

Leistungsschalter für die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Peter Lips, Adelsdorf

erschienen in: ETG Journal 2018, H. 1, S. 70-71

Zu den Entwicklungsaktivitäten während der 75 Jahre Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) gehörten auch Überlegungen, wie man ein Gleichstrom-Mehrpunktnetz betreiben und wie man im Fehlerfall einen Strom abschalten kann, der keine Nulldurchgänge hat. Bereits Ende der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts gab es Konzepte zur Regelung der Stationen in einem HGÜ-Netz im Normalbetrieb und bei Leitungsfehlern [1]. Das Thema HGÜ-Schalter aber wurde in der Fachwelt noch heiß diskutiert: Es gab durchaus unterschiedliche Vorstellungen und Konzepte [2], [3]. In Deutschland widmete sich Professor *Erwin Marx*¹, Leiter des Hochspannungsinstituts der TU Braunschweig, dieser Herausforderung. Auf der Basis von Forschungsarbeiten zum Erzeugen sehr hoher Lichtbogenspannung in Flüssigkeiten wurden Versuchsschalter erprobt, bei denen der Schaltlichtbogen durch rasche Ölströmung verlängert und intensiv gekühlt wurde [4].

Im Mai 1970 fand in Braunschweig eine Diskussion zwischen Vertretern verschiedener Arbeitskreise statt, die sich mit Leistungsschaltern für hohe Gleichspannungen befassten. Nach diesem „HGÜ-Schalterttag“ wurde eine Arbeitsgruppe HGÜ-Schalter gebildet, bestehend aus dem inzwischen von Professor *Dieter Kind*² geleiteten Hochspannungsinstitut der TU-Braunschweig, den drei deutschen Firmen AEG, BBC und Siemens, sowie der schwedischen ASEA. Diese Gruppe war international als die europäische Schule bekannt. Nach ihrem Konzept sollte ein Schalter im HGÜ-Mehrpunktnetz so bemessen sein, dass er eine Leitung im laufenden Betrieb abschalten kann, ohne dass das gesamte Netz heruntergefahren werden muss. Im Fehlerfall sollten die schnell regelbaren Stromrichterstationen den Fehlerstrom auf den Nennstrom begrenzen und so auch für diesen Fall dem Schalter das Abschalten ermöglichen.

Die Arbeitsgruppe HGÜ-Schalter entwickelte einen Schalter, bei dem der abzuschaltende Strom durch die Lichtbogenspannung mit Hilfe einer Funkenstrecke in einen Nebenweg kommutiert und die Energie des Kreises nicht im Lichtbogen des Schalters sondern in einem

¹ Erwin Otto Marx (1893-1980) deutscher Elektrotechniker, 1925-1945 und 1950-1962 Professor für Hochspannungstechnik an der TH Braunschweig, Arbeiten auf dem Gebiet der elektrischen Energieübertragung, insbesondere der HGÜ. Siehe: Maier, Helmut: Erwin Marx (1893-1980). Stuttgart 1993 [Anm. d. Hrsg.]

² Siehe auch die Publikation: Kind, Dieter: Über die Entwicklung des Marxschen Lichtbogenstromrichters. In: ETG Mitgliederinformation 2017, H. 1, S. 72-76 [Anm. d. Hrsg.]

Überspannungsableiter umgesetzt wird. Ein Prototyp wurde am Hochspannungsinstitut in Braunschweig gebaut und verifiziert und 1974 in den Forschungsanlagen der 400-kV-FG bis zu einem Strom von ca. 2.500 A erfolgreich geprüft. Als Schaltelement diente ein konventioneller ölarmen Schalter aus der Wechselstromtechnik (Bild 1).

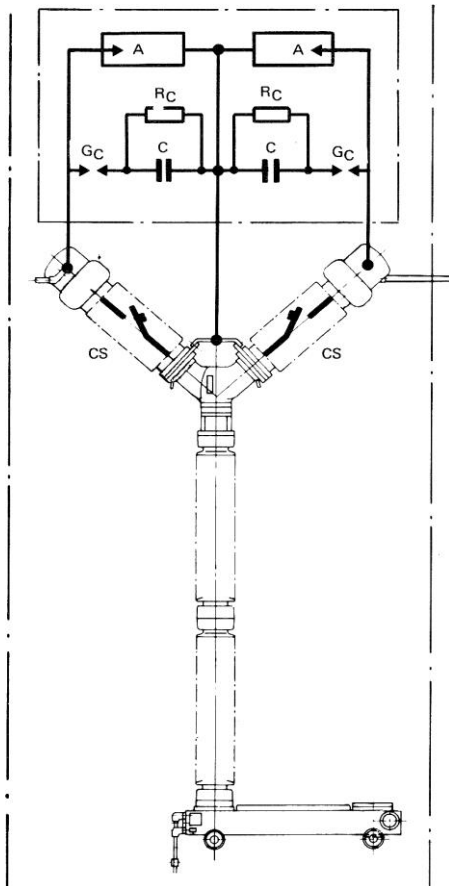


Bild 1 Schema des in der Arbeitsgruppe HGÜ-Schalter entwickelten Schalters;
Quelle: Autor

Die Ergebnisse dieser Entwicklung sind in einem CIGRE Bericht von 1976 dokumentiert [5]. Was jetzt fehlte, war eine echte Anwendung, aber die wagte wohl niemand zu planen, weil der Schalter ja „nur“ im Prüffeld seine Eignung bewiesen hatte und nicht in einer praktischen Anlage.

Es ist das Verdienst der Bonneville Power Administration (BPA), Portland, Oregon, zusammen mit dem Electric Power Research Institute (EPRI) und dem amerikanischen Energieministerium (DOE), sich um Abhilfe bemüht zu haben. Sie stellten Gelder zur Verfügung, um einen Prototyp für 500 kV, 2.000 A zu entwickeln und in der Pacific DC Intertie³ im Westen der USA zu erproben. Aus der amerikanisch-japanischen Schule übernahm Westinghouse die Aufgabe, aus der europäischen Schule stellte sich BBC Schweiz

³ Pacific DC Intertie, HGÜ-Verbindung im Westen der USA, gebaut von ASEA und General Electric, transportiert Elektronenergie aus dem Bundesstaate Oregon in den Großraum Los Angeles [Anm. d. Hrsg.]

der Herausforderung und entwickelte einen Prototypen auf der Basis ihres serienmäßigen Druckluftschalters.

BBC verwendete nur noch passive Komponenten [5]: Der Nebenweg bestand jetzt statt der Kombination Funkenstrecke plus Kondensator aus einem Schwingkreis, der durch die Lichtbogenspannung zu aufklingenden Schwingungen angeregt wurde und so einen Nulldurchgang im Schalter erzeugte (Bild 2).

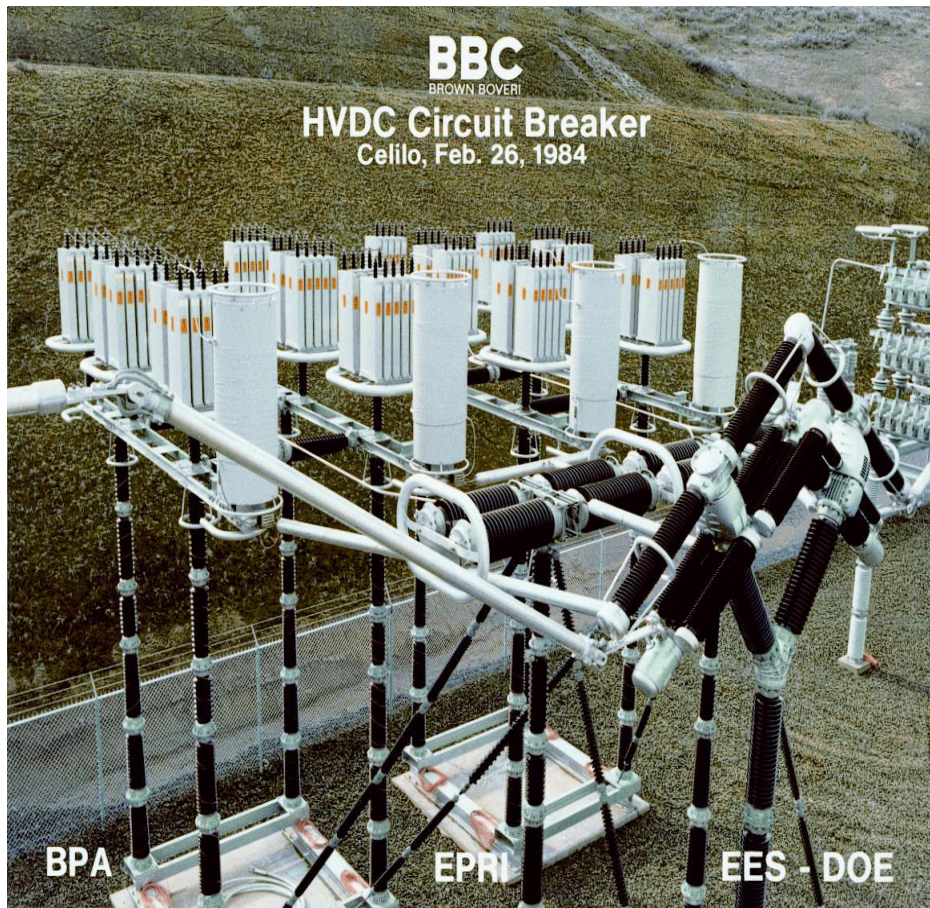


Bild 2 HGÜ-Schalter (Prototyp) von BBC Brown Boveri bei der Feldprüfung. Im Vordergrund rechts der 500-kV-Druckluftschalter, unmittelbar dahinter die MO (Metalloxid)-Überspannungsableiter, und im Hintergrund Spulen und Kondensatoren für den Schwingkreis; Quelle: Autor

Die Feldprüfung 1984 mit 500 kV, 2.000 A war ein voller Erfolg. Der Westinghouse Schalter dagegen konnte die Anforderungen nicht erfüllen [6].

Das Konzept dieses Schalters ist inzwischen zum Standard als sogenannter „metallic return transfer breaker“ im Erdanschlusspunkt der HGÜ-Stationen geworden. Eine echte Anwendung in einem Netz hat es allerdings bisher immer noch nicht gegeben. Das dürfte auch am Gesamtkonzept mit dem Einbeziehen der Stromrichterregelung liegen; dafür wurden in Simulationen Zeiten von 150 ms vom Eintritt eines Leitungsfehlers bis zum vollständigen Wiederherstellen der Übertragung ermittelt. In den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts

wurde das für die Stabilität der angeschlossenen Drehstromnetze noch als unkritisch angesehen, was sich aber grundlegend geändert hat. Daneben hat sicher auch die Eigenschaft der netzkommutierten Stromrichter eine Rolle gespielt, dass Energierichtungswechsel nur durch Umpolen der Spannung erreicht werden können. Ein flexibler Übertragungsbetrieb in einem Mehrpunktnetz wäre damit nur schwer zu realisieren gewesen.

Mit dem schnellen Vordringen der Spannungszwischenkreisumrichter in die HGÜ ist eine neue Situation entstanden. Weil deren Gleichspannung konstant ist, sind sie sehr viel besser geeignet zum Aufbau von Gleichstromnetzen. Und in der Tat werden Studien dazu in den einschlägigen Arbeitsgruppen der CIGRE bereits durchgeführt. Damit wird auch die Notwendigkeit von HGÜ-Schaltern aktuell, allerdings werden Fehlerbereinigungszeiten von 150 ms nicht akzeptabel sein. Das erprobte Schalterkonzept aus dem letzten Jahrhundert dürfte deshalb nur noch historischen Wert haben. Wenn in Zukunft HGÜ-Netze entstehen, werden sie mit Geräten auf der Basis von abschaltbaren Leistungshalbleitern ausgerüstet werden.

Literatur

- [1] Foerst, R.; Heyner, G.; Kanngießer, K. W.; Waldmann, H.: Multiterminal Operation of HVDC Converter Stations. In: IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS 88, No. 7, July 1969, S. 1042-1052
- [2] Working Group 03 of Study Committee No.13 (Switching Equipment): HVDC Switching Devices and Arrangements. In: Electra 1971, No. 18, S. 9-65
- [3] Working Group 03 of Study Committee No.13 (Switching Equipment): Application of HVDC Circuit Breakers. In: Electra 1973, No. 31, S. 53-64
- [4] Härtel, H.; Kind, D.; Marx, E.; Möllenhoff, K.; Salge, J.: Entwicklung und Erprobung eines Versuchsschalters für die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung. ETZ-A 89 (1968) H. 18, S. 421-423
- [5] Ekström, A.; Härtel, H.; Holfeld, H.; Kind, D.; Lips, H. P.; Schultz, W.; Joss, P.: Design and Testing of an HVDC Circuit Breaker. CIGRE 1976, Paper 13-06
- [6] Bachmann, B.; Mauthe, G.; Ruoss, E.; Lips, H. P.: Development of a 500 kV Airblast HVDC Circuit Breaker. In: IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS 104, No. 9, September 1985, S. 2460-2466
- [7] Vithayathil, J. J.; Courts, A. L.; Peterson, W. G.; Hingorani, N. G.; Nilsson, S.; Porter, J. W.: HVDC Circuit Breaker Development and Field Tests. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS 104, No. 10, October 1985, S. 2693-2705