Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 24 (1933)

Heft: 25

Artikel: Ein Vorschlag zu Definition der Abschaltleistung von Hochleistungssicherungen

Autor: Heusser, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057271

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: 08.02.2026

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

Ein Vorschlag zur Definition der Abschaltleistung von Hochleistungssicherungen.

Von *E. Heusser*, Aarau.

621.316.923

In neuerer Zeit kamen sogenannte «Hochleistungssicherungen» auf den Markt [1]*. Da mit dieser Bezeichnung kein bestimmter Begriff verknüpft ist, macht der Autor einen Vorschlag zur Definition der Abschaltleistung von Hochleistungs-Schmelzsicherungen, den wir hiermit zur Diskussion stellen* [2]*. (Red.)*

Depuis quelques temps, on trouve sur le marché des «coupe-circuit à haute puissance de rupture» [1]*. Cette désignation n'étant pas liée à une notion bien définie, l'auteur propose une définition de la puissance de rupture pour de tels coupe-circuit à fusibles, définition sur laquelle nous ouvrons ici la discussion* [2]*. (La rédaction.)*

Die Schmelzsicherung, eine Erfindung Edisons, gehört noch immer zu den am allgemeinsten verwendeten Schutzapparaten in elektrischen Anlagen. Sie arbeitet nach dem Prinzip, dass bei Normalstrom die im Schmelzeinsatz in Wärme umgesetzte elektrische Arbeit $I^2 \cdot r \cdot t$ derart an die Umgebung übertragen werden kann, dass die Schmelztemperatur des Einsatzes nicht erreicht wird, während eine Ueberschreitung des Normalstromes den Einsatz nach gegebener Zeit auf Schmelztemperatur bringt, so dass der metallische Stromweg unterbrochen wird.

Die Zeit bis zur Erreichung der Schmelztemperatur ist bei wachsendem Strom abhängig von der Ausgangstemperatur und dem Strom selbst. Sie beträgt bei Sicherungen, die von 50 % Ueberlast bis z. B. fünffachem Nennstrom belastet werden, zwischen einer Stunde bis herab auf einige Sekunden. Steigert man den Schmelzstrom aber auf das 100-fache des Nennstroms oder darüber, so schmilzt die Sicherung in Bruchteilen einer Sekunde, und wenn z. B. diese Zeit weniger als $^5/_{1000}$ s beträgt, so muss die Sicherung unterbrechen, bevor ein 50periodiger Wechselstrom den Höchstwert erreicht hat.

Sicherungen, die derart belastet werden, müssen unter Umständen beträchtliche Leistungen unterbrechen können und dementsprechend gebaut sein. Man hat für solche Apparate vor einiger Zeit den Begriff «Hochleistungs-Sicherung» eingeführt, ohne dass dieser Begriff näher definiert worden wäre. Da die Bezeichnung «Hochleistung» relativ ist, so ist eine einwandfreie Begriffserklärung dafür nötig; noch wichtiger aber ist eine Abklärung, was unter dem Begriff «Abschaltleistung» für solche Sicherungen zu verstehen ist. Die nachfolgenden Ueberlegungen, die wir vorerst auf Niederspannungssicherungen beschränken, sollen diesem Zwecke dienen.

Die vor einiger Zeit in die Praxis neu eingeführten Sicherungen sind für Kurzschlußströme in der Grössenordnung von 20 000 A und darüber vorgesehen, während die Nennströme zur Zeit auf etwa 200 A und weniger begrenzt sind. Der im Stromkreis auftretende grösste Schmelzstrom kann so das 100- bis 400fache des Nennstromes für Sicherungen für 200 bis 50 A betragen. Für einen Schmelzdraht von gleichbleibendem Durchmesser aus Silber berechnen sich für konstanten Strom folgende Schmelzzeiten:

bei 100 I_n ca. $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ s,
bei 200 I_n ca. $0{,}6 \cdot 10^{-3}$ s.

Ein plötzlich entstehender Kurzschlußstrom erreicht jedoch auch in einem Gleichstromkreis nicht sofort den durch die Stromkreiskonstanten bedingten Endwert, sondern es tritt durch die Induktanz des betreffenden Stromkreises eine Verzögerung ein, die durch eine Exponentialkurve gekennzeichnet wird. Fig. 1 zeigt das Anwachsen eines Gleichstromes von Null auf 25 000 A in einem Stromkreis, dessen Widerstand und Induktanz so bemessen sind, dass sich mit Wechselstrom von 50 Per./s bei Kurve A eine Phasenverschiebung analog $\cos\varphi = 0{,}70$ und bei Kurve B analog $\cos\varphi = 0{,}20$ ergeben würde. Diese beiden Strom-Zeit-Kurven stellen mögliche Fälle dar, zwischen denen die meisten praktischen Verhältnisse liegen.

Für einen Wechselstromkreis gelten die gleichen Ueberlegungen, wenn berücksichtigt wird, dass der Kurzschluss bei irgendeinem beliebigen Wert der Stromkurve eintreten und die Stromtransiente, welche Ausgangs- und Endwert des Stromes verbindet, Werte zwischen Null und dem ganzen Unterschied zwischen Ausgangs- und Endwert annehmen kann. Das erste tritt ein, wenn der Kurzschluss bei Nullwert des Stromes, das zweite, wenn er im Scheitelwert eintritt. Ist die Transiente Null, so wächst der Kurzschlußstrom in der neuen Halbwelle ohne weiteres auf den durch die Kurzschlussimpedanz begrenzten Wert an; ist sie ein Maximum, so addiert sich die Transiente mit dem durch die Kurzschlussimpedanz begrenzten Stromwert zu einer asymmetrischen Stromkurve, die in der ersten Halbwelle nach Eintritt des Kurzschlusses nur einen Bruchteil des maximalen Wertes erreicht, auf welchen der Strom in der zweiten Halbwelle aufsteigen würde, wenn die Abschaltung nicht vorher erfolgte.

An Hand der Fig. 2 (Wechselstromkurven) lässt sich übersehen, dass der Stromanstieg bei Wechselstrom am raschesten erfolgt, wenn der Kurzschluss im Moment des Stromdurchgangs durch Null eintritt. In einem Gleichstromkreis kann bei entsprechender Induktanz des Stromkreises die Stromanstiegs-Charakteristik näherungsweise bis zu etwa $^3/_4$ des Höchstwertes mit der Wechselstrom-Sinuskurve zusammenfallen (siehe Fig. 1).

In praktischen Gleichstromkreisen ist diese entsprechende Induktanz meist vorhanden.

Für das Unterbrechen des Stromkreises, welches ebenfalls verzögert wird, gelten die gleichen Ueber-

[1]) Siehe z. B. Bull. SEV 1931, Nr. 6, S. 152.
[2]) Siehe Nachsatz der Redaktion.

legungen; die Form der Stromtransiente beim Unterbrechen gibt zudem einen Maßstab für die beim Abschalten der Sicherung mögliche Ueberspannung.

Nun ist, wie bekannt, zu berücksichtigen, dass bei hohen Kurzschlußströmen die Sicherung wegen der Verzögerung des Stromanstieges sowohl bei Gleich- als bei Wechselstrom vor Erreichung des Höchstwertes schmilzt. (Diese Eigenschaft kann in der Betriebspraxis zur Begrenzung der Kurzschlussbeanspruchungen übrigens wertvoll ausgenützt werden.) Die Unterbrechung des Stromkreises geschieht bei voll beanspruchten Hochleistungssicherungen meist nach einer einzigen Halbwelle, deren aufsteigender Ast die Schmelzperiode, deren ab-

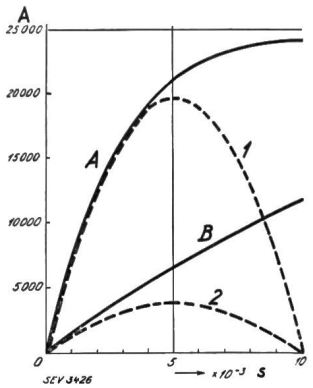

Fig. 1.
Kurven *A* und *B*: Anwachsen eines Gleichstromes von 0 auf 25 000 A.
Kurven 1 und 2: Wechselstromkurven von 250 Per./s zum Teilvergleich.

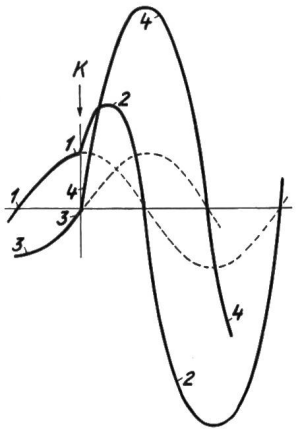

Fig. 2.
Verlauf des Kurvenstromes bei Wechselstrom.
K Eintritt des Kurzschlusses.
Kurventeile 1—1 und 3—3: Laststrom.
Kurventeile 2—2 und 4—4: Kurzschlußstrom.

steigender die Löschperiode darstellt, beide allgemein von ungleicher Dauer mit nicht sinusförmigem Verlauf und im gesamten mit einem Höchstwert wesentlich unter dem aus den Stromkreiskonstanten berechneten Kurzschlusswert.

Anstieg und Abfall des Kurzschlußstromes bei Hochleistungssicherungen erfolgen nach einer Kurve, die aus Bruchstücken von Sinus- und Exponentialkurven zusammengesetzt sind und in kommerziellen Stromkreisen für Gleich- und Wechselstrom annähernd gleiche Form aufweisen. Der Kurzschlußstrom steigt um so rascher an, je grösser das Verhältnis Widerstand zu Induktanz, d. h. je kleiner die Phasenverschiebung im Kurzschlusskreis ist. An den Elektroden der Sicherung ist im Abschaltmoment je nach der Löschcharakteristik des Lichtbogens mit Ueberspannung zu rechnen.

Damit dürften die Schwierigkeiten gekennzeichnet sein, die einer physikalisch einwandfreien Definition der Abschaltleistung von Hochleistungssicherungen entgegenstehen.

Für Abschaltversuche kann man freilich für die Bestimmung der Abschaltleistung von den oszillographisch registrierten Scheitelwerten des Stromes in der ersten Halbwelle nach Eintritt des Kurzschlusses und der Spannung bei Verlöschen des Stromes ausgehen und die Abschaltleistung als Produkt aus diesen momentanen Strom- und Spannungswerten bezeichnen.

Diese Werte lassen sich jedoch, wie oben dargelegt, nicht ohne weiteres zu den für den gegebenen Stromkreis berechneten Kurzschlusswerten in Beziehung bringen, so dass damit für eine gegebene Sicherung nicht auf das Genügen in einem beliebigen anderen Abschaltstromkreis geschlossen werden kann. Eine zutreffende Beurteilung ist jedoch möglich aus dem Vergleich des berechneten Höchstwertes des Kurzschlußstromes und der Betriebsspannung zwischen Versuchsstromkreis und Betriebsstromkreis, für welchen die Sicherung bestimmt ist. Wir kommen daher zum Schluss, dass es für die Bedürfnisse der Betriebspraxis wahrscheinlich am zweckmässigsten ist, die Abschaltleistung einer Hochleistungssicherung in direkte Beziehung zu bringen mit diesen beiden Strom- und Spannungswerten in der Meinung, dass sich der Konstrukteur durch Schaltversuche über das richtige Betriebsverhalten seiner Hochleistungssicherungen in durch diese Werte gekennzeichneten Stromkreisen zu versichern hat.

Nach diesen Ueberlegungen wird vorgeschlagen, die Abschaltleistung einer Hochleistungssicherung wie folgt festzusetzen:

Definition.

Die Abschaltleistung einer Hochleistungssicherung ist das Produkt aus Höchstwert der Betriebsspannung und Höchstwert des durch die Stromkreiskonstanten begrenzten sinusförmig ansteigenden Kurzschlußstromes, innerhalb welchen die Sicherung zuverlässig unterbricht.

Für Gleich- und Wechselstrom wird die Abschaltleistung als gleichwertig angenommen, bezogen auf Höchstwerte von Strom und Spannung.

Bei Wechselstrom ist als Höchstwert der Scheitelwert für Strom und Spannung zu nehmen.

Es ist ferner zu berücksichtigen, dass in praktischen Stromkreisen meist zwei Sicherungen in Reihe geschaltet sind, dass aber keine Garantie für gleichzeitiges Unterbrechen besteht und daher als Betriebsspannung immer der höchste im Stromkreis vorkommende Spannungswert in Rechnung zu setzen ist; d. h. bei Gleich- und Einphasenstrom muss eine Sicherung allein die ganze Leistung unterbrechen können; bei Drehstrom mit nicht geerdetem Nullpunkt wird der Stromkreis beim Abschalten der zweiten Sicherung ganz unterbrochen, wobei diese mit der verketteten Spannung beansprucht wird.

Nach der vorgeschlagenen Definition der Abschaltleistung von Hochleistungssicherungen scheint praktisch kein Unterschied gegenüber gewöhnlichen Sicherungen zu bestehen. Diese Definition könnte somit grundsätzlich für jede Art Schmelzsicherung gelten, während eine streng physikalische Betrachtung verschiedene Resultate berechnen lässt.

Wir möchten auf diese verschiedenen Auslegungsmöglichkeiten zur Kennzeichnung der Abschaltleistungen von Schmelzsicherungen, je nachdem der Abschmelzvorgang mit einem grossen oder mit einem kleinen Vielfachen des Sicherungsnennstroms erfolgt, hingewiesen haben und das Thema eventuell zur Bearbeitung für die Vereinsnormen empfehlen.

(Nachsatz der Redaktion: Stellungnahmen zu diesem interessanten Vorschlag von Herrn Direktor E. Heusser nehmen wir mit Dank entgegen.)

Ueber eine Regulierdrosselspule mit Potentialsteuerung.

Von Dr.-Ing. *G. Stein*, Berlin.

621.314.234 : 621.314.214 : 621.316.722

Die Untersuchung erstreckt sich auf eine Regulierdrosselspule zur stetigen Regelung eines Spannungsverhältnisses. Die Ausgangsform ist ein induktiver Spannungsteiler. Das Potential in seinem Teilpunkt wird von einem beweglichen Eisenrückschluss gesteuert, auf welchem zur Verkleinerung des inneren Spannungsabfalles eine besondere Steuerwicklung und ausserdem an den beiden Enden Kurzschlussringe mitgeführt werden können. Die Steuerwicklung lässt sich auch in Sparschaltung oder in einer allgemeineren Transformatorenschaltung ausbilden und macht dann einen besonderen Transformator entbehrlich. Für ein Drehstromnetz kommen drei einphasige Drosselspulen in Sternschaltung oder zwei in V-Schaltung zur Anwendung. Auch ist hier eine Phasenregulierung möglich. Zur Bestimmung der Regulierverhältnisse werden einfache Formeln und Diagrammdarstellungen angegeben.

Cette étude est consacré à une bobine d'inductance servant au réglage continu d'une tension. La forme initiale est un diviseur de tension inductif. Le potentiel au point de division est contrôlé par une culasse mobile sur laquelle, pour diminuer la chute de tension interne, on peut disposer un enroulement spécial de contrôle ainsi que des anneaux de court-circuit aux deux extrémités. L'enroulement de contrôle peut être exécuté comme celui d'un auto-transformateur ou comme celui d'un transformateur à deux enroulements séparés, ce qui évite un transformateur spécial. Pour un réseau triphasé, on peut utiliser trois bobines monophasées couplées en étoile ou deux couplées en V. Là aussi, il est possible de réaliser un réglage du déphasage. Des formules simples et des graphiques permettent de déterminer les conditions de réglage.

Der Reguliertransformator mit einer kontinuierlichen Regelung des Uebersetzungsverhältnisses bildet eine wichtige Type auf dem Gebiete der Regeltransformatoren, wo er z. B. für den elektrischen Zugantrieb usw. gute Dienste leisten kann. Seine ältesten Ausführungsformen sind bekanntlich der Drehregler und der Schubtransformator, bei welchen die Kopplung zweier Spulen durch eine mechanische Bewegung der einen gegen die andere verändert wird. Diese Regelung kann entweder allein zwischen den Enden des hierzu bestimmten Wicklungsteiles eines Spartransformators vorgesehen oder jeweils an eine Stufe eines mechanischen Regulierschalters zur Erzielung einer stromlosen Umschaltung gelegt werden.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit einem Schubregler und betrachtet als dessen Grundform einen induktiven Spannungsteiler, in welchem nach Fig. 1 eine auf einem Eisenkern K_1 zylindrisch angeordnete Spule von der Induktivität L_D durch eine Anzapfung M in zwei gleiche Wicklungen von den Induktivitäten L_1 und L_2 und der Gegeninduktivität L_{12} unterteilt ist. An diesen treten die Spannungen e_1 und e_2 auf und es fliessen ihnen die Ströme i_1 und i_2 zu. Die Spulen werden der Einfachheit halber im folgenden jeweils mit den für sie eingeführten Induktivitäten bezeichnet. Die freien Enden a und b von L_1 und L_2 sind an die Spannung e_D der Anzapfungen A und B des Spartransformators angeschlossen, welchem eine Netzspannung e_I und ein Netzstrom i_I mit der Kreisfrequenz ω zugeführt werden und in welchem der Bereich $e_D = \alpha \cdot e_I$ stetig zu regulieren ist. Dem Punkt B fliessen zu beiden Seiten die Ströme $\alpha\, i_2$ und $(1-\alpha)\, i_2$ zu. Die Belastungsspannung e_{II} wird zwischen der Eingangsklemme C des Spartransformators und der Klemme M entnommen. Durch einen beweglichen Eisenrückschluss oder Schieber K_2 für L_1 und L_2 lässt sich das Potential von M so steuern, dass es im idealen Falle, d. h. unter Vernachlässigung aller inneren Spannungsabfälle, in der oberen Stellung von K_2 mit dem von B, in der

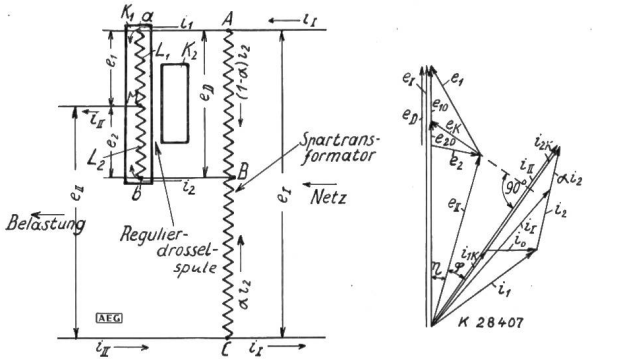

Fig. 1.
Allgemeine Strom- und Spannungsverteilung einer doppelten Regulierdrosselspule.

unteren mit dem von A zusammenfällt. Hierbei fliesst der Belastungsstrom i_{II} über die jeweils eisenoffene Drosselspule und erzeugt dort einen Spannungsabfall e_K, welcher die Höhe von e_{II} herabsetzt, seine Phase gegenüber e um einen Winkel η dreht und den tatsächlichen Regulierbereich gegenüber e_D erheblich verkleinert.

Im allgemeinen, d. h. für jede Stellung von K_2, erhält man e_K aus einer Kurzschlussmessung (Index $_K$) der Drosselspule allein, bei welcher man a mit b verbindet und zwischen M und a, bzw. b, mit i_{II} erregt. Die Ueberlagerung der Ergebnisse dieser Kurzschlussmessung über die einer entsprechenden unter Erregung mit e_D vorgenommenen Leerlaufsmessung (Index o) mit dem Leerlaufsstrom $i_0 =$