

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 105 (2014)

Heft: 4

Artikel: HGÜ-Hybridschalter als Schlüsselkomponente

Autor: Callavik, Magnus

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856216>

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: 16.02.2026

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

HGÜ-Hybridschalter als Schlüsselkomponente

Ein Durchbruch auf dem Weg zu HGÜ-Netzen

Eine verlustarme Stromübertragung über grosse Entfernnungen ist heute wichtiger denn je. Allerdings sind alle bisher realisierten HGÜ-Leitungen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Der Anwendungsbereich der Technik liesse sich erheblich erweitern, wenn man Leitungen mit mehr als zwei Anschlusspunkten realisieren könnte, die schliesslich zu HGÜ-Netzen ausgebaut werden könnten. Bisher fehlte es jedoch an einem geeigneten Leistungsschalter für diese Spannungen und Geschwindigkeiten, der zudem akzeptable Verluste aufweist. Dies ändert sich nun mit dem neuen HGÜ-Schalter von ABB.

Magnus Callavik et al.

Im Vergleich zu Hochspannungs-Wechselstromnetzen sind die Wirkleistungsverluste in HGÜ-Leitungen relativ gering und die Blindleistungsverluste gleich null. Dies macht HGÜ-Netze zu einer interessanten Alternative für die Übertragung elektrischer Energie über grosse Entfernnungen – ein Thema, das besonders im Hinblick auf den schnell wachsenden Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von Interesse ist.

Doch der Hybridschalter braucht nicht bis zum grossflächigen Ausbau von HGÜ-Netzen zu warten, um seine Vorteile auszuspielen. Viele gegenwärtige Vorschläge für Übertragungssysteme beinhalten Punkt-zu-Punkt-HGÜ-Verbindungen, bei denen Hybridschalter ebenfalls eine Rolle spielen können. Neben der Stromwandlung können HGÜ-Konverterstationen durch Blindleistungsregelung zur Stabilität des Wechselstromnetzes beitragen. Lässt sich der Stromrichter im Fehlerfall schnell von der HGÜ-Leitung trennen, kann die Konverterstation direkt in den Stand-alone-Betrieb als statische Kompensationsanlage (Statcom) wechseln und so die Stabilität des Wechselstromnetzes weiter unterstützen.

Die technischen Anforderungen an HGÜ-Leistungsschalter sind hoch. Die zulässige Zeit zur Unterbrechung des Stroms ist aufgrund der niedrigeren Impedanz der Leitungen kürzer als bei

einer vergleichbaren Wechselstromanwendung (d.h. der durch einen Fehler verursachte Spannungsabfall kann sich schneller ausbreiten). So muss ein Kurzschluss typischerweise innerhalb von 5 ms abgeschaltet werden, da sich dieser sonst auf bis zu 200 km entfernte Kon-

verterstationen auswirken kann. Da Konverterstationen zur Gewährleistung eines normalen Betriebs gewöhnlich auf eine Gleichspannung von mindestens 80% ihres Nennwerts ausgelegt sind, müssen Fehler innerhalb von wenigen Millisekunden geklärt werden.

Ein rein mechanischer HGÜ-Leistungsschalter kann eine Leitung innerhalb mehrerer Dutzend Millisekunden ausschalten. Dies ist aber zu langsam für die Anforderungen eines zuverlässigen HGÜ-Netzes [1]. Dennoch werden mechanische Leistungsschalter z. B. zum Löschen von Fehlerströmen eingesetzt. Ein weiterer Nachteil von mechanischen Schaltern ist, dass sie zusätzliche Komponenten zur Erzeugung des Stromnull-durchgangs benötigen, damit der Strom aufhören kann zu fliessen.

Mit halbleiterbasierten HGÜ-Leistungsschaltern lassen sich die Einschränkungen hinsichtlich der Schaltgeschwindigkeit leicht überwinden. Doch da sich die Halbleiter permanent im Strompfad

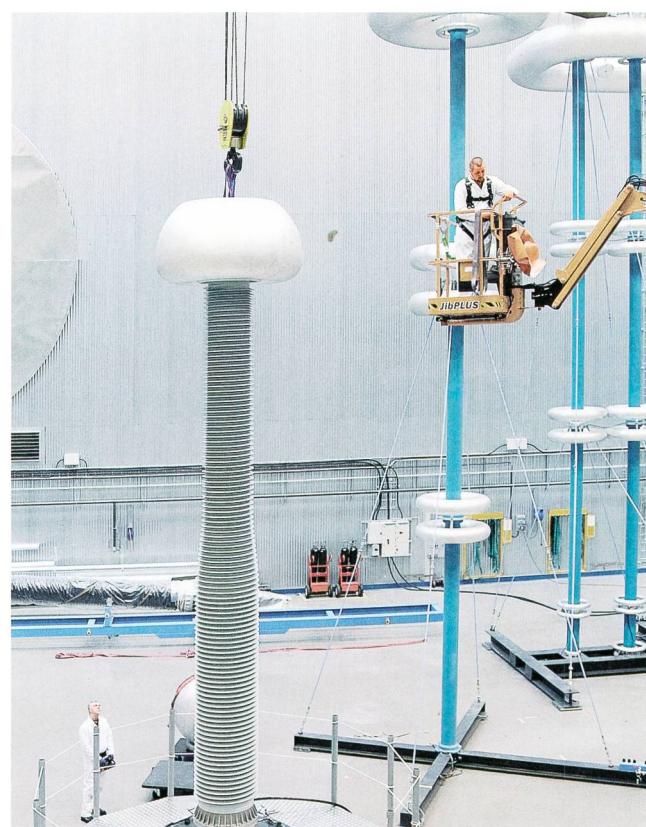


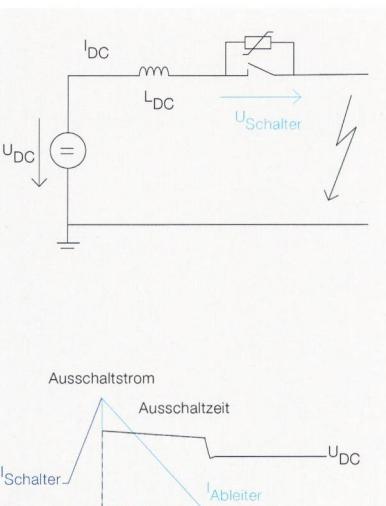
Bild 1 Der Halbleiterbasierte HGÜ-Leistungsschalter von ABB ebnet den Weg zur Realisierung von Gleichstromnetzen.



Bild 2 Darstellung eines HGÜ-Netzes und das Prinzip von HGÜ-Leistungsschaltern. a) Die blauen Punkte stellen die Konverterstationen im HGÜ-Netz dar, b) HGÜ-Leistungsschalter, c) Funktionsprinzip.

befinden, erzeugen sie Durchlassverluste, die typischerweise im Bereich von 30% der Verluste der Konverterstation liegen.

Ein HGÜ-Netz ist in **Bild 2a** dargestellt. **Bild 2b** zeigt einen Stromkreis mit einem mechanischen HGÜ-Leistungsschalter und einem Ableiter. Die beim Ausschalten auftretenden Transienten sind in **Bild 2c** dargestellt. Der Strom beginnt zu steigen, sobald der Fehler auftritt (die Anstiegsrate wird dabei durch die Induktivität der Netzdrossel bestimmt). Wenn der Schalter öffnet, wird der Strom auf den Ableiter kommutiert und beginnt zu sinken. Der Fehlerstrom in der Ableiterbank erzeugt eine Gegenspannung. Dadurch wird der Fehlerstrom auf null reduziert, indem die in der HGÜ-Drossel und im Fehlerstrompfad gespeicherte Energie abgeführt wird.



Die Gesamtzeit zur Fehlerklärung setzt sich zusammen aus:

- der Zeit, in der der Strom vor der Kommutierung ansteigt,
- der Dauer des nachfolgenden Stromrückgangs während des Abschaltens der Leitung.

Beide Zeitspannen spielen eine wichtige Rolle für das Design und die Kosten des HGÜ-Leistungsschalters und der Netzdrossel.

Die Ausschaltzeit wird bestimmt durch die Reaktionszeit der Schutzeinrichtung und der Wirkzeit des HGÜ-Schalters. Bei einer längeren Ausschaltzeit muss der HGÜ-Schalter über ein höheres Stromausschaltvermögen verfügen. Dadurch steigt auch die vom Ableiter zu bewältigende Energie, was wiederum die Kosten für den HGÜ-Leistungsschalter erhöht. Daher ist es wichtig, die Ausschaltzeit so

kurz wie möglich zu halten. Sind die Ausschaltzeit und der maximale Ausschaltstrom gegeben, ist der einzige verbleibende veränderbare Parameter die Induktivität der HGÜ-Drossel (die die Stromanstiegsrate bestimmt). Die Grösse der Drossel kann wiederum durch Faktoren wie Kosten und die Stabilität des HGÜ-Netzes beschränkt werden.

Die zur Fehlerklärung zulässige Zeit wirkt sich sowohl auf die erforderliche Spannungsfestigkeit des Ableiters als auch des Polspannungsschutzes aus. Eine kürzere Fehlerklärungszeit ist zwar mit geringeren Anforderungen an die Energieaufnahme in der Ableiterbank verbunden, erfordert aber auch eine höhere Spannungsfestigkeit des Ableiters. Dies bedeutet eine höhere Bemessungsspannung zwischen den Polen und somit höhere Kosten für den HGÜ-Leistungsschalter.

Das folgende Beispiel vermittelt einen allgemeinen Eindruck von den Zusammenhängen zwischen den genannten Parametern. Kommt es bei einer Ausschaltzeit von 2 ms, was mit halbleiterbasierten HGÜ-Schaltern möglich ist, zu einem HGÜ-Netzfehler in der Nähe der HGÜ-Schaltanlage, beträgt die maximale Anstiegsrate des Fehlerstroms bei einer HGÜ-Drossel mit 100 mH in einem 320-kV-HGÜ-Netz mit einer maximalen Überspannung von 10% 3,5 kA/ms. Bei einem Bemessungs-Netzstrom von 2 kA liegt das erforderliche Mindestausschaltvermögen des HGÜ-Leistungsschalters bei 9 kA.

Der HGÜ-Hybridschalter

Der HGÜ-Hybridschalter (**Bild 3**) basiert auf der in **Bild 2b** dargestellten Anordnung, verfügt aber über einen

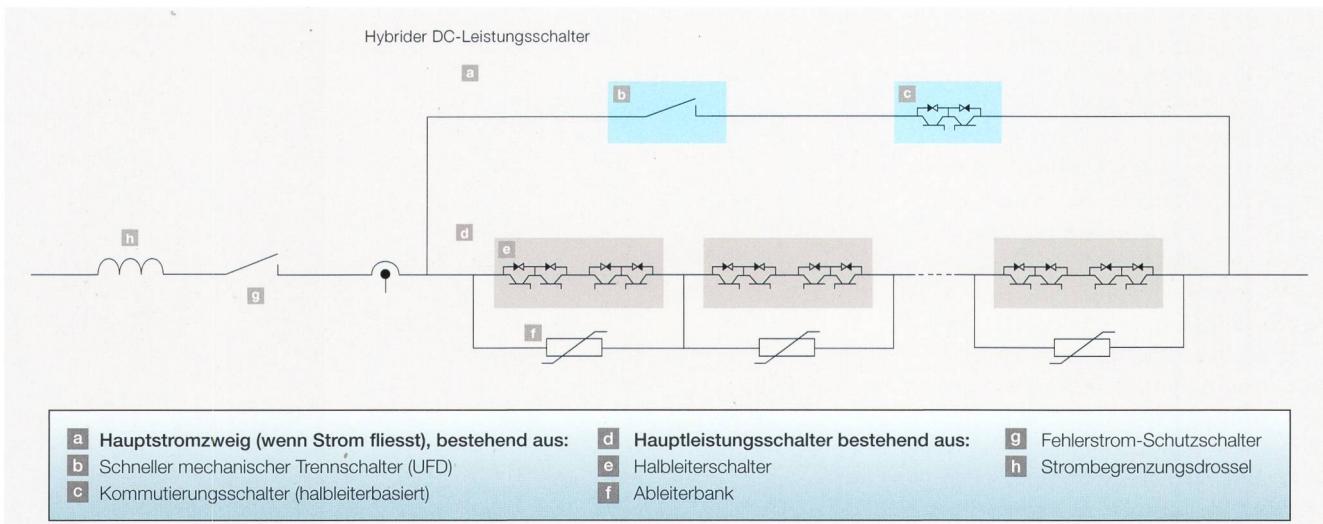


Bild 3 HGÜ-Hybridschalter.

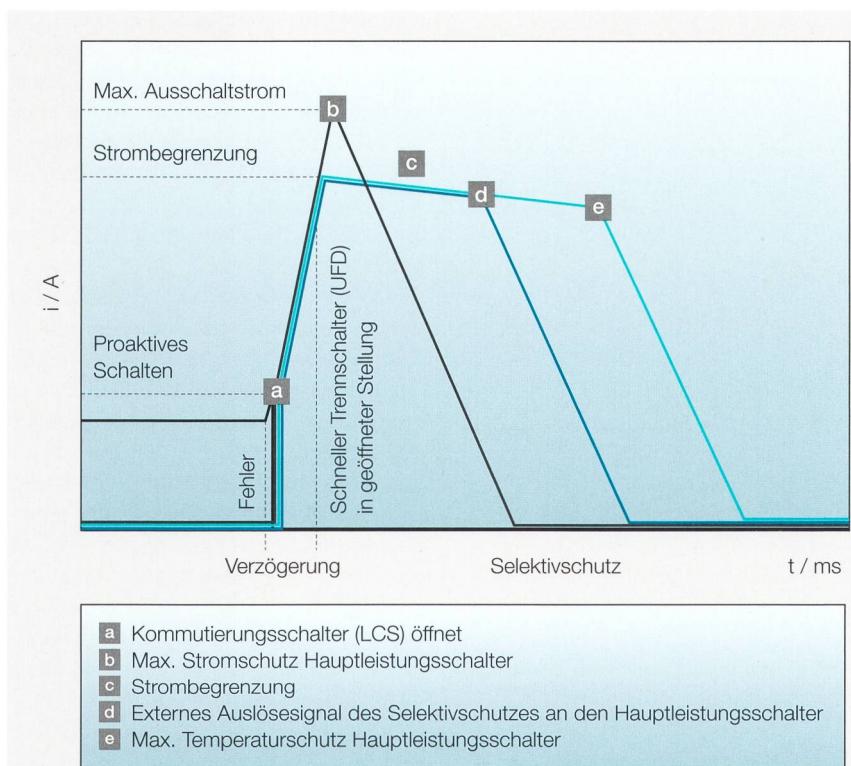


Bild 4 Steuerung des HGÜ-Hybridschalters.

zweiten Stromzweig (**Bild 3a**). Dieser besteht aus einem halbleiterbasierten Kommutierungsschalter (Load-Commutation Switch, LCS), der mit einem schnellen mechanischen Trennschalter (Ultra-Fast Disconnector, UFD) in Reihe geschaltet ist.

Im Normalbetrieb fliesst der Strom nur durch den Bypass (**Bild 3a**). Tritt im HGÜ-Netz ein Fehler auf, kommutiert der Kommutierungsschalter den Strom sofort auf den Hauptleistungsschalter (**Bild 3d**). Während im Bypass kein Strom mehr fliesst, öffnet der Trennschalter und schützt den Kommutierungsschalter so vor der Primärspannung, die sich über dem Hauptleistungsschalter aufbaut. Die erforderliche Bemessungs- spannung des Kommutierungsschalters wird somit deutlich reduziert gegenüber einer Komponente, die während des gesamten Schaltvorgangs im Hauptstrompfad verbleibt. Die Bemessungsspannung muss lediglich über der Durchlassspannung des Hauptleistungsschalters liegen, die für einen 320-kV-HGÜ-Leistungsschalter typischerweise im kV-Bereich liegt. Aufgrund dieser reduzierten Sperrspannung liegt die Durchlassspannung des Kommutierungsschalters typischerweise im Bereich von nur einigen Volt. Dadurch werden die Durchlassverluste des HGÜ-Hybridschalters auf einen Bruchteil der Verluste reduziert,

die bei einem reinen Halbleitereschalter auftreten, und liegen bei 0,01 % der übertragenen Leistung.

Der halbleiterbasierte Hauptleistungsschalter (**Bild 3d**) ist in mehrere Abschnitte mit jeweils einer Ableiterbank unterteilt, die für das volle Spannungs- und Stromausschaltvermögen dimensioniert sind. Nach der Fehlerklärung unterbricht ein Leistungstrennschalter (**Bild 3g**) den Reststrom und trennt die fehlerhafte Leitung vom HGÜ-Netz, um die Ableiterbänke gegen thermische Überlastung zu schützen.

Der mechanische Schalter (**Bild 3b**) öffnet im stromlosen Zustand und bei geringer Spannungsbelastung und kann

daher als Trennschalter mit einem leichten Kontaktssystem ausgeführt werden. Der schnelle Trennschalter ist bis zum Erreichen der geöffneten Stellung nicht der durch das Schutzniveau der Ableiterbänke bestimmten maximalen Spannung zwischen den Polen ausgesetzt. Thomson-Antriebe [2] sorgen für schnelle Öffnungszeiten und ein kompaktes Design des Trennschalters mit SF₆-Gas als Isoliermedium.

Durch proaktive Steuerung des HGÜ-Hybridschalters kann die Zeitverzögerung des schnellen Trennschalters kompensiert werden, wenn die Öffnungszeit des Trennschalters unter der für den Selektivschutz erforderlichen Zeit liegt. Die proaktive Stromkommunikation wird durch den im HGÜ-Hybridschalter integrierten Überstromschutz initiiert, sobald der HGÜ-Netzstrom ein bestimmtes Überstromniveau übersteigt (**Bild 4a**). Der Hauptleistungsschalter verzögert das Ausschalten des Stroms, bis er ein Auslösesignal erhält oder der Strom der fehlerhaften Leitung nahe am maximalen Ausschaltstrom des HGÜ-Schalters liegt (**Bild 4b**).

Um die Zeit bis zum Auslösen des HGÜ-Hybridschalters durch die Selbstschutzfunktion des Hauptleistungsschalters zu verlängern, kann der Hauptleistungsschalter vor dem Unterbrechen des Stroms im Strombegrenzungsmodus betrieben werden. Der Hauptleistungsschalter regelt den Spannungsabfall über der HGÜ-Drossel auf null, um ein weiteres Ansteigen des Netzstroms zu verhindern. Die maximale Dauer der Strombegrenzung hängt vom Energieaufnahmevermögen der Ableiterbänke ab.

Ein schneller Reserveschutz ähnlich wie bei reinen Halbleiter-Leistungsschaltern ist auch für HGÜ-Hybridschalt-

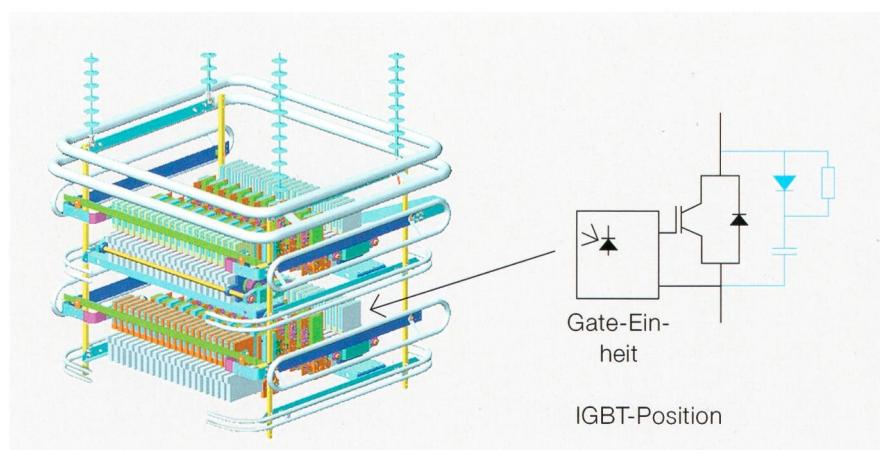


Bild 5 Aufbau der 80-kV-Hauptleistungsschalterzelle.

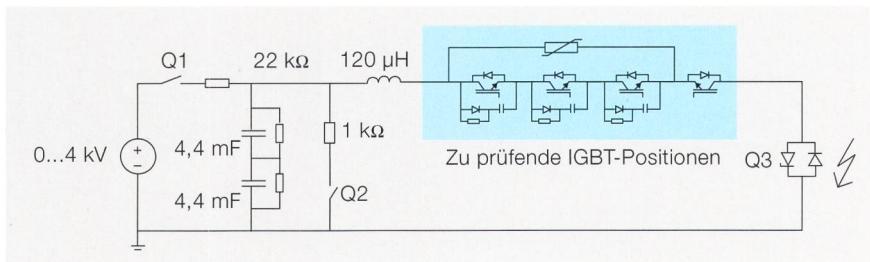


Bild 6 Prüfschaltung für HGÜ-Hybridschalterkomponenten.

ter in HGÜ-Schaltanlagen möglich. Dabei kann die Übertragung des Stroms vom Bypass in den Haupteistungsschalter oder in mögliche Reserveleistungsschalter durch Überströme in der Leitung oder durch den übergeordneten Schaltanlagenschutz vor dem Auslösesignal des Reserveschutzes aktiviert werden. Bei einem Ausfall des Leistungsschalters können nahezu augenblicklich – typischerweise innerhalb von weniger als 0,2 ms – Reserveschalter aktiviert werden. Dies verhindert grössere Störungen im HGÜ-Netz und hält das erforderliche Stromausschaltvermögen des Reserveschalters auf einem akzeptablen Niveau.

Design des Prototyps

Der Prototyp des HGÜ-Hybridschalters ist für ein Stromausschaltvermögen von 9,0 kA bei Einsatz in einem HGÜ-Netz mit einer Bemessungsspannung von 320 kV und einem Bemessungs-Übertragsstrom von 2 kA ausgelegt. Das maximale Stromausschaltvermögen ist unabhängig vom Bemessungsstrom und hängt nur vom Design des Haupteistungsschalters ab. Der schnelle Trennschalter und der Haupteistungsschalter sind in Anbetracht möglicher schneller Spannungstransienten bei der Stromunterbrechung für Schaltspannungen über 1,5 p.u. ausgelegt.

Der Haupteistungsschalter (**Bild 3d**) besteht aus mehreren Leistungsschalterzellen mit eigenen Ableiterbänken, die die maximale Spannung über jeder Zelle (**Bild 3e**) während der Stromunterbrechung auf ein bestimmtes Niveau begrenzen. Jede Leistungsschalterzelle enthält vier Leistungsschalterstapel, sogenannte «Stacks» (**Bild 5**). Zwei Stacks sind erforderlich, um den Strom in beide Richtungen zu unterbrechen.

Jeder Stack besteht aus bis zu 20 in Reihe geschalteten IGBT-Positionen. Aufgrund der hohen dI/dt -Belastung während der Stromunterbrechung wurde ein mechanisches Design mit einer geringen Streuinduktivität gewählt. Die Verwendung von druckkontakteierten IGBTs mit einer Bemessungsspannung von 4,5 kV ermöglicht ein kompaktes Stack-Design und sorgt beim Ausfall einzelner Komponenten für einen stabilen Kurzschlusszustand (SCFM). Einzelne RCD-Snubber über jedem IGBT-Modul sorgen für eine gleichmässige Spannungsverteilung während der Stromunterbrechung. Optisch angesteuerte Gate-Einheiten

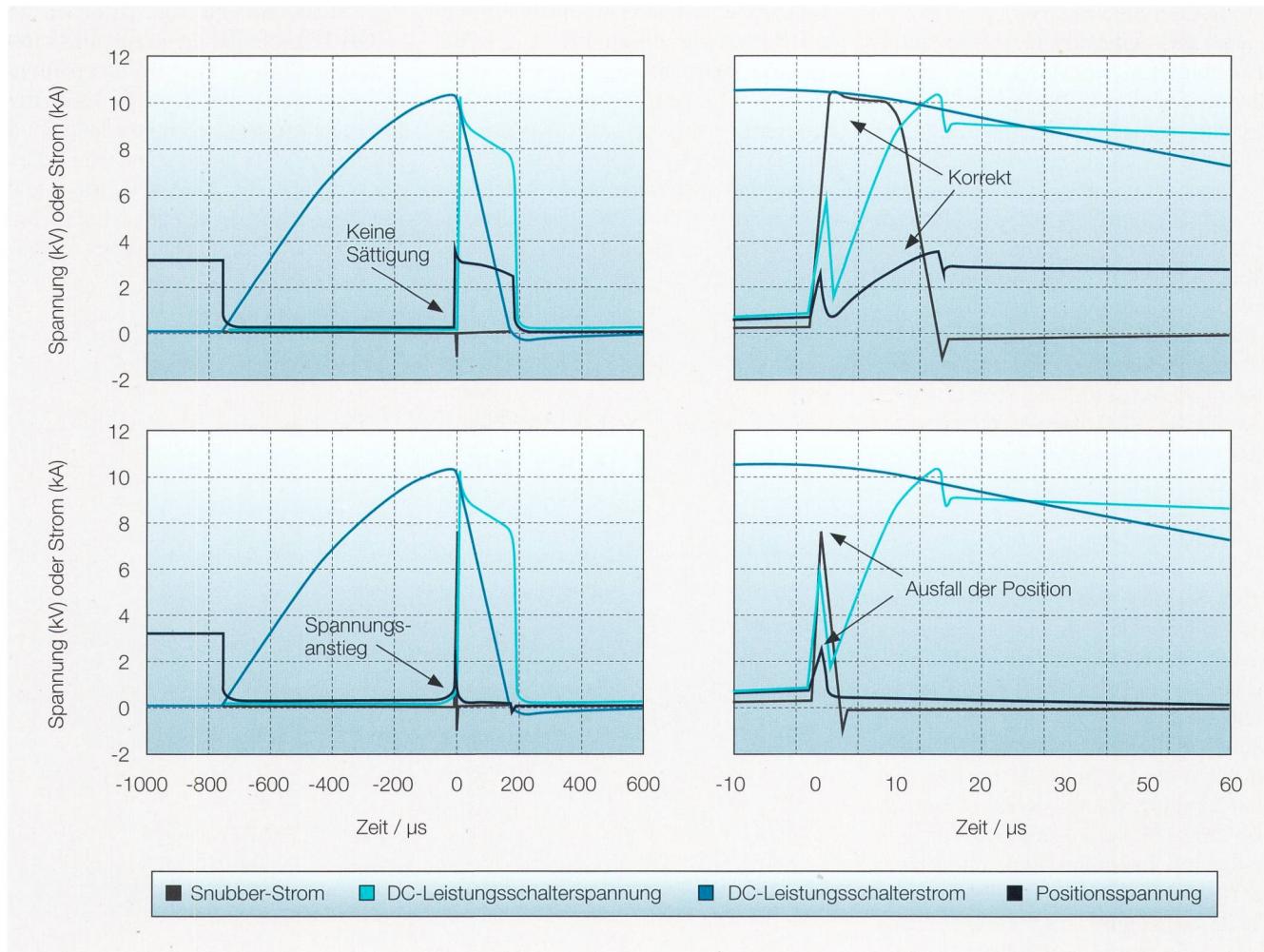


Bild 7 Belastungsprüfungen an IGBT-Positionen des HGÜ-Leistungsschalters (rechte Darstellungen vergrössert).

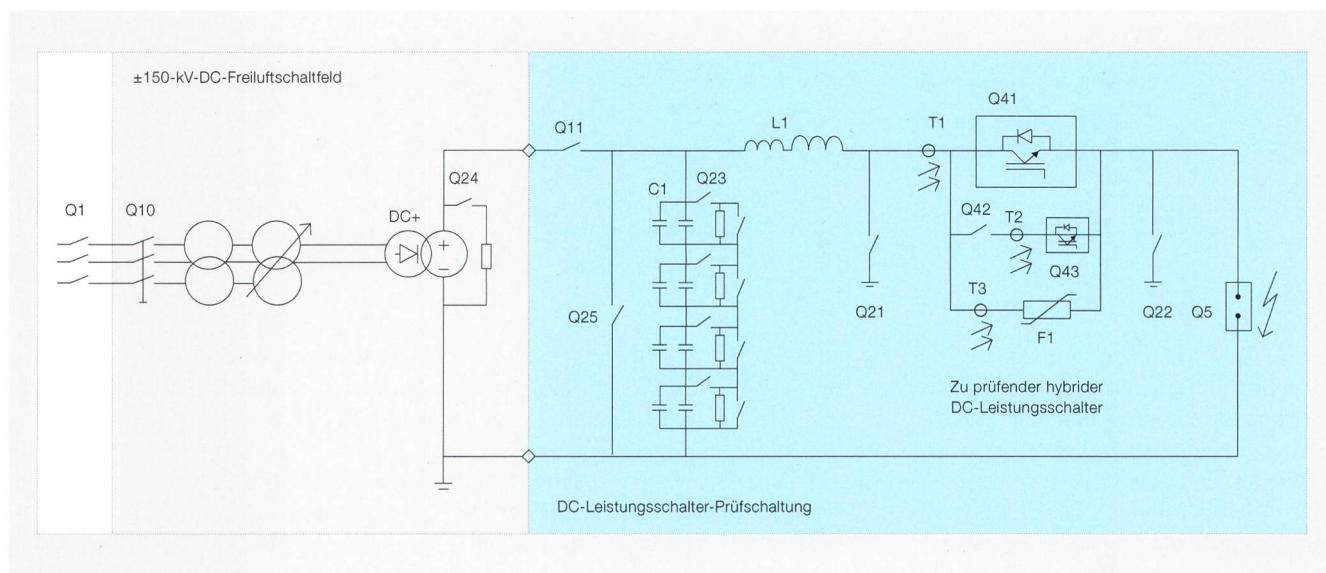


Bild 8 Containerisierte Prüfschaltung für den HGÜ-Leistungsschalter von ABB.

ermöglichen den Betrieb des IGBT-Leistungsschalters unabhängig von den Strom- und Spannungszuständen im HGÜ-Netz. Ein Kühlungssystem ist für die IGBT-Stacks nicht erforderlich, da die Hauptleistungsschalterzellen im normalen Betrieb nicht dem Netzstrom ausgesetzt sind.

Für die Auslegung des Kommutierungsschalters ist ein IGBT-Leistungsschaltermodul pro Stromrichtung ausreichend, um die Anforderungen der Bemessungsspannung zu erfüllen. Durch Parallelschaltung der IGBT-Module wird der Bemessungsstrom des HGÜ-Hybridorschalters erhöht. In Reihe geschaltete, redundante IGBT-Leistungsschaltermodule verbessern die Zuverlässigkeit des Kommutierungsschalters. Für das aktuelle Design wurde eine Matrix aus 3×3 IGBT-Positionen für jede Stromrichtung gewählt. Ein Kühlungssystem ist erforderlich, da der Schalter dauerhaft dem Netzstrom ausgesetzt ist.

Prüfungen

Das Stromausschaltvermögen der 4,5-kV-StakPak-IGBTs wurde anhand eines verkleinerten Prototyps der Hauptleistungsschalterzelle mit drei in Reihe geschalteten IGBT-Modulen und einer gemeinsamen Ableiterbank in einer ersten Prüfschaltung verifiziert (Bild 6). Ein vierter IGBT-Modul wurde in umgekehrter Primärstromrichtung geschaltet, um die Funktionalität der integrierten Antiparalleldiode zu überprüfen. Durch Entladung einer Kondensatorbank mithilfe eines Thyristorschalters wurden – nur begrenzt durch eine kleine Gleichstromdrossel – Erdschlüsse im HGÜ-Netz dargestellt.

Das maximale Stromausschaltvermögen der IGBT-Leistungsschalterzelle wird durch den Sättigungsstrom der IGBT-Module bestimmt (anstatt durch den sicheren Arbeitsbereich, wie es bei Spannungswischenkreis-Umrichteranwendungen typisch ist). Die in Reihe geschalteten IGBT-Positionen können den Netzstrom innerhalb von $2 \mu\text{s}$ in die RCD-Snubber-Schaltungen kommutieren und so den Spannungsanstieg über den Positionen auf $300 \text{ V}/\mu\text{s}$ begrenzen. Durch spannungsloses Schalten werden die momentanen Schaltverluste reduziert und eine gleichmässige Spannungsverteilung unabhängig von

den Toleranzen in den Schalteigenschaften der verwendeten IGBT-Module gewährleistet.

Der Netzstrom komutiert von der RCD-Snubber-Schaltung in den Ableiterpfad, nachdem die Spannung über den IGBT-Positionen das Schutzniveau der Ableiter erreicht hat.

Die IGBT-Positionen haben die Belastungsprüfungen für Ausschaltströme unter 10 kA bestanden. Bei höheren Strömen bewirkt das Sättigungsstromniveau der IGBTs einen sofortigen Spannungsabfall über den IGBT-Modulen. Bei einer absichtlichen Zerstörungsprüfung wurden die gekapselten IGBT-

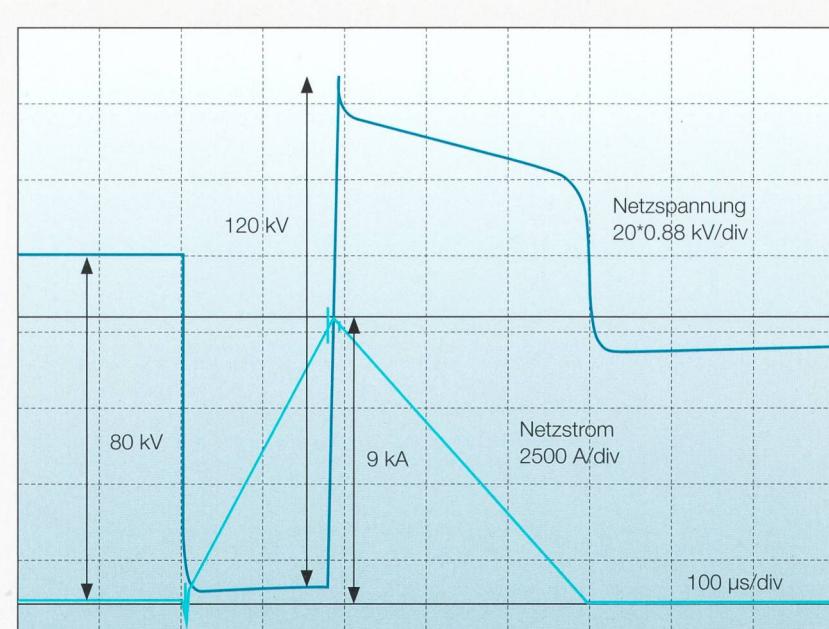


Bild 9 Verifizierung der IGBT-Leistungsschalterzelle.

Chips durch die resultierende interne Wärmeableitung im IGBT-Modul zerstört. Durch die Verwendung von druckkontaktierten IGBTs konnte ein zuverlässiger Kurzschluss ohne mechanische Zerstörung des ausgefallenen IGBT-Moduls hergestellt werden. Da bei der Prüfung nur eines der IGBT-Module ausfiel, hätte der Fehler immer noch von den beiden anderen Modulen geklärt werden können.

Die HGÜ-Nennspannung pro IGBT-Leistungsschalterzelle beträgt 80 kV. Aufgrund des hohen Spannungsniveaus benötigte die zweite Prüfanordnung deutlich mehr Platz. Die Prüfschaltung für das HGÜ-Hybridschalterkonzept ist in Bild 8 dargestellt. Das gewünschte HGÜ-Spannungsniveau wurde durch Laden der Kondensatorbank C1 aufgebaut. Die Drossel L1 sorgt für die erwartete Stromsteilheit (dI/dt) bei einem Kurzschluss. Der Kurzschluss selbst wurde durch die getriggerte Funkenstrecke Q5 initiiert.

Ein typisches Testergebnis ist in Bild 9 dargestellt. Verifiziert wurde ein maximaler Ausschaltstrom von über 9 kA. Die Spannung über den Leistungsschalterzellen übersteigt während der Stromkommutierung die 120 kV. Damit liegt das Ausschaltvermögen einer 80-kV-Leistungsschalterzelle bei über 1 GVA. Eine gleichmässige Spannungsverteilung mit einem maximalen Spannungsabfall von 3,3 kV und einer Streuung von weniger als 10% wurde

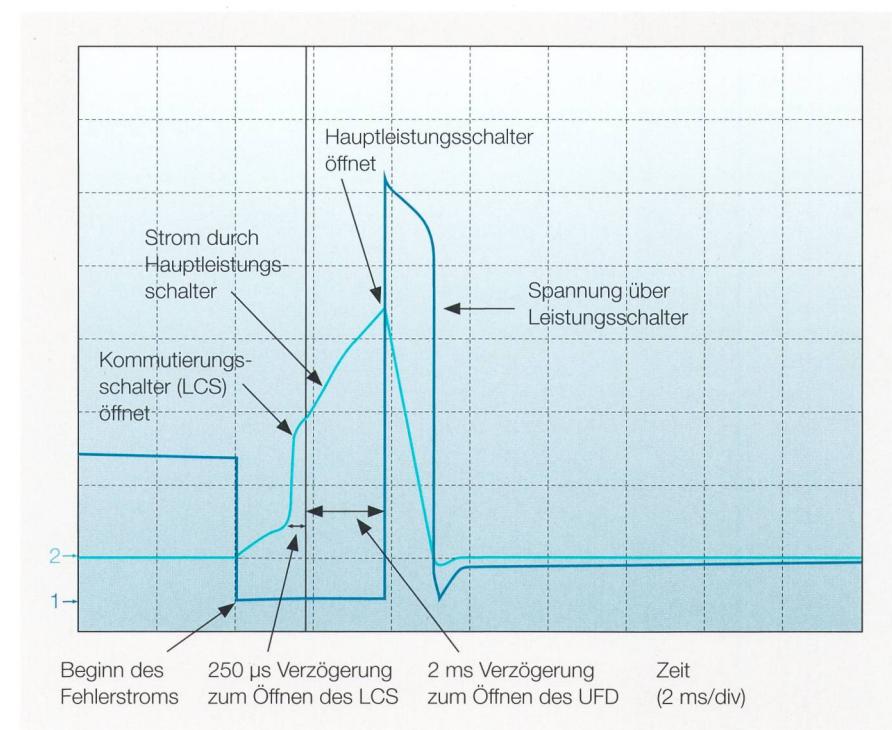


Bild 10 Verifizierung des HGÜ-Hybridschaltersystems.

nur für die einzelnen IGBT-Positionen in der Leistungsschalterzelle festgestellt.

Prüfergebnisse

Zur Verifizierung des vollständigen HGÜ-Hybridschalterkonzepts wurde die Prüfanordnung für den Hauptleistungsschalter erweitert. Eine zweite Kondensatorbank und grosse Drosseln wurden installiert, um die Anstiegsrate des Netz-

stroms auf typische Werte von HGÜ-Netzen zu begrenzen. Der schnelle Trennschalter und der Kommutierungsenschalter wurden in die Systemkonfiguration integriert.

Erfolgreiche Verifizierungsprüfungen auf Geräte- und Komponentenebene bestätigten die Leistungsfähigkeit der Komponenten. Der komplette HGÜ-Hybridschalter wurde in einer Demonstrationsanlage bei ABB verifiziert. Bild 10 zeigt ein Schaltereignis mit einem Spitzenstrom von 9 kA und einer Verzögerungszeit zum Öffnen des schnellen Trennschalters im parallelen Zweig zum Hauptleistungsschalter von 2 ms. Der maximale Bemessungs-Fehlerstrom von 9 kA stellt die Grenze für die aktuelle Generation von Halbleiterelementen dar. Die nächste Generation wird eine Ausschaltleitung von bis zu 16 kA ermöglichen. Der Zweck der Prüfungen war die Verifizierung der Schaltleistung der leistungselektronischen Teile und der Öffnungsgeschwindigkeit des schnellen mechanischen Trennschalters. Die geprüfte Anordnung bestand aus einer unidirektionalen 80-kV-Hauptleistungsschalterzelle sowie dem schnellen Trennschalter und dem Kommutierungsenschalter. Die höhere Bemessungsspannung wird durch Reihenschaltung mehrerer Hauptleistungsschalterzellen erreicht. Entsprechende Prüfungen wurden nicht nur für normale Schaltereignisse, sondern auch für Situationen mit ausgefallenen Schalterkomponenten durchgeführt.

Résumé

Les disjoncteurs hybrides CCHT, un composant clé

Un grand pas d'accompli vers les réseaux CCHT

La totalité des lignes CCHT (courant continu haute tension) actuellement réalisées sont des liaisons point à point. Le domaine d'application de cette technique pourrait être considérablement étendu s'il était possible de réaliser des lignes à plus de deux points de raccordement qui seraient susceptibles, en fin de compte, d'être transformées en réseaux CCHT. Jusqu'à présent, il manquait toutefois un disjoncteur qui se prête à de telles tensions et vitesses et qui présente également des pertes acceptables. Ce n'est plus le cas depuis la réalisation du nouveau disjoncteur CCHT de la société ABB.

Les disjoncteurs CCHT doivent pouvoir couper le courant dans un délai plus court que celui nécessaire à une installation à courant alternatif comparable, et ce, en raison d'une basse impédance des lignes. Les disjoncteurs CCHT à semi-conducteurs présentent certes une rapidité suffisante, mais les semi-conducteurs se trouvant en permanence dans le circuit du courant, ils génèrent des pertes de conduction trop importantes.

Afin de réduire ces dernières à un niveau minimal, un disjoncteur CCHT a été conçu de sorte à ce que le courant circule uniquement par une dérivation en service normal. Si un défaut survient sur le réseau, un interrupteur de commutation fait alors circuler le courant sur le disjoncteur principal. Le sectionneur s'ouvre et protège ainsi l'interrupteur de commutation de la tension primaire qui se forme au-dessus du disjoncteur principal pendant que le courant ne circule plus dans la dérivation. La dérivation permet de réduire les pertes de conduction du disjoncteur hybride CCHT à une fraction de celles qui surviennent dans le cas d'un pur interrupteur à semi-conducteurs, soit à 0,01 % de la puissance transportée.

No

Ausblick

Durch die Einführung der BiGT-Technologie (Bimode Insulated Gate Transistor) [3] mit rückwärts leitender Diode auf dem IGBT-Chip wird sich das Ausschaltvermögen aktueller druckkontaktierter Module verdoppeln.

Schnelle, zuverlässige und nahezu verlustfreie HGÜ-Leistungsschalter und Strombegrenzer auf der Basis des HGÜ-Leistungsschalterkonzepts wurden auf Komponenten- und Systemebene für HGÜ-Spannungen bis 320 kV und Bemessungsströme von 2 kA geprüft. Dadurch konnte ein bedeutendes Hindernis bei der Realisierung von HGÜ-Netzen ausgeräumt werden. Der nächste Schritt besteht darin, einen solchen Schalter an einer echten HGÜ-Übertragungsleitung zu testen.

Literatur

- C. M. Franck, «HVDC Circuit Breakers: A Review Identifying Future Research Needs», IEEE Trans. on Power Delivery. Vol. 26, April 2011: 998–1007.
- G. Asplund, «HVDC switch for current limitation in a HVDC transmission with voltage source converters», European Patent EP0867998B1.
- J. Hafner, B. Jacobson, «Proactive Hybrid HVDC Breakers – A key innovation for reliable HVDC grids», Cigré Bologna, 2011, Paper 0264.

Referenzen

- [1] A. Ekstrom, H. Hartel, H. P. Lips, W. Schultz, D. Kind, «Design and testing of an HVDC circuit breaker», Cigré-Session 1976. Paper 13–06.
- [2] J. Magnusson, O. Hammar, G. Engdahl, «Modelling and Experimental Assessment of Thomson Coil Actuator System for Ultra Fast Mechanical Switches for Commutation of Load Currents», International Conference on New Actuators and Drive Systems, Bremen, 14.–16. Juni 2010.

- [3] M. Rahimo, A. Kopta, U. Schlapbach, J. Vobecky, R. Schnell, S. Klaka, «The Bi-mode Insulated Gate Transistor (BiGT) – A potential technology for higher power applications», 2009, Proc. ISPSD09: 283.

Angaben zu den Autoren

Magnus Callavik ist Vice President Technology der Business Unit Grid-Systeme bei ABB.
ABB Grid Systems, Västerås, Schweden,
magnus.callavik@se.abb.com

Anders Blomberg, ehemals R&D-Projektleiter bei ABB Grid Systems.
Jürgen Häfner ist R&D-Manager, ABB Power Systems, Grid System, HVDC.
ABB Grid Systems, Ludvika, Schweden
jürgen.hafner@se.abb.com

Björn Jacobson ist Local Business Unit Manager bei ABB Power Systems, Grid System, ABB China.
ABB Grid Systems, Peking, China
bjorn.jacobson@cn.abb.com

Anzeige

The advertisement features a clear glass filled with water, which has a stethoscope wrapped around its middle. The background is a warm, golden-yellow gradient. In the bottom right corner, there is a logo for HELVETAS with the text "Handeln für eine bessere Welt". The main text in the center reads "SAUBERES WASSER IST DER BESTE KINDERARZT AFRIKAS." Below this, smaller text encourages people to wish for clean water for children in Africa at WWW.MEIN-WUNSCH.ORG. A small circular logo in the bottom left corner contains the text "ZEWOD CERTIFIED".