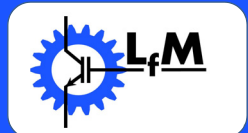




# Dr.-Ing. André Schön

## „Gleichspannungswandler für die Hochspannungsgleichstromübertragung“

### Promotionsprüfung am 28.09.2015



### Kurzfassung

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit Gleichspannungswandlern für die Hochspannungsgleichstromübertragung und deren Aufgaben als Verbindungselement zwischen HVDC Trassen bzw. HVDC-Netzen unterschiedlicher Nennspannung. Neben der Hauptaufgabe, einen direkten Lastfluss zwischen HVDC-Trassen unterschiedlicher Nennspannung zu ermöglichen und diesen zu steuern, sind dabei auch die Möglichkeit zum direkten Leistungsaustausch mit einem angrenzenden Wechselspannungsnetz, die Möglichkeit zur Abschaltung eines DC-Kurzschlusses auf einer der beteiligten HVDC-Trassen und die Möglichkeit zum unsymmetrischen Betrieb einer bipolaren HVDC-Trasse wichtige Fähigkeiten eines HVDC-DC-Wandlers.

Im Rahmen dieser Dissertation wurde ein neuartiger, einstufiger HVDC-DC-Wandler entwickelt. Dieser HVDC-Spartransformator basiert auf der DC-seitigen Serienschaltung von zwei Spannungszwischenkreisumrichtern, wobei die Summe beider DC-Klemmenspannungen die DC-Oberspannungsseite und die DC-Klemmenspannung des unteren Konverters die DC-Unterspannungsseite bildet. Der Vorteil dieser Topologie besteht darin, dass hierbei nur ein Teil der zu übertragenden DC-Leistung wechsel- und wieder gleichgerichtet werden muss und daher deutlich geringere Verluste anfallen sowie ein deutlich geringerer Schaltungsaufwand notwendig ist.

Im Verlauf der Arbeit wurden die Front-to-Front-Topologie (Abb. 1) nach dem Stand der Technik, der neuartige HVDC-Spartransformator (Abb. 4) sowie zwei weitere, in der Literatur vorgeschlagene HVDC-DC-Wandertopologien, der Modular Multilevel DC Converter und der Dual-Active-Bridge HVDC-DC-Wandler, analysiert, deren Dimensionierung diskutiert und anhand ihrer funktionalen Möglichkeiten, ihres Schaltungsaufwands sowie ihrer Schaltungseffizienz miteinander verglichen. Da sowohl die Front-to-Front-Topologie als auch der HVDC-Spartransformator und der Modular Multilevel DC Converter auf dem Modularen Multilevel Umrichter basieren, wurden hierfür zunächst die Funktionsweise und die Dimensionierung eines MMCs grundlegend diskutiert (Abb. 8).

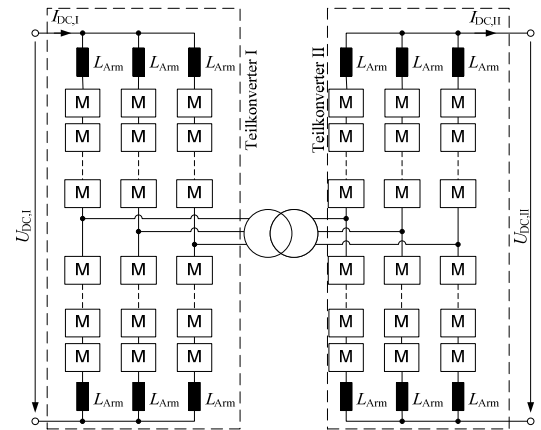


Abb. 1: Front-to-Front -HVDC-DC Wandler

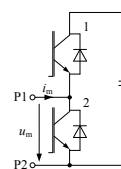


Abb. 2: Halbbrückenmodul

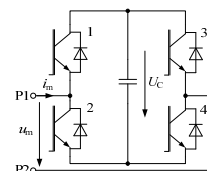


Abb. 3: Vollbrückenmodul

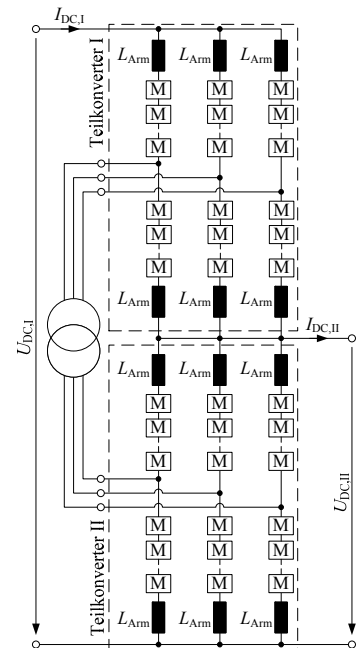


Abb. 4: HVDC-Spartransformator

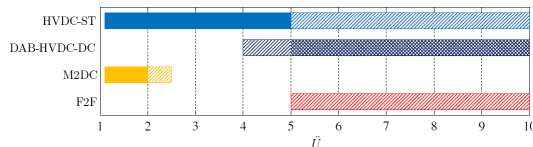


Abb. 5: Zuordnung der untersuchten HVDC-DC-Wandertopologien zu den DC-Übersetzungsverhältnissen

Wie der Vergleich aller untersuchten HVDC-DC-Wandertopologien zeigt (Abb. 5-7), ist der HVDC-Spartransformator im relevanten Bereich des DC-Übersetzungsverhältnisses die effizienteste und anhand des leistungselektronischen Schaltungsaufwands die kostengünstigste Gleichspannungswandertopologie für den Einsatz in der Hochspannungsgleichstromübertragung. Der HVDC-Spartransformator ermöglicht dabei alle Funktionen eines Front-to-Front-HVDC-DC-Wandlers, führt jedoch bei jedem Übersetzungsverhältnis auf einen geringeren Schaltungsaufwand sowie einen höheren Gesamtwirkungsgrad als ein HVDC-DC-Wandler nach dem Stand der Technik.

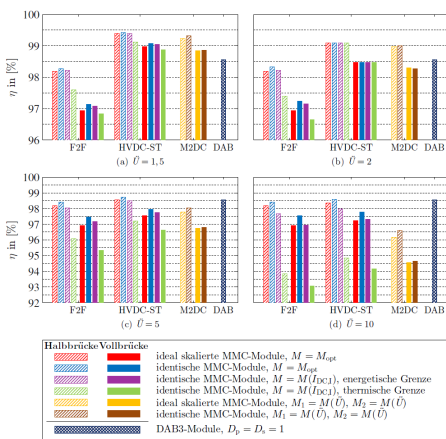


Abb. 6: Vergleich der Gesamtwirkungsgrade der untersuchten HVDC-DC-Wandertopologien für ausgewählte Übersetzungsverhältnisse

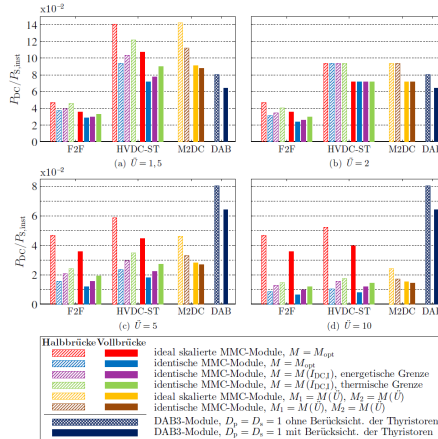


Abb. 7: Vergleich der Ausnutzung der installierten Schalterleistung der untersuchten HVDC-DC-Wandertopologien für ausgewählte Übersetzungsverhältnisse

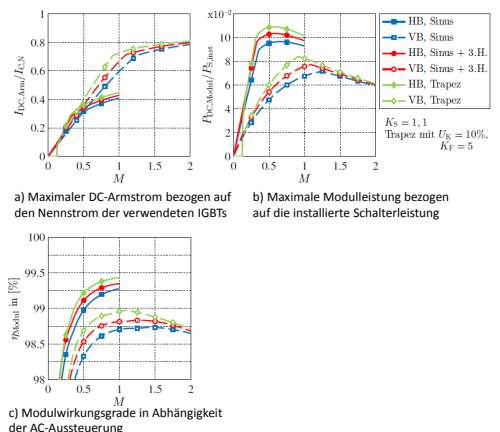


Abb. 8: Maximaler DC-Armstrom, maximale Modulleistung und resultierender Modulwirkungsgrad von Halb- und Vollbrückenmodulen bei sinus- und trapezförmigen Armspannungen in Abhängigkeit der AC-Aussteuerung