Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 13

Artikel: Vakuum-Leistungsschalter

Autor: Kurth, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905266

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: 17.07.2025

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

Vakuum-Leistungsschalter

Von R. Kurth

621.316.542.9:533.5;

Das elektrische Netz als verbindendes Element zwischen Kraftwerk und Verbraucher bestimmt im wesentlichen die Anforderungen an die Schaltanlagen und Schaltgeräte. Die folgenden Ausführungen befassen sich mit dem Leistungsschalter, der die Aufgabe hat, jederzeit jeden auftretenden Fall ohne Beeinflussung des Netzes zu beherrschen. Insbesondere wird auf die Vorteile von Leistungsschaltern mit Vakuumröhren sowie die Anwendung von Vakuumleistungsschaltern in Mittelspannungsnetzen eingegangen.

En tant qu'élément de liaison entre usine électrique et consommateurs, le réseau électrique détermine les principales exigences posées aux installations et appareils de couplage. Cet exposé concerne les disjoncteurs, dont la tâche consiste à maîtriser en tout temps chaque incident d'exploitation, afin que le réseau ne soit pas troublé. L'auteur décrit notamment les avantages que présentent les disjoncteurs à vide, ainsi que leur emploi dans des réseaux de moyenne tension.

1. Die Aufgaben des Leistungsschalters

Die aktiven Elemente, die eigentlichen Kontakte eines Leistungsschalters, arbeiten in einer Umgebung, die den Schaltvorgang positiv beeinflussen sollte. Zum Löschen von Wechselstromlichtbogen wird nach wie vor der natürliche Stromnulldurchgang ausgenützt. Die wichtigste Aufgabe eines Löschmediums besteht darin, die Schaltstrecke zu entionisieren. Die Wiederverfestigung der Schaltstrecke, d. h., eine möglichst unendliche Spannungsfestigkeit des offenen Schalters muss schnell erreicht werden, so dass ein Rückzünden beim Schalten von kapazitiven Strömen vermieden wird. Beim Trennen der Kontakte eines Schalters treten in der Löschkammer Lichtbögen auf, deren Energie möglichst klein sein sollte, damit Kontaktstücke und Löschkammer thermisch wenig beansprucht werden.

Bisher wurden gasförmige (Luft, Schwefelhexafluorid) oder flüssige (Wasser, Öl) Löschmittel verwendet (Fig. 1). Mittels der aufgeführten Löschmittel wird erreicht, dass der Lichtbogen schon vor Erreichen der Mindestlöschdistanz und vor dem darauffolgenden Nulldurchgang gekühlt wird. Durch die dadurch erhöhte Lichtbogenleistung werden die Kontaktstücke und das Löschmittel angegriffen und damit die Lebensdauer eines Schalters begrenzt. Ferner muss zur Einhaltung der notwendigen Entionisierung das Löschmittel bei kleinen Strömen im allgemeinen zwangsweise und bei grösseren Strömen durch den Lichtbogen, d. h. stromabhängig, bewegt werden. Während des Löschvorganges müssen oder werden zwangsweise hohe Drücke aufgebaut, die eine Gefahrenquelle darstellen.

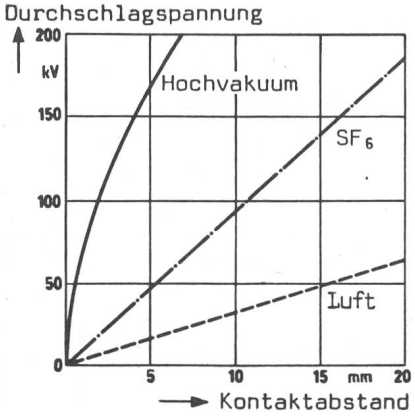

Fig. 1 Verlauf der Durchschlagspannung einer Vakuumschaltstrecke in Abhängigkeit vom Kontaktabstand im Vergleich zu Luft und SF_6 bei 1 bar Druck

2. Wirkungsweise der Vakuumschaltröhren

Die im folgenden beschriebenen Vakuumschaltröhren für Mittelspannungs-Leistungsschalter verwenden kein Löschmittel. Beim Öffnen der Kontakte wird durch den auszuschaltenden Strom eine Metalldampf-Bogenentladung eingeleitet. Über diesen Metalldampflichtbogen (-plasma) fliesst nun der Strom bis zum nächsten Nulldurchgang. Der Lichtbogen erlischt in der Nähe des Strom-Nulldurchgangs, und der leitfähige Metalldampf kondensiert innerhalb weniger Mikrosekunden auf den Metallflächen; damit wird die Schaltstrecke sehr schnell verfestigt. Durch eine genügende Gasfreiheit des Kontaktstückmaterials tritt daher unter dem Einfluss des Metalldampflichtbogens auch keine Veränderung des Vakuums auf.

Aufgrund der schnellen Wiederverfestigung der Schaltstrecke im Vakuum wird der Lichtbogen auch dann noch sicher gelöscht, wenn die Kontakttrennung kurz vor einem Nulldurchgang erfolgt.

In der Vakuumschaltröhre wird der Lichtbogen nicht gekühlt. Das Metalldampfplasma hat eine hohe Leitfähigkeit. Daraus resultiert eine äusserst kleine Brennspannung (20... 200 V). Wegen der kurzen Lichtbogenzeiten und der kleinen Lichtbogenspannungen ist der Energieumsatz in der Schaltstrecke sehr klein. Dies erklärt vor allem die hohe elektrische Lebensdauer der Vakuum-Schaltröhren.

Aufgrund des hohen Vakuums (bis 10^{-9} bar) in der Schaltröhre sind zum Erreichen einer hohen dielektrischen Festigkeit bei offenen Kontakten nur Abstände von 10...20 mm erforderlich (Fig. 1). Nach dem Abschalten grösster Kurzschlußströme tritt in den Vakuumröhren kein Überdruck auf, so dass prinzipiell keine Explosionsgefahr besteht und keine Gase oder brennenden Dämpfe aus dem Schaltraum nach aussen treten können.

2.1 Aufbau der Vakuumschaltröhren

Der später im einzelnen erläuterte Aufbau einer Vakuumschaltröhre besteht generell aus einem festen und einem bewegbaren Schaltstück und dem vakuumdichten Röhrengehäuse mit Mittelschaltkammer und symmetrisch angeordneten Keramikisolatoren (Fig. 2). Der Kontaktspalt wird durch einen metallischen Schirm umschlossen. Durch diesen Schirm wird vermieden, dass die geringfügigen Kondensationsprodukte des Metalldampflichtbogens den Widerstand der Isolatoren auf der Innenseite der Röhre unzulässig verschlechtern.

Die Konstruktionsweise einer Vakuumschaltröhre ist entscheidend für deren Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit. Aufgrund der hohen dielektrischen Festigkeit des Vakuums

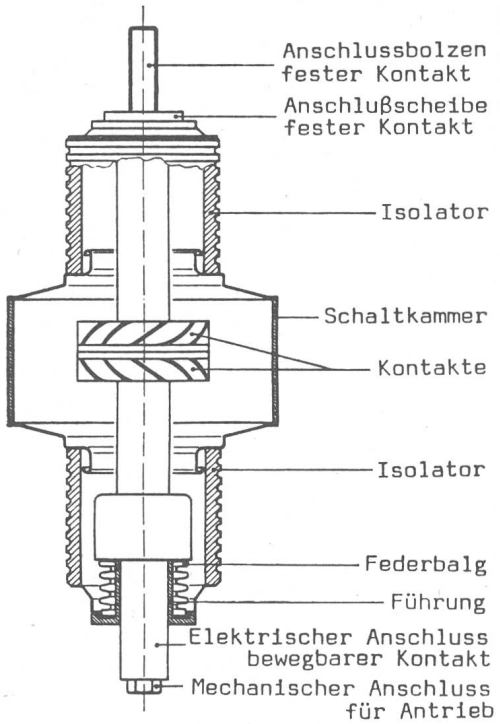

Fig. 2 Aufbau einer Vakuumschaltröhre
Typ VS 10005 von Siemens

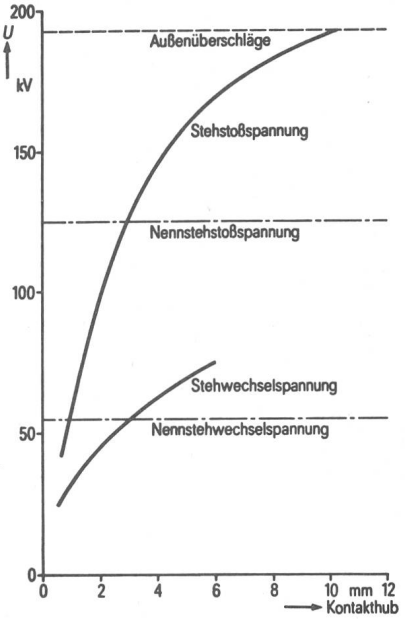

Fig. 3 Spannungsfestigkeit der Vakuumschaltröhre für 24 kV

kommt man beim Ausschaltvorgang mit einem verhältnismässig kleinen Hubweg des beweglichen Kontaktstückes aus. Die vier Betriebszustände der Vakuumschaltröhre sollen nun im einzelnen betrachtet werden.

2.2 Offene Kontakte

Die ausgeschaltete Vakuumschaltröhre wird dielektrisch durch die angelegte Nennspannung und bei Überspannungen durch Stoßspannung beansprucht. Die Stoßspannungsfestigkeit des Kontaktspaltes wird durch den Feldverstärkungsfaktor der Kontaktoberfläche, d. h. durch die Rauhigkeit der Kontaktoberfläche, bestimmt. In der Praxis wird der Betriebshub daher so gewählt, dass die dielektrischen Prüfspannungen vom Kontaktspalt gehalten werden (Fig. 3). Im wenig beanspruchten Rückraum der Kontakte bis hin zu den Isolatoren ist die dielektrische Beanspruchung durch die Konstruktion gegeben und leicht beherrschbar. Dielektrische Spannungszusammenbrüche treten auf, wenn metallischer Staub mit einer Korngrösse um einige µm durch das elektrische Feld im Kontaktspalt beschleunigt wird. Nach *Cranberg*[1]) nehmen die Metallteilchen eine so grosse kinetische Energie im elektrischen Feld auf, dass sie beim Auftreffen auf der Gegenelektrode explosionsartig verdampfen und damit einen Spannungszusammenbruch einleiten können. Spannungszusammenbrüche an geöffneten Kontakten der Vakuumschaltröhren treten auch auf, wenn sich der Druck in der Röhe auf über 10^{-5} bar erhöht, so dass die unselbständige Entladung in eine selbständig gezündete Bogenentladung übergeht (Fig. 4 und Fig. 5).

Metallischer Staub wird durch saubere Bauteile und staubfreie Montage, die selbstverständliche Voraussetzung für einwandfreie Qualität sind, vermieden. Ebenso ist es wichtig, dass während der gesamten Lebensdauer der Schaltröhre ein Innen-

[1]) «Journal of applied physics» 23(1952), S. 518...522.

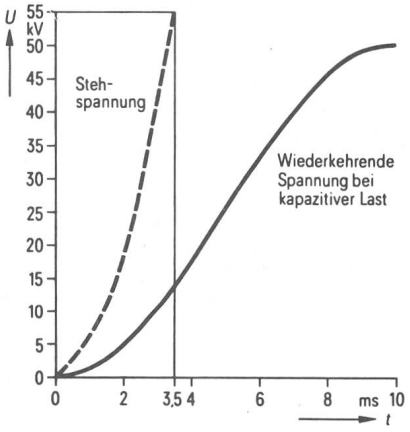

Fig. 4 Dynamisches Spannungsverhalten der Vakuumschaltströme für 24 kV

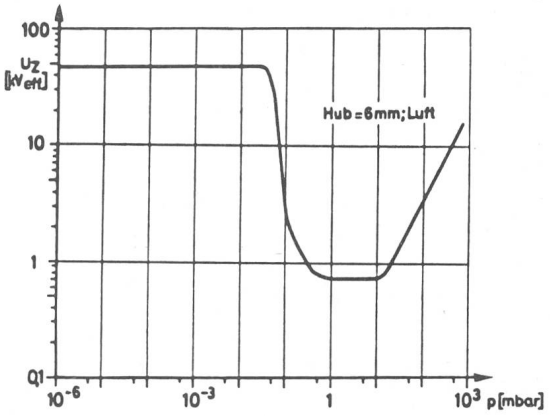

Fig. 5 Zündspannung von Vakuumschaltröhren

druck $< 10^{-7}$ bar erhalten bleibt. Das wird neben der Verwendung reiner und gasarmer Werkstoffe durch besondere Ausheiz- und Formierprozesse erreicht.

2.3 Einschaltvorgang

Da die Spannungsfestigkeit der Vakuumschaltstrecke sehr gross ist, wird beim Einschaltvorgang ein Vorüberschlag erst bei sehr kleinen Kontaktabständen auftreten. Selbst bei sehr ungünstiger Phasenlage der anliegenden Spannung ist die Stromzeit des Vorüberschlages vor Kontaktberührung meist kleiner als 1 ms. Bei sehr kleinen Kontaktabständen ist aber die Brennspannung der Metalldampfentladung nie grösser als 20 V, so dass die im Vorüberschlag umgesetzte Lichtbogenenergie bei dem gewählten Kontaktmaterial zu keinen Verschweissungen führt.

Das Vakuumschaltprinzip ist von der Einschaltgeschwindigkeit weitgehend unabhängig, so dass der Antrieb so ausgelegt werden kann, dass Prellerscheinungen bei der galvanischen Berührung der ebenen Kontaktoberflächen klein gehalten werden und die Kontaktöffnung beim Einschalten von Kurzschlusseinschaltströmen durch genügend hohen Kontaktdruck vermieden wird.

2.4 Geschlossene Kontakte

Durch den fliessenden Strom erwärmt sich der geschlossene Vakuumschalter durch die Jouleschen Verluste in der Strombahn. Magnetische Werkstoffe, die durch Wirbelstromverluste zusätzliche Erwärmungen bringen können, werden bei grossen Stromstärken weitgehend vermieden.

Bei der schlanken Röhrenkonstruktion, bei der je ein Isolator auf beiden Seiten der Schaltkammer die Schaltstücke isoliert, werden die Erwärmungsverluste etwa je zur Hälfte vom ohmschen Widerstand der Strombahn und dem Kontaktwiderstand bei vorgeschriebenem Kontaktdruck erzeugt. Der zuverlässige galvanische Kontakt beim Nennkurzschluss-Einschaltstrom erfordert bei ebenen Kontakten einen verhältnismässig hohen Kontaktdruck, der quadratisch mit dem Strom ansteigt und Streuungen des Kontaktwiderstandes ausschliesst. Für die Dimensionierung des Schalters wird vom Hersteller der Vakuumschaltröhre die Verlustleistung beim Betriebsstrom angegeben. Diese wird etwa zu 70 % über die Stromanschlussbolzen und zu 30 % über das Gehäuse an die Luft abgegeben.

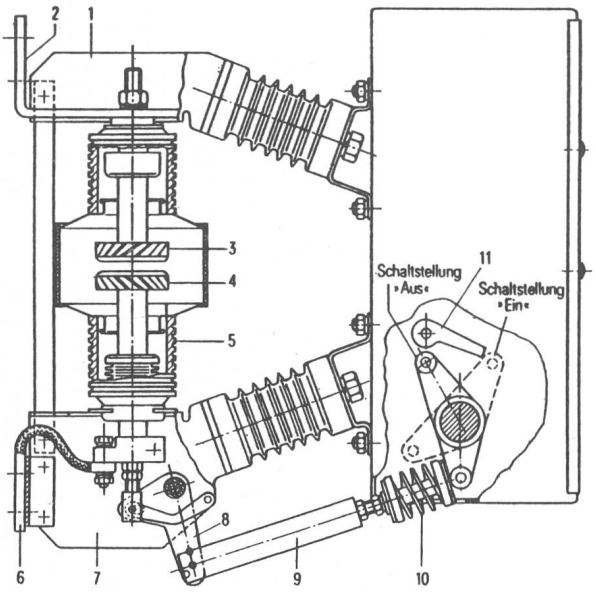

Fig. 6 Aufbau und Funktionsweise des Vakuum-Leistungsschalters

1 Schaltröhrenträger	7 Schaltröhrenträger
2 Schalteranschluss	8 Winkelhebel
3 Schaltstück, fest	9 Isolierkoppel
4 Schaltstück, beweglich	10 Kontaktdruckfeder
5 Röhrengehäuse	11 Auslöseklinke
6 Schalteranschluss	

2.5 Ausschaltvorgang

Zum Ausschalten eines Wechselstromes wird der bewegliche Kontakt durch einen geeigneten Antrieb auf Nennhub geöffnet (Fig. 6). Dabei entsteht im Kontaktspalt eine Metalldampfbogenentladung (diffus bis 10 kA, kontrahiert ab 10 kA), über die der Strom bis zum nächsten Nulldurchgang fliesst. Die Brennspannung zwischen den Kontakten nimmt mit dem Strom und mit dem Kontakthub zu. Sie liegt in ihren Maximalwerten zwischen 20 V und 200 V. Von der Kathode treten die Elektronen aus einzelnen helleuchtenden Kathodenflecken von der flüssigen Oberfläche des Metalls durch Feldelektronen-Emission in den Entladungsraum aus. Im Abstand einer freien Weglänge von der Metalloberfläche wird der gleichzeitig emittierte Neutraldampf des Metalls vom Elektronenstrom ionisiert und zwischen Kathode und Anode ein Plasma mit meist geringem Spannungsgradienten aufgebaut. Im Kathodenfall von etwa 10 V zwischen Kathodenoberfläche und Ionisationszone werden die Ionen zur Kathode beschleunigt und heizen den Kathodenfleck bis zur Verflüssigung des Materials auf. Die Stromstärke einzelner Kathodenflecke beträgt bis zu 200 A. Trägermangel im Kontaktspalt führt zu höherer Brennspannung mit vermehrter Bildung von Neutraldampf und Kontraktion der Entladung. Die kontrahiert brennende Entladung heizt die Anode an der Stromeintrittsstelle wegen der stark erhöhten Stromdichte sehr rasch über den Schmelzpunkt des Materials auf, so dass die Löschsicherheit nach Stromnulldurchgang gefährdet werden kann. Durch besondere Geometrie der Kontakte (Topfkontakte) und Anbringen von gegenläufigen schrägen Schlitzen (vgl. Fig. 2) sowie unter Ausnützung des Eigenmagnetfeldes des Stromes wird eine resultierende Kraft erzeugt, die den Kathodenfleck (die Bogenentladung) mit 100 m/s über die Oberfläche der Kontakte treibt. Örtliche Überhitzungen, speziell der Anode, sind wegen der kurzen Verweilzeit der Flecke ausgeschlossen. Bei abnehmendem Bogenstrom kurz vor dem natürlichen Nulldurchgang nimmt der Bedarf an Ladungsträgern ab, so dass ein kontrahierter Lichtbogen wieder in die diffuse Entladung übergeht. Die bei hohen Kurzschlußströmen unvermeidliche Kontraktion der Lichtbogenentladung ist solange unbedeutend, wie der Lichtbogen magnetisch über die Oberfläche bewegt wird und grössere Anheizungszonen der Anodenoberfläche vermieden werden.

Da unterhalb einer Grenzstromstärke Kathodenflecke nicht existieren können, nimmt zunächst mit fallendem Strom die Zahl der Kathodenflecke ab, und der Strom reisst bei Verlöschen des letzten Kathodenfleckes kurz vor dem natürlichen Nulldurchgang ab. Durch spezielle Kontaktwerkstoffe, z. B. Cr Cu, wird erreicht, dass der Abreißstrom auf Werte unter 5 A begrenzt wird, damit in induktiven Stromkreisen keine unzulässig hohen Überspannungen auftreten. Sehr wichtig ist auch, dass die Werte der Abreißströme über die gesamte Lebensdauer einer Röhre konstant bleiben. Die Überspannungsfaktoren der hier beschriebenen Röhren wurden in Versuchen gemessen, und es ergaben sich folgende k-Werte (Fig. 7):

bei 12 kV: $I = 2{,}5 \div 16$ A, $f = 0{,}4 \div 0{,}9$ kHz, $n = 10$ } $k \leqq 3{,}1$
Kontaktwerkstoff Cr Cu

bei 24 kV: $I = 1{,}0 \div 13{,}0$ A, $f = 0{,}25 \div 0{,}9$ kHz, $n = 20$ } $k \leqq 2{,}2$
Kontaktwerkstoff Cr Cu

Zum Vergleich seien für andere Schaltertypen die Überspannungsfaktoren, die ohne Dämpfungsmassnahmen auftreten können, genannt:

Druckluftschalter	$k > 6$
SF_6-Schalter	$k > 3$
Ölarmer Schalter	$k > 4$

Gleichzeitig mit dem Stromnulldurchgang verschwindet die Trägerneuerzeugung. Das Restplasma wird durch Rekombination und dynamische Entionisierung innerhalb weniger Mikrosekunden abgebaut. Die Wiederverfestigung der Schaltstrecke erfolgt daher so rasch, dass ihre dynamische Festigkeit etwa um den Faktor 5 besser ist als die steilste auftretende Einschwingspannung. Charakteristisch für Vakuumschaltröhren ist die besonders grosse Löschsicherheit bei kleinen Kontaktabständen, wie sie bei kurzen Löschzeiten vorkommen. Die grosse Löschsicherheit erklärt sich bei kleinen Kontaktabständen selbst nach Nennkurzschluss-Strombelastungen durch die geringen Bogenverluste.

Bei reinen Kupferelektroden werden im diffusen Bogen etwa 10^{-4} g/C Kathodenfleck verdampft. Bei mittleren Kontaktabständen wird 90% des verdampften Materials auf den Kontakten wieder kondensiert. Der Abbrand des Kontaktmaterials ist bei Ausschaltungen mit dem Betriebsstrom vernachlässigbar klein.

Wegen der starken thermischen Beanspruchung der Kontaktoberfläche durch die Metalldampfbogenentladung muss das Kontaktmaterial weitgehend gasfrei sein, um eine Verschlechterung des Vakuumzustandes in der Röhre zu vermeiden.

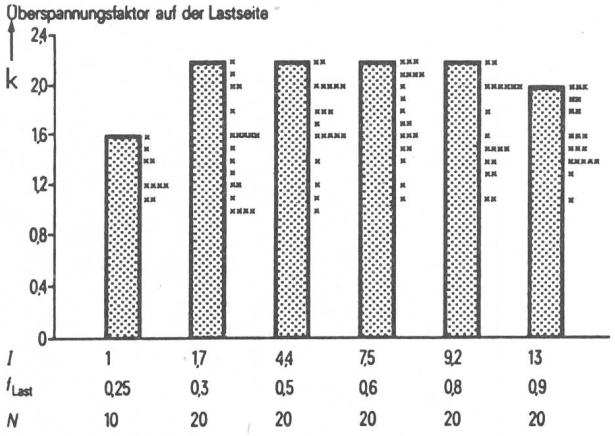

Fig. 7 Überspannungsfaktoren k beim Ausschalten kleiner induktiver Ströme bei 24 kV
Vakuum-Leistungsschalter 3AF von Siemens
$k = U_{ü} \sqrt{3} / U_m \sqrt{2}$
I Ausschaltstrom in A
f_{Last} Lastseitige Frequenz in kHz
N Anzahl der Versuche (x)
$U_{ü}$ Überspannung
k_m Maximale Betriebsspannung

Da eine Gasfreiheit der Kontakte nicht zu erreichen ist, setzt man dem Kontaktmaterial Elemente zu, die sich leicht mit den störenden Gasen verbinden. Diese Eigengetterung des Kontaktmaterials verbessert den Vakuumzustand der Röhren schon nach wenigen Schaltungen mit guter Bogenentladung, so dass auch die Gase gebunden werden, die bei einem wirtschaftlichen Fabrikationsprozess nicht abgepumpt werden konnten. Kontaktform und Material der Vakuumschaltröhren für Mittelspannungs-Leistungsschalter wurden in umfangreichen Versuchen erarbeitet. Mit besonderer Aufmerksamkeit wurde die brennende Entladung zwischen den Kontaktoberflächen von der Zündung bis zum Löschmoment beobachtet. Die Abhängigkeit der Entladungsform von Stromstärke, Hub und Ausschaltungsgeschwindigkeit wurde dabei mit Hochgeschwindigkeitsfilmen untersucht.

2.6 Aufbau und Antrieb des Vakuumleistungsschalters

Der Vakuumleistungsschalter der Siemens AG besteht aus den drei Vakuumschaltröhren, den Schaltröhrenträgern und dem mechanischen Antrieb. Wegen der schlanken Bauform ist es möglich, die Schalter in vorhandene Schaltanlagen einzubauen. Der Vakuumleistungsschalter muss auf Grund der Betriebssicherheit so aufgebaut werden, dass auf die Schaltröhren keine äusseren Kräfte einwirken können und die Röhren sich wegen der Wärmeausdehnung frei bewegen können. Das bewegte Schaltstück der Schaltröhre wird im unteren Schaltrohrträger geführt und über eine Isolierkoppel mit einer Kontaktdruckfeder vom Antrieb bewegt (Fig. 6). Die elektrische Verbindung des bewegbaren Schaltstückes wird über ein Stromband zum unteren Schalteranschluss hergestellt.

Bei der Ein-Betätigung wird die Energie der vorher von Hand oder durch Motor gespannten Einschaltfeder auf das bewegte Schaltstück übertragen. Während des Einschaltvorganges wird sowohl die Kontaktdruckfeder als auch die Ausschaltfeder gespannt. Bei einem Aus-Befehl am Schalter wird die Energie der Ausschaltfeder und der Kontaktdruckfeder durch die Auslöseklinke freigegeben und über die Isolierkoppel auf das bewegbare Schaltstück übertragen. Damit wird die Schaltstrecke geöffnet und durch die Restkraft der Ausschaltfeder im offenen Zustand gehalten.

Das Arbeitsvermögen des beim Mittelspannungs-Leistungsschalter bewährten, aber auf Vakuumschaltröhren zugeschnittenen Antriebes ist niedriger als das für die heute überwiegend angewendeten Schaltersysteme. Der Federspeicherantrieb wird von einem Motor oder von Hand aufgezogen. Durch vorgesehene zusätzliche Bausteine lässt sich der Antrieb beispielsweise vom Handantrieb bis zum kurzunterbrechungsfähigen Motorspeicherantrieb ausbauen.

3. Vorteile der Leistungsschalter mit Vakuumröhren

Auf Grund des Lichtbogenlöschprinzips (Vakuum) erreicht man eine grosse Lebensdauer mit hohen Summenausschaltströmen bis 4000 kA. Die nachgewiesenen Summenausschaltströme und die Schaltspielzahl werden von keinem anderen Schaltprinzip erreicht. Im Vergleich zu anderen Schaltprinzipien gleicher Leistung hat der Vakuumschalter wegen seiner niedrigen Brennspannung der Bogenentladung sehr kleine Ausschaltverluste.

Wegen der grossen Lebensdauer der Röhren brauchen dieselben in Schaltgeräten im Normalbetrieb nicht ausgetauscht zu werden; die Röhren sind wartungsfrei.

Da Vakuumschaltröhren mit kleinem Schalthub auskommen, ist die Antriebsenergie kleiner als bei anderen Schaltprinzipien. Dies bringt den Vorteil, einen Antrieb mit geringerer Antriebsenergie bauen zu können. Mittels dauergeschmierter Getriebe kann der Antrieb wartungsarm gestaltet werden.

Wegen der extremen raschen Entionisierung der Schaltstrecke, d. h. der schnellen Wiederverfestigung, eignen sich die Röhren besonders gut zum Ausschalten von Kurzschlußströmen mit grossen Streuwerten der Einschwingspannung und auch für das Schalten kapazitiver Lastkreise.

Auf Grund der entsprechenden Materialwahl für die Schaltkontakte ist das Schalten kleiner induktiver Ströme (Transformatoren, Motoren) absolut unproblematisch. Die durch den Choppingeffekt auftretenden Überspannungen gefährden die nachgeschalteten Geräte nicht. In extremen Fällen (Hochspannungsmotor an langer Leitung) ist es möglich, günstige Überspannungsbegrenzer zu installieren, um das Gerät vor unzulässig hohen Überspannungen zu schützen.

In Vakuumschaltröhren werden keine Löschmittel benutzt. Die Röhren werden in keinem Betriebszustand, auch nicht im Störungsfall, durch Überdruck mechanisch beansprucht; deshalb explodieren sie nie. Da Vakuumschaltröhren ohne Löschmittel arbeiten, kann der Vakuumschalter zudem in beliebiger Lage montiert werden.

Da die Schaltstücke in einem geschlossenen Gehäuse arbeiten, können sie von aggressiver Atmosphäre nicht beeinflusst werden, und ihrerseits explosive Atmosphären nicht beeinflussen.

Im Vergleich zu anderen Schaltprinzipien ist der Vakuumleistungsschalter bei gleicher Leistung sehr leise.

Die vorgestellten Schaltröhren haben ein geringes Bauvolumen, d. h. entsprechend kleine Abmessungen. Diese Dimensionen ermöglichen es, für die Zukunft andere Schaltanlagetypen zu bauen, spezifisch auf den Vakuumleistungsschalter bezogen.

Der Vakuumleistungsschalter löscht den Lichtbogen statisch, das heisst, die erfolgreiche Abschaltung ist nicht eine Funktion der Öffnungsgeschwindigkeit resp. -zeit der Kontakte, sondern lediglich des Stromnulldurchgangs. Dies bringt den Vorteil, dass sogar die während eines normalen Abschaltens auftretenden Kurzschlüsse sicher gelöscht werden (Stromumschlag).

4. Anwendung des Vakuumleistungsschalters in Mittelspannungsnetzen

Die Vakuumleistungsschalter sind für jede Schaltaufgabe geeignet und lassen sich auf Grund ihrer Wirtschaftlichkeit überall einsetzen. Da die Wartungsintervalle im allgemeinen 2...3 mal grösser sind als bei den bisherigen Leistungsschaltern, ist der Einsatz auch im schaltarmen Betrieb vertretbar.

Im speziellen eignet sich der Vakuumschalter für schwierige Schaltaufgaben, d.h. Mehrfach-Kurzunterbrechungen (Reclosing-Prüfung bei Phela, Frankfurt, erfolgreich bestanden) von Freileitungen und das Schalten von parallelgeschalteten Kondensatorbatterien. Im Einsatz mit grosser Schalthäufigkeit (Schalten von Motoren, Ofentransformatoren usw.) zeichnet sich der Vakuumleistungsschalter wegen seiner hohen Schaltspielzahlen und der Wartungsarmut als der wirtschaftlichste Schalter aus.

Adresse des Autors
Rudolf Kurth, dipl. El.-Ing. ETH, Siemens-Albis AG, Postfach, 8047 Zürich.

Waldemar Petersen 1880–1946

Archiv der Technischen Hochschule Darmstadt

In Hochspannungsnetzen entstehen aus den verschiedensten Ursachen Erdschlüsse. Gefürchtet sind besonders die intermittierenden, weil sie hohe Überspannungen zur Folge haben. Diese Gefahren sind weitgehend gebannt, seit es die Petersen-Spule, die Erdschluss-Löschspule gibt. Waldemar Petersen ist ihr Erfinder.

Waldemars Vater, ein lutheranischer Pfarrer, wirkte als Hofprediger am Hof des griechischen Königs Georg I., der seiner Abstammung nach ein dänischer Prinz war. So kam es, dass Waldemar Petersen in Athen geboren wurde, und zwar am 10. Juni 1880. Von seiner Jugend, wie auch von seinem Privatleben ist sehr wenig bekannt. Er besuchte das Gymnasium in Darmstadt, studierte von 1899–1902 Elektrotechnik an der dortigen Hochschule. Am 1. April 1904 kam er als Assistent zu Prof. Kittler, bei dem er auch doktorierte. Anfang Juli 1907 habilitierte er sich, und im gleichen Monat feierte er seine Hochzeit.

Schon als Privatdozent richtete er an der Hochschule Darmstadt ein Hochspannungslaboratorium ein und erhielt 1911 den Lehrauftrag für das Fach Hochspannungstechnik. In diese Zeit fällt seine Publikation «Überströme und Überspannungen in Netzen mit hohem Erdschlußstrom». 1917 erhielt er das erste Patent für seine Erdschluss-Löschspule. Ins folgende Jahr fallen der Bericht über «Die Unterdrückung des aussetzenden Erdschlusses» sowie die ehrenvolle Berufung zum Nachfolger Professor Kittlers.

Als Petersen 46 Jahre alt war, berief ihn die AEG in ihren Vorstand. Eine Zeitlang hielt er gleichwohl noch Vorlesungen in Darmstadt. Er war nicht nur ein guter Dozent, der seine Hörer begeisterte, sondern auch ein väterlicher Berater der Studenten. Auf die Dauer wurde die Doppelbelastung zu viel und Petersen suchte um seine Beurlaubung nach. Seine Tätigkeit bei der AEG war vorwiegend die eines Beraters. Er sass auch in zahlreichen Verwaltungsräten. Im Auftrag der AEG gab er 1930 das Werk «Forschung und Technik» heraus. Schon früher waren die selbstverfassten Werke «Allgemeine Elektrotechnik», «Theorie der Wechselströme und Transformatoren» sowie «Hochspannungstechnik» erschienen.

Der VDE ernannte ihn 1938 zu seinem Ehrenmitglied, ferner war er Mitglied der Preussischen Akademie.

Waldemar Petersen starb am 27. Februar 1946; er ist auf dem Waldfriedhof in Darmstadt beigesetzt. Seine Verbundenheit mit der Technischen Hochschule Darmstadt bekräftigte er mit dem Vermächtnis seines grossen Hauses im Walsertal an die Studentenschaft seiner Hochschule.

H. Wüger