

Verhalten von Axialmagnetfeldkontakten in Vakuumschaltern Experimente und Simulationen

Dipl. Ing. B. Fenski

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer

Berichter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Hermann Kärner

Die Arbeit befaßt sich mit dem Ausschaltverhalten von Vakuumleistungsschaltern in Abhängigkeit von der Geometrie der Schaltkontakte. Schwerpunktmäßig werden AMF-Kontakte (Axialmagnetfeld) untersucht, doch werden auch RMF-Kontakte (Radialmagnetfeld) zu Vergleichszwecken herangezogen. Für die Untersuchungen steht eine synthetische Schalterprüfanlage zur Verfügung, mit der einpolige Schaltversuche entsprechend den Verhältnissen im Mittelspannungsnetz durchgeführt werden. Das Ausschaltverhalten wird abgesehen vom Schaltergebnis (Löschung bzw. Versagen) anhand der Bogenspannung, des Nachstromes, des Schirmpotentials und des allgemeinen Belastungsgrades der Anordnungen beschrieben. Begleitet werden die experimentellen Untersuchungen durch dreidimensionale transiente FEM Simulationen der Axialmagnetfeldgenerierung, bei denen auch Wirbelstromeinflüsse berücksichtigt bzw. Maßnahmen zu deren Unterdrückung untersucht werden.

Die Aufrechterhaltung des diffusen Bogenmodus bei AMF-Kontakten läßt sich gut anhand des Verlaufes der Bogenspannung nachweisen. Während hier auch bei höheren Strömen ein glatter stabiler Verlauf mit niedrigen Werten vorliegt (Bild 1a), zeigt der Bogenspannungsverlauf des RMF-Kontaktes (Bild 1b) den durch Spannungsfuktuationen gekennzeichneten instabilen Verlauf des rotierenden kontrahierten Bogens.

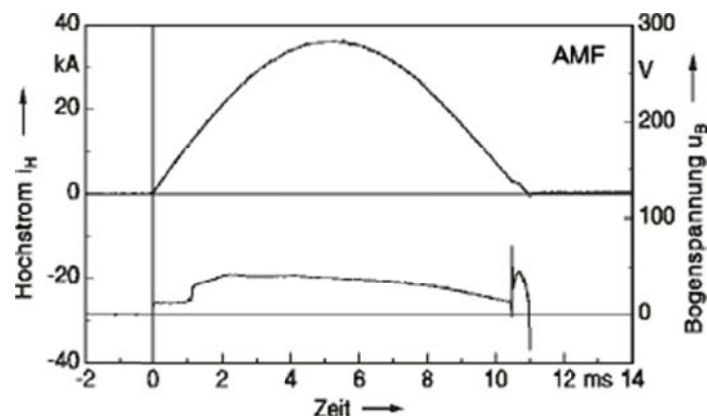


Bild 1a: Oszillogramme von Hochstrom und Bogenspannung beim AMF-Kontakt

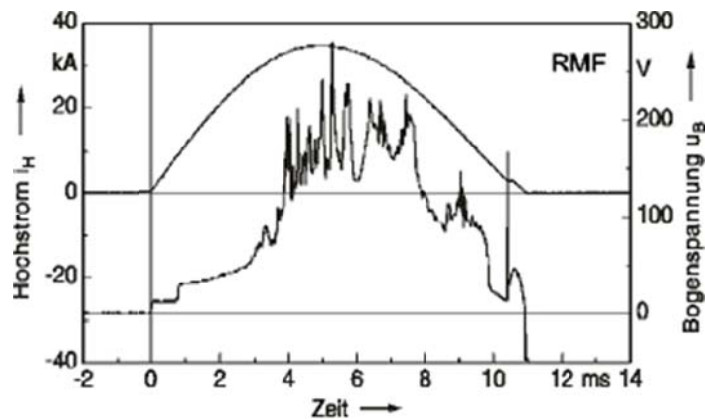


Bild 1b: Oszillogramme von Hochstrom und Bogenspannung beim RMF-Kontakt

Da die Bogenspannung ein Maß für die an den Kontakten umgesetzte Energie ist, wird hier der entscheidende Vorteil von AMF-Kontakten deutlich. Schaltversuche zeigen, daß immer die konstruktive Einheit von Kontakt- und Schirmanordnung betrachtet werden muß. Abgesehen vom Abstand zum Schirm hat auch der durch verdampft und verspritztes Kontaktmaterial belastete Zustand der Schirmwände einen entscheidenden Einfluß auf das Schaltverhalten der gesamten Schaltstrecke.

Das Schaltverhalten der Kontakte wird bis zu Hochströmen von 45 kA in der 36 kV-Ebene untersucht. Wesentlichen Aufschluß über Veränderungen im Schaltverhalten geben hochaufgelöste Messungen im Bereich des Stromnulldurchganges. Hinsichtlich des Schaltvermögens zeigt sich zwischen AMF- und RMF-Kontakten im Durchmesser 90 mm im betrachteten Strombereich kein wesentlicher Unterschied. Dagegen weisen Messungen des Nachstromes nach, daß dennoch deutliche Unterschiede vorliegen. Während Nachstromverläufe des AMF-Kontaktes (Bild 2a) reproduzierbar und linear von der Höhe des Ausschaltstromes abhängen, zeigen Messungen mit RMF-Kontakten (Bild 2b) bei höheren Strömen ein deutlichen Anstieg der Nachstromdauer und des erreichten Maximalwertes. Anhand der durch Integration von Nachstromverläufen festgestellten Nachstromladung läßt sich eine Stromschwelle von ca. 25 kA feststellen, ab der unter den vorliegenden Bedingungen das Verhalten von RMF-Kontakten zunehmend instabiler wird.

Durchgeführte FEM-Simulationsrechnungen verdeutlichen die Entwicklung des Axialmagnetfeldes während eines Schaltvorganges und werden effektiv zur Optimierung der Kontakte herangezogen. Dabei muß immer ein Kompromiß zwischen theoretisch möglicher und in der Praxis einsetzbarer Kontaktgeometrie gefunden werden, um Deformationen der komplexen AMF-Geometrie beim Schalten zu verhindern. Die folgenden Beispiele (Bild 3) zeigen Axialmagnetfeldwerte entlang eines diagonal auf Höhe der Kontaktpaltmitte verlaufenden Pfades von AMF-Kontakten im Durchmesser 62 mm zu unterschiedlichen Zeiten während einer Stromhalbschwingung.

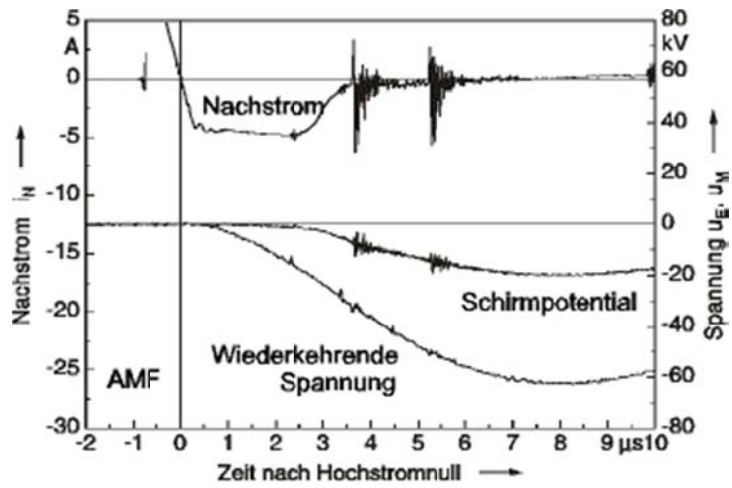


Bild 2a: Stromnullmessung beim AMF-Kontakt (40 kA, 36 kV)

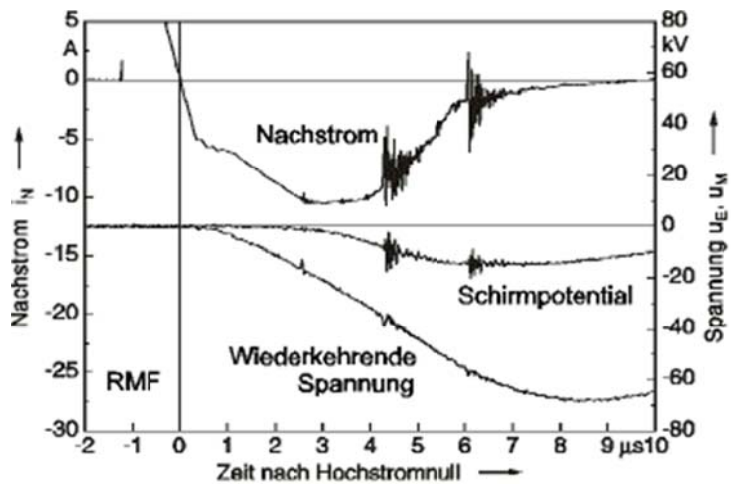


Bild 2b: Stromnullmessung beim RMF-Kontakt (40 kA, 36 kV)

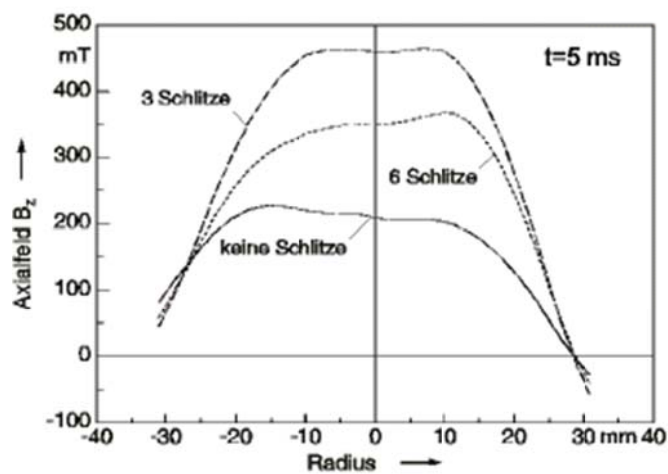


Bild 3a: Axialfeldverteilung zum Zeitpunkt des Hochstromscheitels einer 30 kA-Halbschwingung

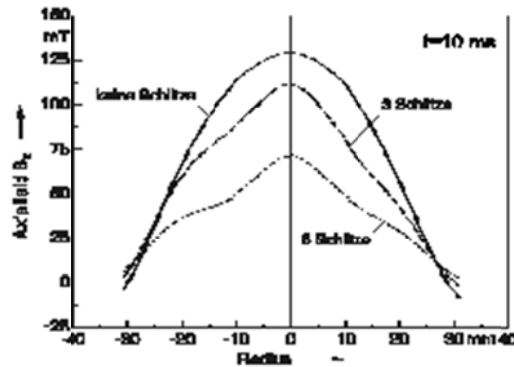


Bild 3b: Axialfeldverteilung im Stromnulldurchgang einer 30 kA-Halbschwingung

Bild 3a verdeutlicht das Optimierungspotential des Axialmagnetfeldes durch Einfügung von Schlitz in die Kontaktplatte (Optimierung des Stromflußweges und Verringerung von Wirbelstromeinflüssen). Werden drei Schlitz in die Kontaktplatte eingefügt, steigt das Axialmagnetfeld um über den doppelten Wert an. Gleichzeitig kann erkannt werden, daß es über die Anzahl der Schlitz auch wieder zu einer Reduzierung des Feldes kommen kann, welche durch eine ungünstige Stromführung innerhalb der Kontaktplatte verursacht wird. Axialfeldwerte zum Zeitpunkt des Stromnulldurchganges (Bild 3b) entsprechen dem durch Wirbelströme verursachten Restmagnetfeld, das ein seitliches Abströmen von Restplasma behindert und daher hinsichtlich einer Optimierung möglichst niedrige Werte annehmen soll.