Einzelbeschaltungen gestattet.

Solche Stromrichter weisen verschiedene Vorteile auf. So sind beispielsweise die Dreipunkt-Mittelspannungsmodule bewährte, äusserst zuverlässige Produkte mit niedrigen Ausfallraten. Zudem ermöglicht die Verwendung von Modulen mit Doppelbaugruppen kürzere Verbindungen zwischen den Leistungshalbleitern, wodurch die Streuinduktivitäten klein gehalten und der Platzbedarf für den gesamten Stromrichter reduziert werden. Auch durch die Integration von Mittelpunktsdioden und Kondensatoren in der Halbleiterbaugruppe wird die Streuinduktivität in der Mittelpunkt-Anbindung minimiert, sodass höhere Abschaltströme für die IGCT möglich werden. Da eine einzige Beschaltung für zwei Phasen verwendet werden kann, sind weniger sperrige und kostspielige Drosselspulen und Widerstände erforderlich.

Die Wartungsfreundlichkeit spielte bei der mechanischen Konstruktion eine wichtige Rolle. Sämtliche Leistungshalbleiter in der Baugruppe sind leicht zugänglich und können problemlos ausgetauscht werden.

Leistungs- und Blindleistungsvermögen

Das System ist für den Vierquadrantenbetrieb ausgelegt. Es kann die Batterie sowohl auf- als auch entladen und Blindleistung aus dem Netz aufnehmen oder in das Netz einspeisen. Jede dieser Betriebsarten ist möglich, wobei die Spannung im Gleichspannungs-Zwischenkreis je nach Ladezustand der Batterie variiert.

Der Betriebsbereich des Systems in Bezug auf die Wirk- und Blindleistung für 90% und 100% der Nennspannung des Netzes ist in Bild 5 dargestellt.

Die Leittechnik

Die lokale Steuerung des Systems erfolgt über eine «ABB Spider Micro-Scada»-Mensch-Maschine-Schnittstelle auf Basis von Microsoft Windows (Bild 6). Bedient wird das System über Bilder, Fenster und Funktionstasten mit Hilfe einer Maus und einer Tastatur. Die Ablaufsteuerung und Regelung sowie sämtliche Schutzfunktionen erfolgen durch den «Programmierbaren Schnellen Regler» von ABB (ABB-PSR), der mit Hilfe des grafischen Funktionsplanprogramms Fupla programmiert werden kann. Der PSR hat in einer Vielzahl von Anwendungen gezeigt, dass er sich auf Grund seiner Zuverlässigkeit sowohl für die Systemsteuerung als auch für Schutzaufgaben eignet.

BESS – ein Stabilisierungsfaktor

Neben seiner Hauptaufgabe, der Reduzierung der Stromausfälle im Gebiet von Fairbanks, bietet das BESS besondere Vorteile für die Energieübertragung und -verteilung, die Energieerzeugung und die Betriebsstrategie: Zu den Vorteilen für die *Energieübertragung und -verteilung* gehören dabei Spannungsregelung, Netzstabilisierung und Verlustreduktion. Im Bereich der *Energieerzeugung* bietet das BESS mitlaufende Reserve, verbesserte Reaktion auf Laständerungen, Lastausgleich sowie eine Reduktion der verschobenen Anzahl von Turbinenstarts. Zu den *strategischen Vorteilen* schliesslich zählen eine verbesserte Versorgungsqualität, reduzierte Spitzenlasten und eine zuverlässigere Versorgung durch weniger erzeugerbedingte Ausfälle.

Der Hauptvorteil des BESS ist jedoch, dass das System in der Lage ist, nach dem Ausfall einer Hauptübertragungsleitung oder eines Generators sofort zur Stabilisierung des Netzes beizutragen. Dank der vom System bereitgestellten mitlaufenden Reserve können einige Erzeugungsanlagen sogar mit verminderter Leistung betrieben oder ganz abgeschaltet werden, was zu signifikanten Kosteneinsparungen führt. Wirkleistung steht nahezu augenblicklich zur Verfügung. Dies ist besonders in den Fällen wichtig, in denen das BESS sehr schnell Leistung liefern muss, bevor sich die Auswirkungen eines Erzeugerausfalls bei Verbrauchern bemerkbar machen.

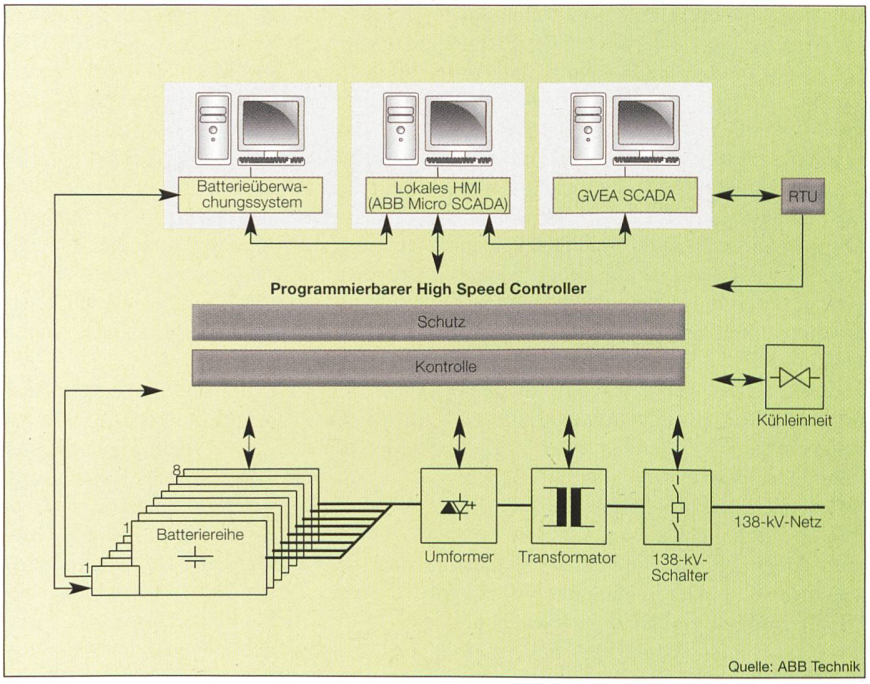


Bild 6 Übersicht des leittechnischen Systems

Angaben zu den Autoren

Gerhard Linhofer, El.-Ing. HTL, ist verantwortlich für Business Development von neuen Anwendungen der Leistungselektronik bei ABB Automation Technologies.
ABB Automation Technologies, CH-5300 Turgi, gerhard.o.linhofer@ch.abb.com

Niklaus Umbricht, El.-Ing. HTL, ist Projektmanager für Leistungselektronik-Systeme bei ABB Automation Technologies.

ABB Automation Technologies, CH-5300 Turgi, niklaus.umbricht@ch.abb.com

Jim McDowall ist Business Development Manager für Nordamerika bei Saft America Inc.
Saft America Inc, jim.mcdowall@saftamerica.com

Tim DeVries ist Manager of Engineering Services für die Geschäftseinheit *Übertragung und Verteilung* der Golden Valley Electric Association (GVEA) in Alaska.
Golden Valley Electric Association, USA/Alaska, trdevries@gvea.com

[1] Dieses Projekt wurde am 15. Dezember 2003 mit dem Platts Global Energy Award in der Kategorie «Energy Engineering Project of the Year» ausgezeichnet (www.globalenergyawards.com).

[2] Engl. Battery Energy Storage System, BESS.

[3] SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

[4] NPC: Neutral Point Clamped

Une réserve de courant électrique sous la glace

Système d'accumulation d'énergie à batteries d'appoint pour l'Alaska

Les pannes de courant survenues l'année passée en Amérique du Nord, en Scandinavie et en Italie ont démontré une fois de plus l'importance d'une alimentation de réserve suffisante ou de sources de secours dans les réseaux électriques. C'est d'autant plus vrai lorsqu'il s'agit d'approvisionner des régions au climat difficile comme celle du Railbelt dans l'état fédéral américain d'Alaska. Un système d'accumulation d'énergie à batteries d'appoint y a été planifié et installé en vue de garantir une alimentation sûre et économique en courant électrique au cours des vingt prochaines années.

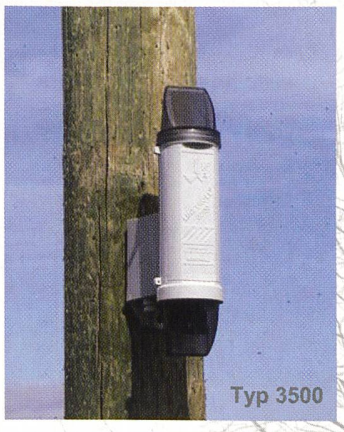
Fehlerstromanzeiger für Mittelspannungs-Freileitungsnetze

Fehlerstromanzeiger stellen ein kostengünstiges Hilfsmittel für eine schnelle Fehlerlokalisierung, Fehler-Freischaltung und Wiederherstellung der Stromversorgung dar.

Unsere anwendungsbezogenen Leistungen:
. Beratung bei der Festlegung der Einbauorte und Typenwahl
. Festlegung der Einstellparameter der Anzeiger unter Berücksichtigung der Last- und Fehlerströme
. Materiallieferung
. Montageanleitungen

NORTROLL AS

Unsere weiteren Leistungen:
. Prüfung von MS-Schutzgeräten, Leistungsschaltern und Kabeln
. Netzanalysen
. Engineering, Montage und Inbetriebsetzung von MS-Anlagen



ECOWATT
EcoWatt Projects AG

EcoWatt Projects AG
Tiergartenstrasse 16
8852 Altendorf
Tel.: 055 451 20 80
E-mail: info@ewpag.ch