Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 28 (1937)

Heft: 9

Artikel: Sicherung oder Selbstschalter in Niederspannungsanlagen

Autor: Gasser, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059839

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: 11.01.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:
Zürich, Stauffacherquai 36 ❖ Telephon 51.742
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVIII. Jahrgang | N° 9 | Mittwoch, 28. April 1937

Sicherungen oder Selbstschalter in Niederspannungsanlagen.

Von *R. Gasser*, Aarau.

621.316.573 : 621.316.923

Zunächst wird auf die Vorschriften hingewiesen, welche die Benützung der Sicherungen und der Installationsselbstschalter zum Schutz elektrischer Anlagen regeln. Hierauf wird auf Grund dieser Vorschriften und der Eigenschaften der gebräuchlichen Sicherungen und Installationsselbstschalter an einer Reihe von Beispielen auf elementare, leichtverständliche Art gezeigt, wie bei zweckmässiger Anwendung und Kombination dieser Apparate die Kosten für Installationen und Betrieb geringer werden.

L'auteur rappelle tout d'abord les prescriptions qui régissent l'emploi des coupe-circuit et des disjoncteurs destinés à protéger les installations électriques. Partant de ces prescriptions ainsi que des propriétés des coupe-circuit et disjoncteurs courants, il montre ensuite en termes élémentaires et facilement compréhensibles, à l'aide d'une série d'exemples pratiques, comment l'application et la combinaison ad hoc de ces appareils permettent de réduire les frais d'installation et d'exploitation.

Bis vor wenigen Jahren wurde als Schutzelement für Leitungen und Anschlussobjekte in Niederspannungsanlagen nur die Sicherung verwendet. Die Praxis hat dann aber gezeigt, dass sich diese, soweit der Schutz des *Anschlussobjektes* in Frage kommt, in vielen Fällen nicht eignet. Man ging deshalb mehr und mehr zugunsten des Selbstschalters von ihr ab, verwendete sie aber noch, um die vom Selbstschalter zum Anschlussobjekt führende *Leitung* zu schützen. Die jüngste Entwicklung geht nun dahin, diese Doppelspurigkeit nach Möglichkeit zu vermeiden, indem der Selbstschalter als Schutzelement für das Anschlussobjekt und die Leitung zugleich verwendet wird. Auch der SEV hat sich natürlich dieser Richtung angepasst, indem er am 1. Juli 1936 den revidierten § 53 seiner Hausinstallationsvorschriften in Kraft setzte. Darin wird gestattet, für den Leitungs- und Apparateschutz Sicherungen *oder* Ueberstromschalter (Selbstschalter) zu verwenden; nur die Hauptsicherungen dürfen nicht durch Selbstschalter ersetzt werden.

Die bundesrätliche Verordnung über Starkstromanlagen vom 7. Juli 1933 enthält im Art. 26 besondere Bestimmungen betreffend die Anwendung des Nullungssystems in den Niederspannungsnetzen und Hausinstallationen. Ueber die Anwendung des Schutzerdungssystems in den Hausinstallationen enthalten die Hausinstallationsvorschriften des SEV im § 17 ebenfalls Bestimmungen, die sich auf die bundesrätlichen Bestimmungen über die Nullung stützen. Darnach müssen die Schmelzeinsätze der Sicherungen, bzw. die Auslösevorrichtungen der automatischen Schalter, so gewählt, bzw. so gebaut sein, dass beim Auftreten von Fehlern im Netz oder in der Hausinstallation eine Abschaltung der kranken Anlage innert 5 s stattfindet, wenn dabei eine grössere Berührungsspannung als 50 V auftritt. *Die Sicherungen, bzw. die automatischen Schalter haben somit nicht nur den Schutz von Leitungen und Anschlussobjekten zu übernehmen, sondern müssen u. U. auch den Schutz für die Personen gewährleisten.* Auf diese wichtige Forderung an die erwähnten Sicherungen und Schalter sei besonders hingewiesen [1]).

Auf Grund der erwähnten Vorschriften muss also dafür gesorgt werden, dass in einer Anlage der Fehlerstrom beim Auftreten eines Isolationsdefektes mindestens das 2,75fache des Nennstromes der dem Fehler vorgeschalteten Sicherungen, bzw. des Schalters (in der Richtung der ankommenden Energie gemeint) erreicht, damit die Sicherung, bzw. der automatische Schalter innert 5 s ausschalten kann. Ist diese Bedingung durch die in der Anlage befindlichen Sicherungen, bzw. automatischen Schalter *nicht* erfüllt, so ist *für das sichere Auftreten eines entsprechend höheren Fehlerstromes zu sorgen.* Es ist deshalb von grösster Wichtigkeit, sich über die Abschaltcharakteristiken der verwendeten Sicherungen, bzw. Automaten Rechenschaft zu geben und auf Grund der Strom-Zeit-Kurven zu prüfen, ob das verwendete Modell der Bedingung betreffend die Abschaltbarkeit innerhalb dem 2,75fachen des Nennstromes entspricht.

Angesichts dieser Sachlage ist es bei der Ausführung von Installationsarbeiten wichtig, zu wissen, wo Sicherungen, wo aber Selbstschalter gebraucht werden sollen, und wo beide Schutzelemente nötig sind, um in den verschiedenen Niederspannungsanlagen die beste Schutzwirkung zu erzielen und an

[1]) Vgl. auch «Schutzmassnahmen zur Vermeidung elektrischer Unfälle in den Hausinstallationen, von M. Wettstein, EKZ, Zürich, Bull. SEV 1934, Nrn. 23...26, Kap. 3: die Eigenschaften der Sicherungen.

Leitungs- und Installationskosten möglichst zu sparen.

Um diese Frage abzuklären, müssen zuerst die Eigenschaften der Sicherungen und der Selbstschalter untersucht werden. Wichtig für die Verwendungsmöglichkeiten dieser Schutzelemente sind ihre Auslösezeiten bei verschiedenen Strömen. In Fig. 1 sind die Zeit-Strom-Schmelzkurven der in der

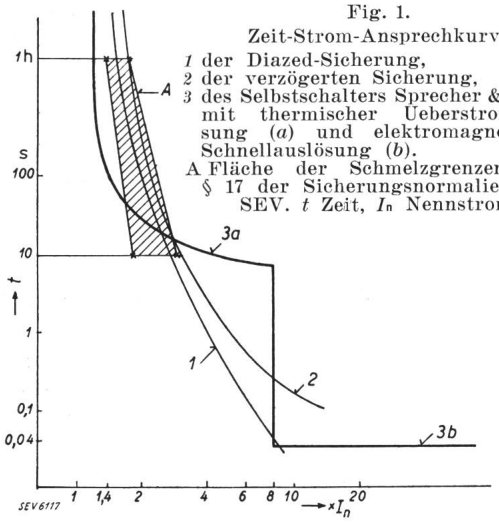

Fig. 1.
Zeit-Strom-Ansprechkurve
1 der Diazed-Sicherung,
2 der verzögerten Sicherung,
3 des Selbstschalters Sprecher & Schuh, mit thermischer Ueberstromauslösung (*a*) und elektromagnetischer Schnellauslösung (*b*).
A Fläche der Schmelzgrenzen nach § 17 der Sicherungsnormalien des SEV. *t* Zeit, I_n Nennstrom.

Schweiz meistgebrauchten Diazed-Sicherung und einer sogenannten verzögerten Sicherung und eine Zeit-Strom-Auslösekurve eines Selbstschalters mit thermischer Ueberstrom- und elektromagnetischer Kurzschlussauslösung aufgezeichnet.

Eine *Sicherung*, die z. B. einen maximalen Strom von 10 A gerade noch dauernd aushält, schmilzt nach der in Fig. 2 dargestellten Zeit-Strom-Charakteristik bei 20 A in 7, bei 40 A in 0,18 und bei 60 A in 0,04 s durch. Würde diese Sicherung in ein Netz mit 10 A Betriebsstrom installiert, so würde sie schon bei sehr kurzzeitigen Stromstössen, die z. B. beim Einschalten fast aller Anschlussobjekte entstehen, durchschmelzen und damit den Betrieb unnötig unterbrechen. Die Sicherung wird deshalb nie für Dauerbetrieb bis zu ihrem obersten Stromwert belastet. Der SEV hat diesem Umstand Rechnung getragen, indem er in § 17 der Sicherungsnormalien bestimmte Schmelzgrenzen vorschreibt. Diese Grenzwerte ergeben die in Fig. 1 schraffierte Fläche, innerhalb der die Schmelzkurve der Sicherung verlaufen muss. Beim 1,4-fachen Wert des Nennstromes darf z. B. nach dieser Vorschrift eine Sicherung von 15 ... 25 A innert einer Stunde nicht durchgehen. Da die Uebertemperatur jedoch mit dem Quadrat des Stromes steigt: $\Delta t_1 = \Delta t_2 \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2$, so wird diese beim erwähnten 1,4-fachen Wert des Nennstroms bereits doppelt so gross sein, d. h. die Sicherung bietet dort, wo eine dauernde 2fache Uebertemperatur nicht zulässig ist, keinen Schutz. — Wie in Fig. 1 ersichtlich ist, verläuft die Zeit-Strom-Schmelzkurve der Sicherung steil. Diese Steilheit hat zur Folge, dass, wie soeben dargelegt, kleine Ueberströme nicht abgeschaltet werden, grosse Ueberströme und Kurzschlußströme hingegen innert weniger Bruchteile von Sekunden unterbrochen werden. Man hat versucht, grössere Abschaltzeiten bei mittleren Ueberströmen zu erhalten und hat dies mit den sogenannten verzögerten oder trägen Sicherungen auch bis zu einem gewissen Grade erreicht. Eine solche verzögerte Sicherung (Fig. 1) schmilzt beim 2fachen Wert des Nennstromes nach 8 min, beim 4fachen nach 2 s und beim 6fachen nach 0,6 s. Doch auch diese Zeiten sind für viele Fälle noch zu kurz.

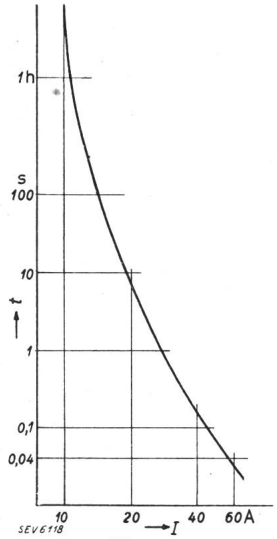

Fig. 2.
Zeit-Strom-Schmelzkurve einer Diazed-Sicherung, die dauernd mit 10 A belastet werden darf.

Eine wichtige Eigenschaft der Sicherung ist ihr grosses Ausschaltvermögen; schon die Sicherungen für kleine Ströme unterbrechen mehrere 1000 A einwandfrei, und das Ausschaltvermögen der modernen Hochleistungssicherung für grössere Ströme beträgt bis zu 30 000 A.

Der *Selbstschalter* besitzt als Schutzelement eine thermische Ueberstromauslösung und bei vielen Fabrikaten noch eine elektromagnetische Schnellauslösung. Die thermische Ueberstromauslösung besteht, wie der Name sagt, aus einem Wärmeelement, meistens einem Bimetallstreifen, der sich bei Stromdurchfluss erwärmt und durchbiegt. Die Durchbiegung des Bimetallstreifens wird benützt, um eine Auslösung des Schalters zu bewirken. Durch geeignete Wahl des Bimetallstreifens und seiner Durchbiegung kann die Form der Zeit-Strom-Charakteristik nach Belieben festgelegt werden. Sie wird gewöhnlich der Ueberlastbarkeit des zu schützenden Teiles weitgehend angepasst. Eine solche Kurve ist in Fig. 1 dargestellt. Im Gegensatz zu der Sicherung schaltet diese thermische Ueberstromauslösung auch ganz schwache Ueberströme nach einiger Zeit ab, z. B. Ueberströme vom 1,2fachen Wert des Nennstromes in einer h, vom 1,4fachen in 2 ½ min (die Sicherung in beiden Fällen gar nicht) und vom 1,6fachen in 45 s (die Sicherung in ca. 12 min). Grössere Ueberströme hingegen bleiben länger bestehen als bei der Sicherung; es werden z. B. mit dem Selbstschalter Ueberströme vom 4-, bzw. 8-fachen Nennstromwert erst nach 10, resp. 7 s unterbrochen, bei der Sicherung schon nach 0,8, bzw. 0,04 s. Die thermische Ueberstromauslösung des Selbstschalters wird auf den Nennstrom des Anschlussobjektes eingestellt. Um auch grössere Ueberströme und Kurzschlüsse rasch abschalten zu können, ist bei vielen Fabrikaten neben der thermischen Ueberstromauslösung noch eine elektromagnetische Schnellauslösung im Selbstschalter eingebaut, die, je nach dem Wert, auf den sie einge-

stellt ist, bei Ueberströmen vom 6-, 8- oder 10fachen Nennstromwert an aufwärts den Schalter innerhalb einiger hundertstel s abschaltet. Im Diagramm Fig. 1 beträgt die Auslösezeit mit der elektromagnetischen Schnellauslösung 0,035 s.

Das Ausschaltvermögen von Selbstschaltern ist im Mittel tiefer als dasjenige von Sicherungen. Es wird überschritten, entweder wenn der Schalter wegen Stehenbleibens des Lichtbogens oder Zusammenschweissens der Kontakte nicht mehr abschaltet, oder wenn die Auslösevorrichtung zerstört wird. Die Zerstörung der Auslöser kann vermieden werden, indem die einzelnen Bimetallstreifen nicht vom Hauptstrom, sondern über kleine Stromwandler beheizt werden. Jeder Stromwandler kann bekanntlich sekundär nur eine gewisse maximale Leistung abgeben, und für diese maximale Leistung müssen die Bimetallstreifen berechnet sein. Grosse Ueberströme und Kurzschlüsse werden von der elektromagnetischen Schnellauslösung unterbrochen. Bei Selbstschaltern mit derartigen Auslösevorrichtungen ist das Ausschaltvermögen durch die Bauart des Schalters allein bedingt. Der Zeit-Stromcharakteristik nach Fig. 1 liegt eine solche Auslösevorrichtung zu Grunde.

Als weiteres Merkmal der Sicherungen und der Selbstschalter ist noch zu erwähnen, dass Sicherungen immer 1polig wirken, Selbstschalter je nach dem Zweck ihrer Verwendung aber 1polig (Stöpsel-Installationsselbstschalter) oder mehrpolig (z. B. Motorschutzschalter oder Sockel-Installationsselbstschalter).

Ferner sind die Sicherungen billiger in der Anschaffung, müssen jedoch nach jedem Durchschmelzen wieder ersetzt werden. Selbstschalter kosten mehr, doch erspart man die Ersatzkosten für Sicherungselemente, da nach Ansprechen der Auslöser der Selbstschalter nur wieder eingeschaltet zu werden braucht.

Es kann also folgende allgemeine Richtlinie für die Verwendung der Sicherungen und der Selbstschalter aufgestellt werden:

Dank ihres hohen Ausschaltvermögens ist die Sicherung ein ausgezeichneter Kurzschlußschutz. Als Schutzelement gegen kleine und mittlere Ueberströme eignet sie sich nicht, da sie kleine Ueberströme nicht unterbrechen kann und bei mittleren Ueberströmen zu schnell durchschmilzt.

Der Selbstschalter passt sich der Ueberlastbarkeit des zu schützenden Teiles der Anlage weitgehend an, er schaltet nur ab, kurz bevor dieser Teil Schaden erleiden würde. Er ist deshalb geeignet für Anlagen mit unruhigem Betrieb, also für Kraftnetze, und als Schutz von Teilen, die ihrer Natur nach öfters überlastet werden, wie Motoren. Der Selbstschalter kann auch als Kurzschlußschutz verwendet werden, sofern der Kurzschlußstrom der Anlage das Ausschaltvermögen des Selbstschalters nicht übersteigt.

An Hand dieser Richtlinien sollen die verschiedenen Fälle hervorgehoben werden, wo Sicherungen, wo Selbstschalter und wo beide Schutzelemente gleichzeitig verwendet werden sollen:

1. Schutz des Anschlussobjektes.

a) Motoren sind kleinern und grössern Ueberbelastungen stark ausgesetzt. Fig. 1 zeigt, dass die Sicherung kleine Ueberströme bis zum 1,4fachen Nennstromwert überhaupt nicht abschalten kann. Solche Ueberströme schaden aber dem Motor auf die Dauer. Umgekehrt schmilzt die Sicherung z. B. beim 6fachen Nennstromwert schon nach 0,1 s durch. Bei einem normalen Kurzschlussankermotor erreicht aber der Anlaufstrom in der Regel schon den 6fachen Wert des Nennstroms. Die Sicherung schaltet daher den Motor schon im Anlauf ab. Sie ist für den Schutz und die Betriebsverhältnisse des Motors nicht geeignet. Die Auslösekurve des *Selbstschalters* hingegen kann der Ueberlastbarkeit des Motors angepasst werden, die Auslöser halten den Anlaufstrom des Motors aus und schalten anderseits immer ab, bevor der Motor Schaden erleidet. Im Bereiche seines Ausschaltvermögens kann der Selbstschalter auch gegen Kurzschlüsse schützen. *Der geeignete Schutz für den Motor ist daher der Selbstschalter (Motorschutzschalter).*

Wird aber ein Selbstschalter in eine Anlage eingebaut, deren Kurzschlußstrom an der betreffenden Stelle das Ausschaltvermögen des Selbstschalters übersteigt, so kann der Selbstschalter den Kurzschluss nicht mehr abschalten und bietet somit nicht nur keinen Schutz, sondern ist selbst der Beschädigungsgefahr ausgesetzt, bedarf also selbst des Schutzes. Der Selbstschalter kann in solchen Fällen geschützt werden, indem der Kurzschlußstrom auf mindestens den Strom begrenzt wird, der dem Ausschaltvermögen des Selbstschalters entspricht. Dies geschieht am besten mit Sicherungen oder mit Drosselspulen. Die Sicherungen müssen dabei so gewählt werden, dass sie durchschmelzen bevor der Kurzschlußstrom die Höhe des Ausschaltvermögens des Selbstschalters übersteigt.

Das folgende Beispiel zeigt, für welche Niederspannungsanlagen Selbstschalter mit Ausschaltvermögen von 60, 300 und 1500 A verwendet werden können, ohne dass sie selbst geschützt werden müssen. Die Daten sind berechnet für ein 380-V-Netz, die Kurzschlußspannung der Stromquelle ist zu 3,5 % angesetzt. Wenn eine der drei folgenden Bedingungen in der Anlage erfüllt ist, liegt der Kurzschlußstrom der Anlage unter dem Ausschaltvermögen des Selbstschalters:

Ausschaltvermögen . . .	60 A	300 A	1500 A
1. Die Stromquelle (Transformator, Generator usw.) der Anlage liefert einen Strom von höchstens	2 A	10 A	50 A
2. Die Anlage mit Quelle beliebiger Leistung habe eine Zuleitung in Kabeln oder verlegten Drähten von Mindest-			

längen von	575 m	115 m	23 m bei	2,5 mm²
	875 m	175 m	35 m »	4 »
	1400 m	280 m	56 m »	6 »
	2375 m	475 m	95 m »	10 »
	3750 m	750 m	150 m »	16 »
	4750 m	950 m	190 m »	20 »
3. Die Anlage mit Quelle beliebiger Leistung habe eine Zuleitung durch Freileitung von Mindestlänge von	5000 m	1000 m	200 m	

Betrachtet man die Daten, die unter der Rubrik «Ausschaltvermögen 1500 A» stehen, so wird man sehen, dass in den meisten Anlagen wohl eine der 3 Bedingungen erfüllt ist. Hat man also einen Selbstschalter mit einem Ausschaltvermögen von 1500 A, so wird er nur in Ausnahmefällen gegen Kurzschlüsse geschützt werden müssen. Selbstschalter mit Ausschaltvermögen von nur 300 oder 60 A hingegen werden öfters in Anlagen eingebaut, die keine der 3 entsprechenden Bedingungen erfüllen; solche Selbstschalter werden dann durch Sicherungen oder auch Drosselspulen geschützt. Solche Schutzelemente für den Selbstschalter verteuern natürlich die Anlage. Es kann somit an den Installationskosten gespart werden, wenn Selbstschalter mit einem Ausschaltvermögen, das über dem Kurzschlußstrom der Anlage liegt, verwendet werden.

Eine Kombination von Selbstschalter und Sicherung ist überall da erforderlich, wo an und für sich ein Selbstschalter am Platze ist, der höchstmögliche Kurzschlußstrom der Anlage am Einbauort des Selbstschalters aber dessen Ausschaltvermögen übersteigt, sofern der Schutz des Selbstschalters nicht durch Drosselspulen erfolgt.

b) Für andere Anschlussobjekte wie *Lampen, Kochherde, Heisswasserspeicher* usw., bei denen ihrer Natur nach keine Ueberbelastungen auftreten können, genügt aus technischen Gründen ein Kurzschlußschutz, also die Sicherung. In Netzen, wo Störungen öfters auftreten, kann aber der Selbstschalter trotz seiner höhern Anschaffungskosten ökonomischer sein als die Sicherung, da er nach Ansprechen durch Störungen jeweils nur wieder eingeschaltet zu werden braucht, während die Sicherung bei jeder Störung durchschmilzt und ersetzt werden muss.

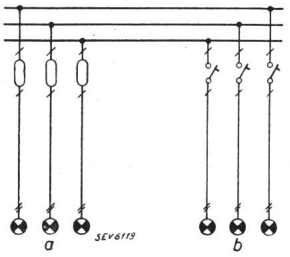

Fig. 3.

a Lampenleitungszweig mit Sicherung.

b Lampenleitungszweig mit Selbstschalter.

Der Selbstschalter, der 1phasig angeschlossene Anschlussobjekte wie Lampen, kleine Heisswasserspeicher, Bügeleisen usw. schützt, ist der *einpolige Installationsselbstschalter,* der bei einer Störung nur die Phase abschaltet, in welcher er installiert ist, und einen Betriebsunterbruch auf die kranke Phase lokalisiert. In Fig. 3 ist ein Leitungszweig mit Lampen einmal mit Sicherungen, das andere Mal mit Installationsselbstschaltern als Schutzelement dargestellt.

2. Schutz von Leitungen.

a) Hauptleitung. Unter einer Hauptleitung versteht man die unmittelbar an die Einführungsleitung in ein Gebäude angeschlossene Leitung (z. B. Steigleitung). Sie muss nach § 53, Ziffer 2, der Hausinstallationsvorschriften des SEV durch *Sicherungen* (Hauptsicherungen) geschützt werden. Selbstschalter dürfen zum Schutze der Hauptleitung nicht verwendet werden.

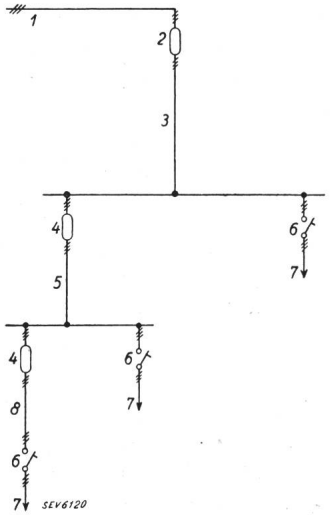

Fig. 4.

Hauptsicherungen und Querschnittsicherungen.

1 Einführungsleitung in Gebäude. *2* Hauptsicherung. *3* Hauptleitung. *4* Querschnittsicherung. *5* Leitung mit verjüngtem Querschnitt. *6* Selbstschalter. *7* Zu Anschlussobjekt. *8* Leitung mit nochmals verjüngtem Querschnitt.

b) Andere Leitungen. Der Schutz von Leitungen mit verjüngtem Querschnitt (Querschnittsicherung), die hinter der Hauptleitung liegen, kann durch Sicherungen oder Selbstschalter übernommen werden. Am besten wird eine solche Leitung, falls sie nicht direkt zu einem Anschlussobjekt führt, durch Sicherungen geschützt; denn für sie kommt lediglich ein Schutz gegen Kurzschlüsse, die in ihr selber entstehen können, in Frage, während alle Störungen, die hinter dieser Leitung ihren Ursprung haben, auch von den hinter ihr installierten Schutzelementen behoben werden.

Der Schutz der Leitungen, welche direkt zu einem Anschlussobjekt führen, wird im Abschnitt 4 behandelt.

Fig. 4 zeigt, wie ein Leitungsnetz innerhalb eines Gebäudes geschützt werden soll.

Die Hauptleitung und die von ihr abgehenden Leitungszweige mit verjüngtem Querschnitt, die nicht direkt zu einem Anschlussobjekt führen, werden demnach durch Sicherungen geschützt.

3. Schutz der Niederspannungswicklung von Transformatoren.

Als Schutzelement kommen wieder sowohl Sicherungen, als auch Selbstschalter in Frage. Weist die Anlage, die hinter dem zu schützenden Transformator liegt, ruhigen Betrieb auf, so genügt ein Kurzschlußschutz. Diesen erfüllen am besten die

schon in der Einführung erwähnten *Hochleistungssicherungen* mit ihrem hohen Ausschaltvermögen. Bei Anlagen mit unruhigem Betrieb muss aber der Transformator auch gegen Ueberbelastungen geschützt werden. In diesem Falle ist der *einpolige Selbstschalter* das zweckmässigste Schutzelement, der allein gebraucht werden kann, solange sein Ausschaltvermögen über dem Kurzschlußstrom des

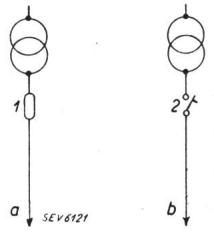

Fig. 5.
Schutz der Niederspannungswicklung eines Transformators.
1 Sicherung oder Hochleistungssicherung.
2 Selbstschalter.
a Anlage mit ruhigem Betrieb, nur Kurzschluss-Schutz.
b Anlage mit unruhigem Betrieb, Schutz gegen Ueberlast und Kurzschluss.

Transformators liegt. Ist dies nicht der Fall, so müssen neben dem Selbstschalter noch Hochleistungssicherungen installiert werden.

Es ist noch beizufügen, dass das Schutzelement des Transformators zugleich den Schutz der vom Transformator abgehenden Leitung übernimmt.

4. Ein Schutzelement für Leitung und Anschlussobjekt zugleich.

An den äussersten Leitungszweigen eines Netzes sind immer Anschlussobjekte angeschlossen. Sind diese durch Selbstschalter geschützt, so brauchen die Leitungen vom Selbstschalter zum Anschlussobjekt nach dem revidierten § 53 der Hausinstallationsvorschriften des SEV nicht mehr durch Sicherungen geschützt zu werden; der Selbstschalter übernimmt dann den Schutz für Anschlussobjekt und Leitung gemeinsam. Der Querschnitt für eine solche Sicherung richtet sich nach dem Nennstrom des angeschlossenen Objektes. Vor der Revision des genannten Paragraphen war es nötig, ausser dem Selbstschalter als Schutz des Anschlussobjektes Sicherungen zum Schutze der Leitung, die zwischen dem Selbstschalter und dem Anschlussobjekt liegt, zu installieren. Aus Fig. 6 geht der Vorteil der neuen Vorschrift gegenüber der alten hervor: Fig. 6a zeigt

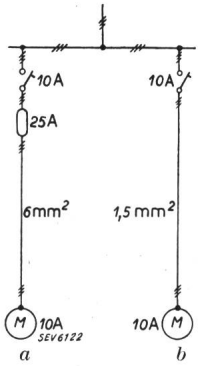

Fig. 6.
a Schutz von Motor und Leitung durch Selbstschalter und Sicherung, gebräuchlich nach altem § 53 der HV.
b Verbilligter Schutz von Motor und Leitung nur durch Selbstschalter, nach neuem § 53 der HV.

einen Selbstschalter als Motorschutz und Sicherungen als Leitungsschutz, für einen Motor von 10 A Nennstrom. Damit der Anlaufstrom des Motors, der 50 . . . 60 A ausmachen kann, die Sicherungen, die die Leitung schützten, nicht durchschmelzte, mussten die Sicherungen mindestens auf 20 A bemessen werden. Dies bedingte aber eine Leitung vom Selbstschalter zum Motor mit einem Querschnitt von 4 mm². In Fig. 6b ist die Installation nach der neuen Vorschrift durchgeführt: Der Selbstschalter schützt Motor und Leitung. Der Querschnitt der Leitung braucht nur 1,5 mm² zu betragen, da er sich ja nach dem Nennstrom des Motors (10 A) richtet. Die neue Vorschrift bringt nicht nur eine Ersparnis an Sicherungen, sondern auch an Leitungen mit sich.

Bedient man sich zum Schutze des Anschlussobjektes des Selbstschalters, so soll man ihn zugleich zum Schutze der Leitung, die zwischen ihm und dem Anschlussobjekt liegt, verwenden.

Auch in Anlagen mit ruhigem Betrieb, für welche die Sicherung als Schutzelement genügen würde, gestattet die Verwendung eines Selbstschalters in vielen Fällen eine merkliche Verbilligung der Installationskosten. Schützt man z. B. einen Lufterhitzer von 35 A Nennstrom mit Sicherungen, so wird man 50-A-Sicherungen wählen, da eine 35-A-Sicherung schon durch den Einschaltstrom durchschmelzen würde. Die 50-A-Sicherung bedingt aber für die Leitung einen Querschnitt von 16 mm². Wird an Stelle der Sicherungen ein Selbstschalter installiert, so wird er, um den Lufterhitzer zu schützen, auf 35 A eingestellt, so dass die Leitung nur für 35 A dimensioniert werden muss, was einem Querschnitt von nur 10 mm² entspricht. Es wird auch da eine Ersparnis in den Kosten für Leitung und Leitungsrohre erzielt, die in diesem Beispiel 30 % ausmacht.

5. Selektivität zwischen Selbstschalter und vorgeschalteter Querschnittsicherung.

Ein wichtiger Punkt für eine zweckmässige Installation ist auch die Selektivitätsfrage. Beim Selbstschalter soll man den Vorteil ausnützen, dass keine Sicherungen mehr durchschmelzen und ersetzt werden müssen. Die Leitung, die vor dem Selbstschalter liegt, kann natürlich nicht von diesem geschützt werden. Zum Schutze dieser Leitung ist immer noch die Querschnittsicherung installiert. Diese Sicherung soll aber nur bei einer Störung in der Leitung zwischen ihr und dem Selbstschalter durchgehen, nicht aber bei einer Störung, die hinter dem Selbstschalter ihren Ursprung hat, für welche der Selbstschalter aufkommen muss. Ist dies der Fall, so sagt man, die Querschnittsicherung vor dem Selbstschalter ist mit diesem selektiv. Es erhebt sich nun die Frage, wie gross die Querschnittsicherung und damit der Leitungsquerschnitt von dieser Sicherung zum Selbstschalter bemessen sein müssen, damit die Sicherung mit dem Selbstschalter selektiv ist. Zur Erläuterung diene Fig. 7.

Als Beispiel ist ein Motor mit 15 A Nennstrom und 90 A Anlaufstrom genommen. Der maximale Kurzschlußstrom der Anlage an der Einbaustelle des Motorschutzschalters sei 600 A, das Ausschaltvermögen des Motorschutzschalters grösser als 600 A. Wenn der Motorschutzschalter alle hinter ihm auftretenden Störungen abschalten soll, ohne

dass die Sicherung vor dem Selbstschalter durchschmilzt, so muss die Zeit-Strom-Schmelzkurve der Sicherung bis zu 600 A immer über der Zeit-Strom-Auslösekurve des Motorschutzschalters liegen. In Fig. 7 sind die Schmelzkurven der Sicherungen von 15, 25, 35, 50, 60 und 80 A und die Auslösekurve des Motorschutzschalters für einen Nennstrom von 15 A aufgezeichnet. Es ist daraus ersichtlich, dass erst die 50-A-Sicherung dieser Bedingung genügt. Dann ist die verlangte Selektivität gewährleistet. Der Querschnitt der Leitung von der 50-A-Sicherung bis zum Motorschutzschalter beträgt 16 mm², während für die Leitung vom Motorschutzschalter zum Motor ein Querschnitt von 2,5 mm² den Vorschriften entspricht. Fig. 8a illustriert dieses Beispiel.

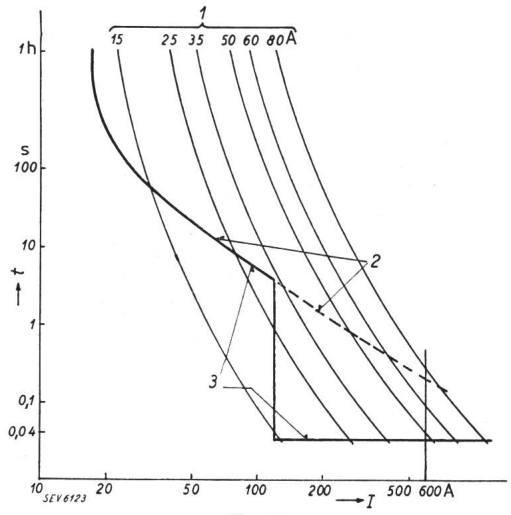

Fig. 7.
Zeit-Strom-Kurven von Sicherungen von 15, 25, 35, 50, 60 und 80 A und eines Selbstschalters von 15 A.
1 Sicherungen. *2* Selbstschalter mit thermischer Ueberstromauslösung. *3* Selbstschalter mit thermischer Ueberstrom- und elektromagnetischer Schnell-Auslösung.

Bei der Selektivitätsfrage zeigt sich auch ein grosser Vorteil der elektromagnetischen Schnellauslösung. Das Beispiel Fig. 8a basiert auf der Verwendung eines Selbstschalters mit thermischer Ueberstrom- und elektromagnetischer Schnellauslösung. Wird aber ein Selbstschalter mit nur thermischer Ueberstromauslösung benützt, so muss die in Fig. 7 gestrichelt gezeichnete Kurve betrachtet werden. Diese stellt die Zeit-Strom-Charakteristik eines Selbstschalters mit rein thermischer Ueberstromauslösung dar. Damit zwischen dieser Kurve und einer Querschnittsicherung Selektivität bis zu 600 A bestehen soll, muss eine Sicherung von 80 A und damit eine Leitung von der Sicherung zum Selbstschalter mit einem Querschnitt von 25 mm² installiert werden (siehe Fig. 8b). Mit der elektromagnetischen Schnellauslösung kann somit an Installationskosten gespart werden.

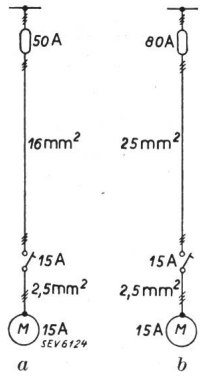

Fig. 8.
Selektivität zwischen Querschnittsicherung und Selbstschalter.
a Bei Verwendung von Selbstschalter mit *thermischer Ueberstrom- und elektromagnetischer Schnellauslösung* muss die Querschnitt-Sicherung für 50 A bemessen sein.
b Bei Verwendung von Selbstschalter mit *rein thermischer Ueberstromauslösung* muss die Querschnitt-Sicherung für 80 A bemessen sein.

Handelt es sich um eine Anlage, in welcher *Installationsselbstschalter* eingebaut sind, so richtet sich die Wahl der vorgeschalteten Sicherung nach den im § 53, Ziffer 3, der Hausinstallationsvorschriften des SEV festgelegten Grenzwerten.

Das Beispiel Fig. 7 und 8 gibt Gelegenheit, noch auf eine Verbilligung in der Leitungsführung hinzuweisen durch Verwendung von *ferngesteuerten Motorschutzschaltern.* Als Illustration dazu diene Fig. 9. In Beispiel Fig. 8 benötigte man bei der Abzweigung eine Querschnittsicherung von 50 A und eine 16-mm²-Leitung zum Motorschutzschalter an der Bedienungsstelle, von dieser aus eine 2,5-mm²-Leitung zum Motor. Benützt man statt eines gewöhnlichen Hand-Motorschutzschalters einen ferngesteuerten Motorschutzschalter, so erreicht man folgende Verbilligung: Der ferngesteuerte Motorschutzschalter wird an der Abzweigstelle montiert, dort, wo vorher die Querschnittsicherung war. Diese ist nicht mehr nötig, da der Motorschutzschalter den Leitungsschutz von der Abzweigstelle an übernimmt. Von ihm aus wird eine Leitung mit dem Querschnitt von 2,5 mm² auf dem kürzesten Wege zum Motor gelegt und zudem noch eine Steuerleitung von 1,5 mm² Querschnitt zur Bedienungsstelle, wo die Druckknöpfe zur Betätigung des ferngesteuerten Motorschutzschalters installiert sind. An Stelle der Leitung mit einem Querschnitt von 16 mm² benötigt man so nur noch eine 2,5-mm²-Leitung und eine 1,5-mm²-Leitung, was bei grossen Längen eine beträchtliche Ersparnis in den Leitungskosten ausmacht. Auch die sonst nötige Querschnittsicherung fällt weg. Bei Verwendung des ferngesteuerten Motorschutzschalters besteht zudem noch die Möglichkeit, die Steuerleitung an die geeignetste Bedienungsstelle zu führen (s. Fig. 9c). Dies kann mit geringem Kostenaufwand geschehen.

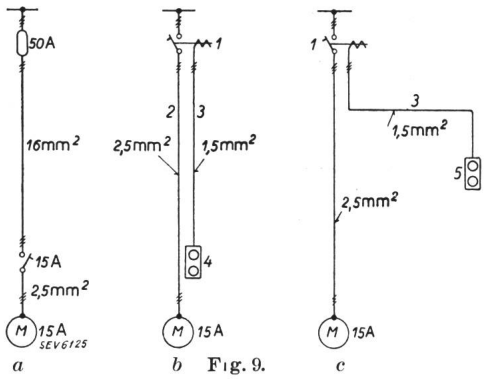

Fig. 9.
a Installation bei Verwendung von Hand-Motorschutzschalter.
b Billigere Installation bei Verwendung von ferngesteuertem Motorschutzschalter.
c Bedienung des Motors mit Fernsteuerung von geeignetster Stelle aus.
1 Ferngesteuerter Motorschutzschalter. *2* Motorleitung 2,5 mm². *3* Steuerleitung 1,5 mm². *4* Bedienungsdruckknöpfe. *5* Druckknöpfe an geeignetster Bedienungsstelle.

da für die Steuerleitung ja nur ein Querschnitt von 1,5 mm² benötigt wird.

Zum Schlusse seien die erhaltenen Resultate noch kurz zusammengefasst:

Sicherungen werden verwendet:

1. Zum Schutze der Hauptleitung (Hauptsicherung) nach § 53 Ziffer 2 der Hausinstallationsvorschriften des SEV (siehe Abschnitt 2a).
2. Zum Schutze von Leitungen («Querschnittsicherung»), die nicht direkt zu einem Anschlussobjekt führen (siehe Abschnitt 2b, Fig. 4).
3. Zum Schutze von Anschlussobjekten, an welchen ihrer Natur nach keine Ueberbelastungen auftreten können, wie Lampen, Heisswasserspeicher, Kochherde, Bügeleisen, elektr. Oefen usw. (siehe Abschnitt 1b), falls nicht die Verwendung von Selbstschaltern die Installation oder den Betrieb verbilligt (siehe Abschnitt 4).
4. Zum Schutze des Transformators nur gegen Kurzschluss (Hochleistungssicherungen) bei Anlagen mit ruhigem Betrieb (siehe Abschnitt 3, Fig. 5a).

Selbstschalter werden verwendet:

5. Zum Schutze von Motoren (siehe Abschnitt 1a).
6. Zum Schutze von andern Anschlussobjekten, sofern der Selbstschalter gegenüber den Sicherungen den Betrieb oder die Installation verbilligt (siehe Abschnitt 4).
7. Zum Schutze der Leitung zwischen ihm und dem Anschlussobjekt (siehe Abschnitt 4, Fig. 6b).
8. Zum Schutze von Transformatoren bei Anlagen mit unruhigem Betrieb (siehe Abschnitt 3, Fig. 5b).

Sicherungen und Selbstschalter zusammen werden verwendet:

9. Wenn als Schutzelement an und für sich ein Selbstschalter am Platze ist, dieser aber den maximalen Kurzschlussstrom der Anlage nicht selbst abschalten kann.

Die Messung des im Wechselstromnetz auftretenden zusätzlichen Spannungsabfalles in Mutator-Anlagen.

Von *E. Kern-Berger*, Ennetbaden.

621.317.32 : 621.314.65

In Mutatorenanlagen treten belastungsabhängige zusätzliche Spannungsabfälle auf der Gleichstromseite auf, welche teilweise von der im Wechselstromnetz vorhandenen Reaktanz verursacht und mit den gebräuchlichen Einrichtungen nicht ohne weiteres gemessen werden können. Es werden die erforderlichen Mittel zur Messung dieses zusätzlichen Abfalles angegeben.

Dans les installations de mutateurs on observe, sur le côté continu, des chutes de tension additionnelles dépendantes de la charge. Ces chutes de tension, qui sont en partie dues à la réactance du réseau alternatif, ne peuvent être mesurées sans autre avec les instruments usuels. L'auteur indique ici les moyens propres à la mesure de ces chutes de tension additionnelles.

Der gleichstromseitig gemessene Spannungsabfall in Abhängigkeit der Belastung von Mutatoranlagen besteht aus dem Abfall im eigentlichen Wechselstromnetz, bestehend aus den Generatoren, Transformatoren, den Verbrauchern und den Uebertragungsleitungen und dem Abfall in dem den Mutator unmittelbar speisenden Transformator. Die in diesem auftretenden Spannungsabfälle lassen sich ohne weiteres berechnen.

Es gibt nun Fälle, wo entweder bei der Projektierung, zwecks genauer Vorausberechnung des zu erwartenden Spannungsabfalles (beispielsweise

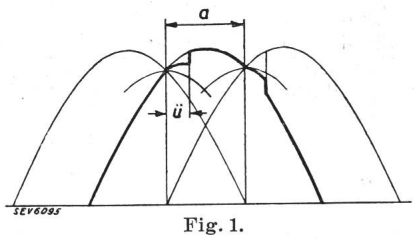

Fig. 1.

wenn dieser extreme Werte annimmt), oder zur Feststellung des Ursprunges nachträglich beobachteter zusätzlicher Abfälle, eine Messung derartiger im Netz auftretender Abfälle erwünscht ist. Die bisweilen in Anlehnung an andere Stromverbraucher gemachte Ueberlegung, dass auch in Mutatoranlagen der Spannungsabfall im Primärnetz durch die gebräuchliche Spannungsmessung an den Primärklemmen des Mutator-Transformators und durch die damit verbundene Umrechnung der Gleichspannung auf konstante Primärspannung erfasst, bzw. eliminiert werden könne, trifft aber bei Mutatoranlagen nicht zu. Vielmehr wird besonders durch die Reaktanz des Primärnetzes die Primärspannungskurve am Mutator-Transformator in dem Sinne verzerrt, dass einerseits ihr Effektivwert praktisch unverändert bleibt, der vom Mutator aus der ankommenden Spannungskurve herausgeschnittene, ins Gleichstromsystem übertragene Teil *a* (Fig. 1) der Wechselspannungskurve aber gerade proportional zur Belastung und zur Reaktanz im Primärnetz vermindert wird. Mit a. W.: Es kann auch bei scheinbar konstanter Primärspannung (Effektivwert) am Mutator-Transformator die Reaktanz des Primärnetzes einen zusätzlichen, vom Voltmeter auf der Primärseite nicht erfassbaren Gleichspannungsabfall erzeugen, der den vom Transformator erzeugten, rechnerisch zugänglichen Gleichspannungsabfall unter Umständen stark vergrössert. Die Reaktanz des Primärnetzes bis zu den Klemmen des Mutator-Transformators ist nur selten bekannt und variiert als solche je nach den Netzkombinationen. Die im folgenden kurz erläuterte Messmethode des vom Wechselstromnetz bis zu einem gegebenen Punkte desselben verursachten zusätzlichen Spannungsabfalles geht von der einfachen Ueberlegung aus, dass die Spannungsänderung einer an den betrachteten Punkt des Netzes angeschlossenen Hilfs-Mutatorgruppe gleicher Schaltung und Spannung, im folgenden *Messgruppe* genannt, bei konstanter Belastung, also bei konstantem inneren Spannungsabfall der Messgruppe, bei Aenderung der Belastung der zu prüfenden Hauptgruppe (im folgenden *Belastungsgruppe* genannt) ein unmittelbares Mass für den vom Netz verursachten, belastungsabhängigen Spannungsabfall darstellt. Bei näherer Ueberlegung