# Gesicherte Stromversorgung erfordert exakte Verbraucheranalyse

Wilhelm Müller • Walter Schossig • Rainer Wolf

***Die gesicherte Stromversorgung mit einer Gleichstrom- bzw. Batterieanlage gewinnt nicht nur für die Energieerzeugung und Verteilung, die chemische und petrochemische Industrie sowie die Gas- und Wasserversorgung, sondern auch für die Verkehrstechnik und vielen weiteren sicherheitsrelevanten Anwendungen immer mehr an Bedeutung. Sie hat sich von einer Notstrom- oder Netzersatzanlage zu einer permanenten Versorgung aller wichtigen Verbraucher entwickelt. Ihre Aufgabe hat sich durch die Einbindung unterschiedlichster Geräte, wie elektronische Schutz- und Steuergeräte, DC/DC-Wandler oder Wechselrichter, geändert. Um Störungen oder Ausfälle in der Versorgung zu vermeiden, ist eine genaue Analyse der Verbraucher unerlässlich.***

Insbesondere der Einzug elektronischer Verbraucher hat den Aufbau und die Auslegung der gesicherten Stromversorgung beeinflusst. Nicht nur die Unterspannung bei der Versorgung der Verbraucher ist als kritisch zu betrachten, sondern auch die erzeugten Überspannungen, die durch Schalthandlungen von induktiven Lasten oder Schwingkreisen sowie durch Parallelschaltung von induktiven und kapazitiven Lasten entstehen, können zu Schäden und Zerstörung in den Verbrauchern führen.

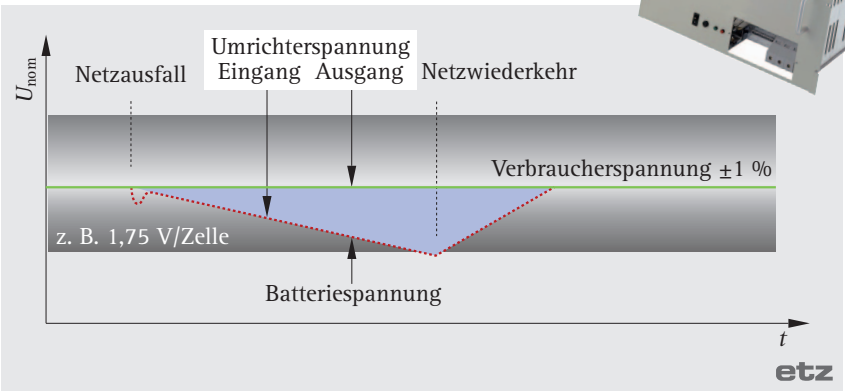


**Bild 1.** *Umrichterfunktion, Kennlinie der Batterie- und der Verbraucherspannung*

## Applikationsspezifische Anforderungen

Die Störungsursache sind oft Spannungsabfälle durch falsch dimensionierte Leitungen (Kabelquerschnitte), falsche Kabeltypen oder falsche Auswahl und Fehler bei der Staffelung der Sicherungen im Bezug auf die Selektivität. Auch die Auswahl und die Dimensionierung der Batterien sowie der Ladegeräte sollte an die geforderte Aufgabenstellung angepasst werden. Schließlich kann nicht jeder Batterie- oder Ladegerätetyp universell alles abdecken.

Als Beispiel sind bei der Auslegung der Batterie nicht nur der Verbraucherstrom und die Überbrückungszeit wichtig. Unter Berücksichtigung der geforderten Aufgabenstellung sind unter anderem Dämpfungseigenschaften, Kurzschlussströme, Batterietyp zu betrachten. Auch der Spannungssack, die Alterungsprozesse des jeweiligen Typs, die Wartungsintervalle müssen unter vielen weiteren Gesichtspunkten berücksichtigt und bedacht werden.

Außerdem ist die Auswahl der Batterieladegeräte nicht immer einfach. Die Vielzahl der angebotenen Ladetechniken lassen oft die primäre Aufgabe eines Ladegeräts vergessen. Lüfter, Austrocknung der Kondensatoren, Programmieraufwand und Updates der kurzlebigen Software macht die Bedienung der Geräte nicht immer einfach und auch die Lebenserwartung lässt oft zu wünschen übrig.

## Funktion einer Gleichspannungsanlage

Mit Ausnahme von kleineren Selektivstationen, in denen die Hilfs-

*Wilhelm Müller ist Geschäftsführender Gesellschafter der IMB Stromversorgungssysteme GmbH in Schwabach.*

*E-Mail: w.mueller@imb-gmbh.com*

*Walter Schossig ist Mitglied des VDE-AK Netzschutz und war bis zum Eintritt in den Ruhestand Ingenieur für Relaisschutz bei E.ON Thüringer Energie AG in Erfurt.*

*E-Mail: info@walter-schossig.de*

*Rainer Wolf ist Geschäftsführer bei der Ingenieurgemeinschaft Energieversorgung in Meiningen.*

*E-Mail: rainer.wolf@ige-portal.de*

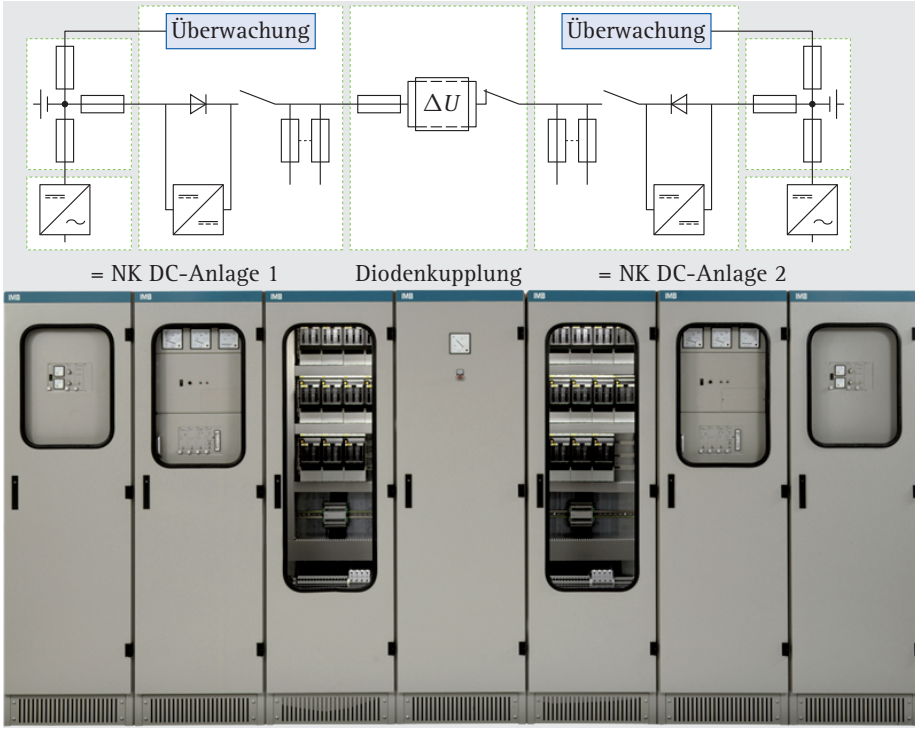


***Bild 2.*** *DC-Doppelanlage mit Diodenkupplung*

energie über Wandlerstrom- oder Kondensatorauslösung gewonnen wird, kommen hierzu meist Gleichspannungsanlagen, bestehend aus Gleichrichter, Batterie, Spannungskonstanthalter, Systemüberwachung und zugehöriger Verbraucherverteilung, zum Einsatz. Die Versorgung der Schutz-, Steuer- und Meldestromkreise erfolgt über ein Gleichrichtergerät mit parallel geschalteter Batterie. Solange die Wechselstromversorgung gegeben ist, werden alle DC-Verbraucher über den Gleichrichter aus dem AC-0,4-kV-Eigenbedarfsnetz gespeist. Die Batterie übernimmt dabei die Dämpfungseigenschaften. Bei Ausfall der Speisung über das Gleichrichtergerät erfolgt die weitere Versorgung unterbrechungslos durch die ständig angeschlossene Batterie. Sobald die Versorgung aus dem Eigenbedarfsnetz wieder möglich ist, übernimmt der Gleichrichter wieder die Versorgung der Verbraucher und liefert die für die Wiederaufladung der Batterie benötigte Energie.

## Konstante Verbraucherspannung

Obwohl viele der eingesetzten Verbraucher einen hohen Arbeitsspannungsbereich haben, ist es ratsam sie nicht unnötig hohen Stressfaktoren, wie einer zu hohen Verbraucherspannung im Dauerbetrieb, auszusetzen. Dieses verstärkt nämlich den Alterungsprozess.

Die Batterie ist nicht nur ein guter Energiespeicher, der die Versorgung der Verbraucher bei Netzausfall übernimmt, sondern hilft auch beim schnellen Auslösen der Sicherungen. Zudem bietet sie Dämpfungseigenschaften. Allerdings hat sie einen erheblichen Nachteil: Der Spannungsverlauf (geladener zu ungeladener Zustand) kann bei vielen Verbrauchern Schäden oder Funktionsstörungen hervorrufen. So kann eine erhöhte Spannung im Normalbetrieb die Lebenserwartung der Verbraucher reduzieren oder sie sogar zerstören. Eine Unterspannung führt unter Umständen zu Fehlfunktionen.

Die Möglichkeit eine konstante Verbraucherspannung durch Stamm- und Zusatz- oder Gegenzellenschaltung zu realisieren, ist mit dem Einzug der elektronischen Verbraucher nicht mehr zeitgemäß und mit Fehlern behaftet.

Seit vielen Jahren hat sich für die Konstanthaltung der Verbraucherspannung die Hochsetzstellertechnik (Umrichter) bewährt. Sobald die Batteriespannung unter den vorgegebenen Sollwert der Verbraucherspannung sinkt, addiert der Umrichter verzögerungslos die fehlende Differenzspannung hinzu. Bei einem Ausfall des Umrichters übernimmt ein eingebauter Bypass unterbrechungsfrei die Versorgung der Verbraucher (**Bild 1**).

## Redundanz bei der Gleichspannungsversorgung

In den 60er-Jahren kam es durch Batterieausfällen bei Fehlern im Netz

**Bild 3.** *Überwachungsbaustein*

bzw. in Transformatoren in Deutschland, Österreich und weiteren Ländern zu Zerstörungen von Schaltanlagen und Bränden von Großtransformatoren. Daraufhin wurde in größeren Kraftwerken und Umspannwerken mit einer Oberspannung ab 110 kV eine zweite Batterie mit Aufteilung der Schutzsysteme installiert. Auf der Grundlage der Erfahrungen von Netz- und Schutzsystembetreibern wurden vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE [1] in Abstimmung mit dem Arbeitskreis „Schutztechnik" des Verbandes der Elektrizitätsunternehmen Österreichs [2] der „Leitfaden für Schutzsysteme" [3] erarbeitet und zur Anwendung empfohlen. Danach ist für alle Netze ein durchgängiges Haupt- und Reserveschutzsystem aufzubauen, welches ein Versagen einzelner Elemente der Wirkungskette (Schutzsystem und Leistungsschalter) auffangen kann. Dies bedingt eine redundante Hilfsenergieversorgung, wie sie in **Bild 2** durch den Einsatz einer DC-Doppelanlage gegeben ist.

## *Redundante DC-Doppelanlage mit Diodenkupplung*

Das redundante System besteht aus zwei Anlagen, die im normalen Betriebszustand unabhängig voneinander arbeiten, sich aber im Störfall gegenseitig unterstützen. Dies wird durch eine Diodenkupplung realisiert, die eine trägheitslose Verbindung zwischen beiden Anlagen herstellt, falls Komponenten fehlerhaft sind. Das sorgt für eine hohe Betriebssicherheit sowie das einwandfreie Zu-sammenwirken aller Funktionsgruppen. Das System dient weiterhin zur selektiven Fehlererkennung und bewirkt ein verzögerungsfreies Zusammenschalten zweier Gleichstromsysteme, wenn Komponenten eines Systems, zum Beispiel Batterie, Ladegerät, Sicherung oder die Verkabelung, fehlerhaft sind. Ein Nachteil ist jedoch, dass ein Erdschluss in beiden Systemen angezeigt wird, sodass für die Erdschlusssuche beide Systeme zu trennen sind.

Digitale Schutzeinrichtungen sind in der Lage Spannungseinbrüche bei der Hilfsenergieversorgung für mindestens 50 ms zu überbrücken, ohne dass die ordnungsgemäße Funktion beeinträchtigt wird. Das bedeutet aber auch, dass Kurzschlüsse in der gesamten DC-Anlage selektiv und schneller als 50 ms abgeschaltet werden müssen [4, 5]. Hier ist die Stützung des Kurzschlussstroms über die Diodenkupplung zum schnellen Schmelzen der Sicherung insbesondere bei Altern der Batterien (Verschlechterung der Innenwiderstände, Spannungssack) bedeutungsvoll. Die Abstimmung aller Komponenten aufeinander gewährleistet Spannungskonstanz und Selektivität.

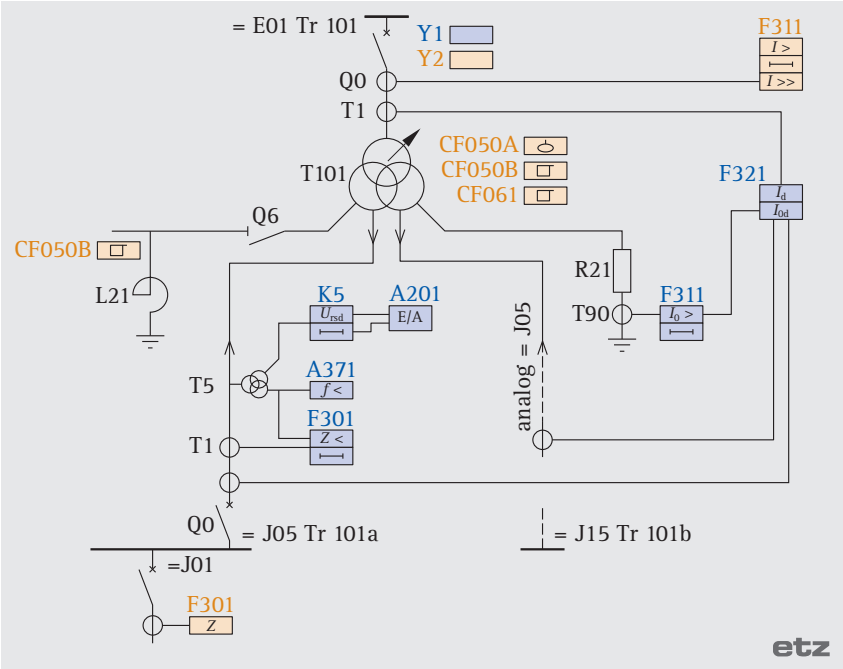


**Bild 4.** *Schutzkonzept für einen 110/20-kV-Transformator*

In Wartungsfällen lässt sich eine Anlage komplett ausschalten, um Arbeiten am anderen System, zum Beispiel einem Batterietausch, vornehmen. Dabei sind weder Provisorien zu errichten noch ist ein Umklemmen der Komponenten erforderlich. Die verbleibende Anlage übernimmt trägheitslos die Versorgung der freigeschalteten Seite.

Ein spezieller Anwendungsfall stellt die gemeinsame Nutzung einer DC-Anlage für Schaltanlagen unterschiedlicher Rechtsträger, wie Energieversorgungsunternehmen und Stadtwerke, dar. Auch hier sorgt die Diodenkupplung für Redundanz und Zuverlässigkeit.

Mit der Hochsetzstellertechnik wurde weiterhin eine Möglichkeit geschaffen auch während des Betriebs eine Starkladung durchzuführen, oh-

ne dass die Verbraucher mit einer zu hohen Spannung versorgt werden. Alle wichtigen Komponenten lassen sich im Betrieb freischalten und testen – die Verbraucher werden weiter versorgt. Weitere Details und Hinweise, worauf bei der Auswahl der Komponenten zu achten ist, hat IMB Stromversorgungssysteme GmbH [6] in einem ausführlichen Merkblatt zusammengestellt.

Eine durchgängige Systemüberwachung mit einer hohen Zuverlässigkeit ermöglicht eine drei- bzw. einpolige Netzüberwachung. Sie kontrolliert die Batterie-Symmetrie, die Verbraucher-über- und -unterspannung sowie den Erdschluss mit anzeigenden analogen Messgeräten und Meldekontakten (**Bild 3**).

### Redundanz bei den Schutzsystemen

Die Forderung nach Redundanz in den Schutzsystemen erfüllen sich ersetzende Schutzeinrichtungen. Ein Beispiel für den Schutz eines 110/20-kV-Transformators und die 20-kV-Leitungsabgänge zeigt **Bild 4** [7]. Als Grundschutz für den Transformatorfehler wirkt der Differenzialschutz F321, versorgt von der Batterie 1 (=NK). Als weiterer schnellschaltender Schutz arbeitet der Buchholzschutz CF 0, sowie der Überstromzeitschutz F311 mit Hochstromstufe, gespeist von Batterie 2 (=NL). Für Fehler auf den 20-kV-Leitungen ist als Grundschutz der Distanzschutz F301 im Leitungsabgang =J01 an Batterie 2 und als Reserveschutz das Anlagen-Distanzrelais F301 in der Transformatoreneinspeisung =J05, gespeist von Batterie 1, vorhanden. Somit ist ein durchgängiges Reserveschutzsystem gegeben [5].

Aber auch bei Kraftwerksblöcken ist eine Aufteilung in zwei Schutzsysteme Stand der Technik.

### Betriebserfahrungen

Die DC-Doppelanlage mit Diodenkupplung ist nunmehr seit 25 Jahren bei Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, Verkehrs- und Industriebetrieben, Kraftwerksbetreibern und weiteren sicherheitsrelevanten Anwendungen im In- und Ausland im Einsatz. Erfahrungen bei der Betriebsführung und der Zuverlässigkeit mit der DC-Doppelanlage sind Beweis für richtige Auslegung von netzunabhängigen Stromversorgungen.

### Literatur


[1] Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE, Franfurt am Main: www.vde.de/de/fn

[2] Arbeitskreis Schutztechnik im Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs, Wien: www.oesterreichsenergie.at

[3] Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen:2009-09 VDE-FNN/VEÖ: www.vde.de/de/infocenter/seiten/details.aspx?eslshopitemid=0a2decea-9c27-4541-aa57-6b75845f7602

[4] Richtlinie für digitale Schutzsysteme:2003 VDN/VEÖ: www.vde.de/de/fnn/dokumente/documents/richtlinie-digitale-schutzsysteme_vdn2003-11.pdf

[5] *Hinz, K.*; *Schossig, W.*: Schutzkonzepte für 110-kV-/MS-Anlagen der Verteilnetzbetreiber. Omicron Anwendertagung 2010: www.omicron.at/de/support/customer/papers/awt2010

[6] IMB Stromversorgungssysteme GmbH, Schwabach: www.imb-gmbh.com

[7] *Schossig, W.*: Netzschutztechnik – Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze. Band 13. Berlin: VDE VERLAG, 2007 (ISBN 978-3-8007-3028-5)