Sicherungen und Leistungsschalter

Autor(en): **Bersinger, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **68 (1977)**

Heft 13

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915047

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sicherungen und Leistungsschalter

Von H. Bersinger

Aufgrund der Gesetzgebung müssen die Niederspannungsnetze gegen Schäden an Leitungen und Anlagen sowie gegen Personengefährdung geschützt werden. Als Schutzorgane dienen Sicherungen und Leistungsschalter. Die Wahl der Überstromschutzorgane und deren richtige Dimensionierung in bezug auf die Belastungen, Leiterquerschnitte und Kurzschlußströme stellt uns immer wieder vor neue Probleme. Im besondern ist die Einhaltung der Nullungsbedingungen durch die in Gang befindliche internationale Harmonisierung im Bereich der Hochleistungssicherungen mit Schwierigkeiten verbunden.

Selon la législation, les réseaux à basse tension doivent être protégés contre les avaries survenant aux lignes et installations et contre la mise en danger de personnes. Comme organes de protection, on utilise des fusibles et des disjoncteurs de puissance. Le choix des organes de protection à maximum de courant et leur dimensionnement convenable en fonction des charges, des sections de conducteurs et des courants de court-circuit posent sans cesse des problèmes. L'observation des conditions de mise au neutre donne particulièrement lieu à des difficultés par suite de l'harmonisation internationale actuellement en cours dans le domaine des fusibles à haut pouvoir de coupure.

1. Überstromschutz, Vorschriften

In Artikel 30 der Starkstromverordnung heisst es:

Massnahmen gegen Wirkungen von Überstrom	Alle Anlageteile sind so zu bemessen und anzuordnen, dass sie in allen Betriebsfällen den Wirkungen des maximalen Kurzschlußstromes bis und mit seiner Unterbrechung widerstehen, ohne Personen zu gefährden, Brandausbrüche zu verursachen oder selbst Schaden zu nehmen. Hiebei ist mit Bezug auf die Erwärmung die Dauerkurzschlußstromstärke und mit Bezug auf die dynamische Beanspruchung die Momentan-Kurzschlußstromstärke massgebend.

Dieser Artikel bezieht sich auf den ganzen Bereich der elektrischen Energieverteilung. Es werden sowohl die Hochspannungsteile wie auch die Hausinstallation berührt, da mit denselben direkte Zusammenhänge oder Auswirkungen auf dieselben bestehen.

Im Artikel 31 der Starkstromverordnung sind weitere Vorschriften über den Einbau und die Funktion der Überstromschutzorgane wie auch deren Anforderungen enthalten. Für die einzelnen Anlageteile sind in den weiteren Abschnitten noch andere Bedingungen vorgeschrieben.

Die Erfüllung derselben bringt aber vielfach Probleme, die nachfolgend etwas näher betrachtet werden. In einzelnen Fällen fragt man sich, ob die Forderungen aufgrund der Erfahrungen noch zu Recht bestehen.

2. Bemessung von Sammelschienen und Kabeln

Als Überstromschutzorgane kennen wir die Schmelzsicherungen und Leistungsschalter, das heisst Schalter mit thermischen und magnetischen Auslösern. In direktem Zusammenhang mit der Dimensionierung derselben steht natürlich die Bemessung der Leiter und hier wieder die zu übertragende Leistung.

Entsprechend dem letzten Satz im Artikel 30 müssen die Anlageteile sowohl auf Erwärmung, das heisst auf thermische, wie auch auf dynamische Beanspruchung richtig bemessen sein. Dabei ist für erstere die Dauerkurzschlußstromstärke, für die dynamische Festigkeit die Momentan-Kurzschlußstromstärke massgebend.

Diese Bedingungen, im besonderen die zweite, müssen bei Sammelschienen in Trafostationen wie auch in Hauptverteilanlagen beachtet werden.

3. Bemessung von Sammelschienen

Die thermische Strombelastbarkeit, und zwar die Wechselstrom-Dauerbelastung, kann den SEV-Regeln 3064.1965 «Strombelastbarkeit von Schienen aus Kupfer» entnommen werden. Weitere Ausführungen dazu sind meines Erachtens nicht notwendig.

Über die dynamische Bemessung der Sammelschienen bzw. deren Abstützung fehlen jedoch verbindliche Angaben vom SEV. Gemäss dem vorerwähnten Artikel 30 müssen auch die dynamischen Kräfte im Kurzschlussfall berücksichtigt werden. Entsprechende Berechnungsgrundlagen finden wir zum Beispiel in den VDE-Vorschriften VDE 0103. Es gilt also nicht nur, die Strombelastbarkeit einer Schiene bei deren Bemessung zu berücksichtigen, sondern gleichzeitig auch deren Befestigung zu bestimmen. Dabei ist noch zu beachten, dass bei parallelen Schienen gleicher Phase anziehende Kräfte wirken, das heisst dass diese Schienen entsprechend des möglichen Stromes pro Schiene berechnet werden müssen.

Weil die Sammelschienen auch auf die dynamische Beanspruchung ausgelegt sein müssen, wäre es sicher vorteilhaft, wenn vom SEV entsprechende Regeln aufgestellt werden könnten, die verbindliche Berechnungsgrundlagen enthielten.

4. Bemessung von Kabeln

Kabel wie auch Freileitungen müssen vor allem im thermischen Bereich bezüglich der Dauer- und Kurzschlußstrombelastung geschützt werden. Die dynamischen Beanspruchungen machen sich bei Kabeln vor allem im Bereich der Anschlußstellen bemerkbar, wo dieselben aufgeteilt sind, oder dann bei parallel geführten Einzelleitern. Dementsprechend müssen die Anschlüsse der Leiter der dynamischen Momentan-Kurzschlußstromstärke auf Zugbeanspruchung bemessen werden. Im Normalfall sind die Anschlussteile an Sicherungen und Schaltern entsprechend ausgelegt, so dass keine besonderen Massnahmen notwendig sind. Für parallele Einzelleiter gelten die analogen Grundlagen wie bei Stromschienen.

Für die thermische Bemessung, insbesondere von Kabeln, müssen zwei Kriterien berücksichtigt werden.

1. Die Dauerstrombelastbarkeit
2. Die Kurzschlußstromfestigkeit

Die Belastbarkeit von Netzkabeln hängt von verschiedenen Faktoren ab. Es sind zu berücksichtigen: Die Isolationsart, die Verlegung und die Art der Belastung, denn die Lebensdauer eines Kabels hängt weitgehend mit der thermischen Belastung zusammen.

Die Grenztemperaturen für die verschiedenen Isolationen sind für Normalbetrieb:

Für Bleikabel	60–80 °C
Für PVC	60–75 °C
Für vernetztes Polyäthylen	90 °C

Aufgrund dessen ergibt sich für die heute gebräuchlichsten PVC-Kabel und Verlegung im Erdboden die in der Tabelle I enthaltenen max. Belastungen. Bei Verlegung eines Kabels in einem Rohr im Erdboden ist gemäss der SEV-Publikation 3062.1967 ein Faktor von 0,85 zu berücksichtigen. Aufgrund dessen ergibt sich für die einzelnen Kabelquerschnitte die max. Belastung bei Verlegung mit Rohr im Erdboden und darauf basierend die max. Absicherung.

Beim üblichen Netzaufbau können den Kabeln, im besonderen den einzelnen Hausanschlusskabeln, nicht immer die entsprechend maximalen Sicherungen vorgeschaltet werden. In diesem Fall muss der Überlastschutz zum Beispiel durch die Anschlußsicherung im Gebäude übernommen werden. Das heisst, dass das Kabel nur auf die Anschlußsicherung abgestimmt ist, denn beim einzelnen Hausanschluss kann ja keine grössere Belastung auftreten, als die Anschlußsicherung zulässt.

Die Probleme treten dann beim Kurzschlußschutz auf. Nehmen wir an, ein Hausanschlusskabel 4 × 16 mm² Cu ist mit einem T-Abzweig an ein Kabel 4 × 120 mm² Cu angeschlossen. Gemäss der Tabelle kann das zweite mit einer Absicherung von 250 A geschützt werden. Somit ist dem Kabel 4 × 16 mm² eine Sicherung von 250 A vorgeschaltet. Dieser Fall ist in Fig. 1 dargestellt.

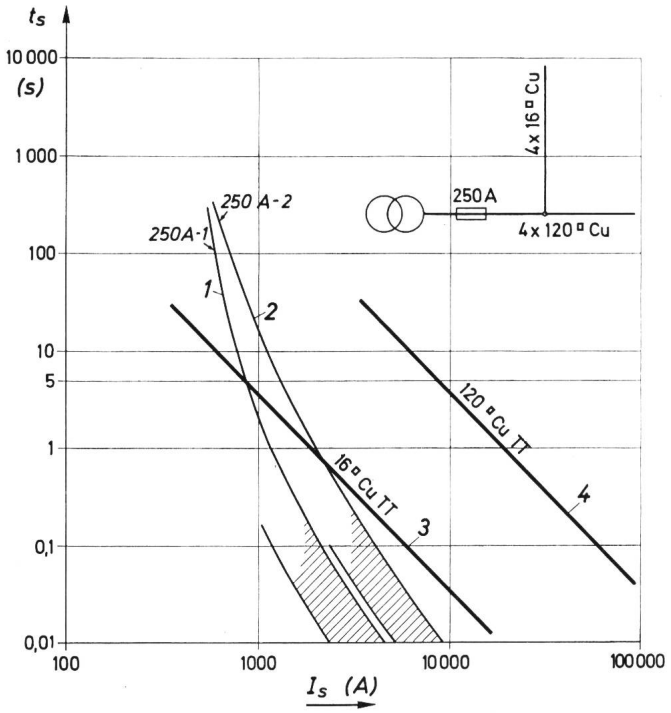


Fig. 1 Absicherung von Kabeln 4 × 16 mm² und 4 × 120 mm² Cu aufgrund der Kurzschlussfestigkeit

1 Abschmelzkurve Sicherung SEV 250 A, Trägheitsgrad 1
2 Abschmelzkurve Sicherung SEV 250 A, Trägheitsgrad 2
3 Kurzschlussfestigkeit Kabel 4 × 16 mm² Cu
4 Kurzschlussfestigkeit Kabel 4 × 120 mm² Cu

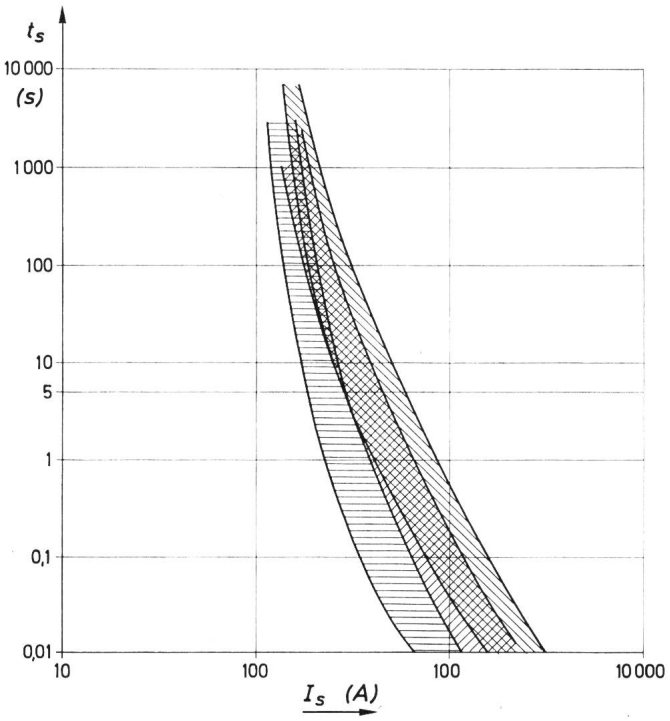


Fig. 2 Vergleich der Abschmelzkurven einer Sicherung 100 A

Abschmelzkurve nach SEV 1018.1965, Trägheitsgrad 1
Abschmelzkurve nach SEV 1018.1965, Trägheitsgrad 2
Abschmelzkurve nach CEI-Publikation 269–2

Wir haben einerseits als Geraden die Kurzschlussfestigkeit der Kabel 4 × 16 mm² und 4 × 120 mm² und anderseits die obere Grenzkurve des Schmelz-Streubandes der Sicherungen 250 A Trägheitsgrad 1 und Trägheitsgrad 2. Diese Kurven geben den Wert an, bei dem die Sicherungen sicher abschmelzen. Als weiteres Kriterium haben wir die Abschaltzeit von max. 5 s, die uns durch die Schutzbedingungen in den Erdungsvorschriften gegeben ist. Wenn wir nun die verschiedenen Kurven im Bereich bis ts = 5 s vergleichen, so können wir folgende Schlüsse ziehen:

Das Kabel 4 × 120 mm² hat eine genügende Kurzschlussfestigkeit, denn sowohl die flinke wie die träge Sicherung schalten den Kurzschluss einwandfrei unter der Kurzschlussfestigkeitsgrenze des Kabels ab.

Anders liegt es beim Kabel 4 × 16 mm². Bei einer Absicherung mit 250 A Trägheitsgrad 1 wird das Kabel bei einem Kurzschlußstrom von etwa 850 A gerade an die Grenze belastet.

Bei der trägen Sicherung überschreitet die Abschmelzkurve die Kurzschlussfestigkeit des Kabels im Bereich über 800 bis etwa 2500 A, so dass ein Kurzschlußstrom in dieser Grössenordnung das Kabel zerstören würde. Um das Kabel 4 × 16 mm² ebenfalls zu schützen, dürfte bei Trägheitsgrad 2 eine Sicherung von max. 150 A eingesetzt werden. Dadurch könnte jedoch das Kabel 4 × 120 mm² nur ungenügend genutzt werden.

Grundsätzlich kann der Schluss gezogen werden, dass hohe Kurzschlußströme keine Zerstörung des Kabels zur Folge haben, da die Sicherung vorher schmilzt, im Gegensatz

zu mittleren Kurzschlußströmen, die, je nach Querschnitt natürlich, das Kabel zerstören können. Mitentscheidend ist dabei auch noch der Trägheitsgrad der Sicherung. Auf dieses Problem werde ich in einem andern Zusammenhang später noch näher eingehen.

5. Überstromschutzorgane

Sicherungen und Leistungs- bzw. Leitungsschutzschalter dienen einerseits dem Schutz von Trafos, Leitungen und Apparaten wie auch dem Schutz von Personen.

Was für Anforderungen müssen wir an die Überstromschutzorgane stellen?

Einerseits verlangen wir ein rasches und sicheres Abschalten im Fehlerfalle, um Unfälle und Sachschäden möglichst zu vermeiden bzw. die Auswirkungen möglichst kleinzuhalten. Anderseits sollen die Anlagen optimal ausgenützt werden können, damit Aufwand und Ertrag in einem vernünftigen Verhältnis stehen. Eine weitere Forderung ist das selektive Ansprechen der hintereinanderliegenden Überstromunterbrecher.

Als Schutzorgane kennen wir im NS-Netz die Schmelzsicherungen und die Leistungsschalter.

6. Sicherungen

Zur Hauptsache kommen für den Leitungsschutz in Trafostationen, Kabelkabinen, als Streckensicherungen bei Freileitungen vorwiegend Hochleistungssicherungen zum Einsatz; bei den Anschlußsicherungen haben wir je nach Anschlussgrösse Hochleistungssicherungen und Schraubsicherungen.

Bei beiden Sicherungsarten haben wir verschiedene Sicherungscharakteristiken. Wir kennen flinke, träge und träg/flinke Schmelzeinsätze. Zudem muss festgestellt werden, dass die Schmelzkurven von Hochleistungssicherungen nicht mit den Schraubsicherungen gleicher Grösse übereinstimmen, das heisst, die Schraubsicherung ist etwas träger als die Hochleistungssicherung. Im Bereich einer Schmelzzeit von 5 s ist der obere Grenzwert des Schmelzstromes etwa 10 % höher.

Für unsere Betrachtungen im Niederspannungsnetz sollen die flinken und trägen Sicherungen etwas näher betrachtet werden, denn es interessiert von den Schutzbedingungen her vor allem der Schmelzbereich bis 5 s, da gemäss den Erdungsvorschriften beim Auftreten eines Defektes derselbe innert max. 5 s abgeschaltet werden muss, wenn die Erdungsspannung an der Fehlerstelle 50 V übersteigt. Bei der Projektierung werden unsere genullten Netze entsprechend dieser Bedingung berechnet, da uns, im besonderen bei Landnetzen, eine Abstimmung der Erdungen in dem Verhältnis, dass an keinem Objekt eine höhere Erdungsspannung als 50 V auftritt, zu unsicher ist.

Im Bereich bis 5 s entspricht die Abschmelzcharakteristik der träg/flinken Sicherung derjenigen der trägen Sicherung, weshalb ein Vergleich flink–träg genügt.

Nun sollen aber gemäss einer Ausschreibung im Bulletin SEV Nr. 19 vom 2. Oktober 1976 im Zuge der internationalen Normung Hochleistungssicherungen mit nur noch einer Charakteristik eingeführt werden, die ungefähr den trägen Sicherungen nach SEV 1018.1965 entspricht, und die flinken Sicherungen nach SEV würden wegfallen.

Um einen Vergleich zu zeigen, ist im folgenden die 100-A-Sicherung herausgegriffen. In Fig. 2 ist die Charakteristik der flinken Sicherung nach SEV dargestellt, dann im Vergleich dazu die träge Sicherung nach SEV und als drittes das Streuband der Sicherung nach CEI, welche die beiden anderen ersetzen soll. Zur Breite des Bandes muss noch bemerkt werden, dass die Charakteristiken nach SEV die Schmelzzeit der Sicherung ohne die Löschzeit des Lichtbogens darstellt, im Gegensatz zur Charakteristik nach CEI, die beide beinhaltet. Deshalb liegt die obere Grenzkurve der letzteren etwas höher.

Um das Problem aufzuzeigen, ist im folgenden Beispiel in den Fig. 4 und 5 neben der Sicherung Trägheitsgrad 1 die nach CEI mögliche Sicherung eingetragen.

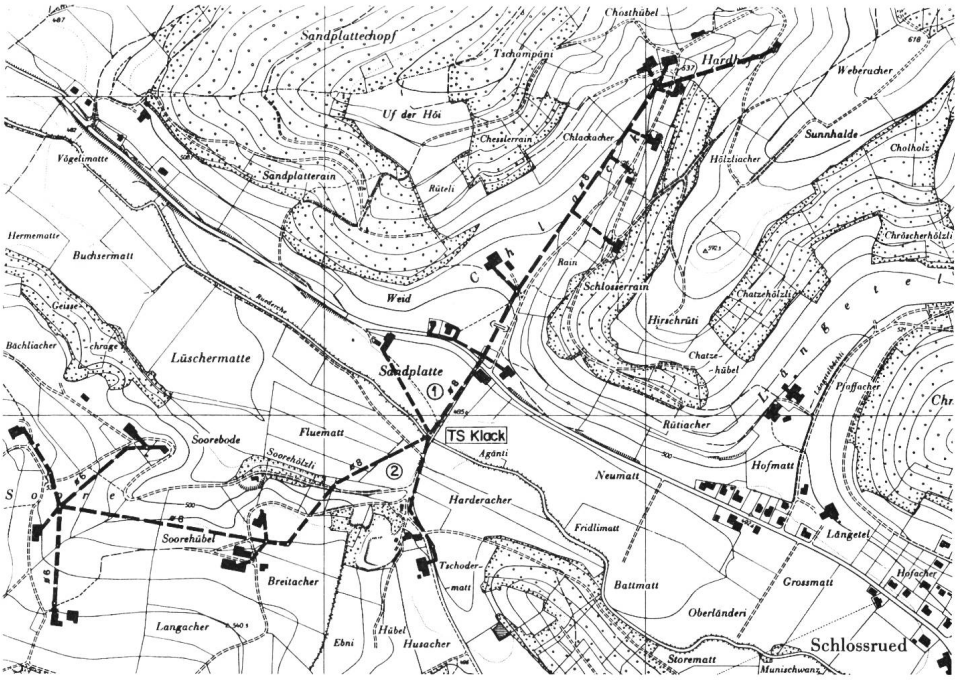
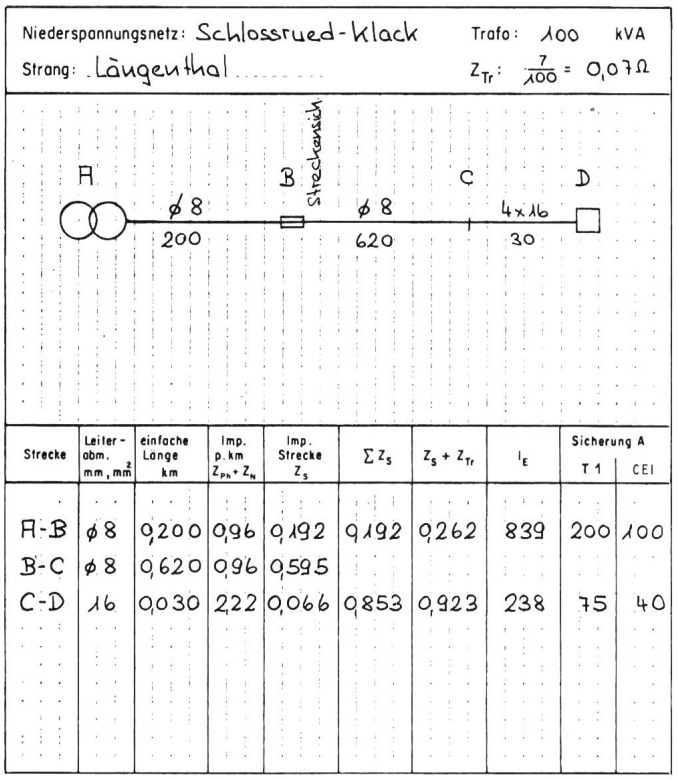


Fig. 3
Niederspannungsnetzplan Schlossrued-Klack
1 Strang Längenthal
2 Strang Suhren



Strecke	Leiter-abm. mm, mm²	einfache Länge km	Imp. p. km $Z_{Ph}+Z_N$	Imp. Strecke Z_S	ΣZ_S	$Z_S + Z_{Tr}$	I_E	Sicherung A T 1	CEI
A-B	ø 8	0,200	0,96	0,192	0,192	0,262	839	200	100
B-C	ø 8	0,620	0,96	0,595					
C-D	16	0,030	2,22	0,066	0,853	0,923	238	75	40

Fig. 4 Nullungsberechnung Strang Längenthal

Die Fig. 3 zeigt ein Netz mit zwei längeren Strängen. Die Trafostation liegt geographisch wie auch von der Belastung her in der Mitte des Einzugsgebietes dieses Netzes. In jedem Strang ist eine Streckensicherung eingebaut. Die Strangberechnungen für den ersten Strang (Fig. 4) ergeben folgende Absicherungen: Strangsicherung nach SEV Trägheitsgrad 1 160 A, nach CEI 80 A, Streckensicherung nach SEV T 1 75 A, CEI 40 A, also für Sicherungen nach CEI jeweils nur die halbe Sicherungsgrösse. Im zweiten Strang (Fig. 5) ist wieder das gleiche Bild. Das heisst somit, halbe Sicherungsgrösse = halbe Leistung. Um nun wieder die gleiche Leistung übertragen zu können, müssten die Leiter entsprechend verstärkt werden. Bei einem bereits bestehenden Leiterdurchmesser von 8 mm Cu auf der Freileitung ist dies wenig sinnvoll. Eine andere Möglichkeit ist eine neue Netzkonzeption mit weiteren Trafostationen, wobei in diesem Beispiel anstelle der einen Trafostation wenigstens zwei neue in der Mitte der beiden Stränge eingefügt werden müssten oder, um die bestehende belassen zu können, eine Aufteilung auf drei Trafostationen notwendig wäre. Nun wies die bestehende Station im letzten Jahr ein stündliche Maximalbelastung von 68 kW auf, bei einer Aufteilung zum Beispiel auf drei Stationen wären es noch 20–30 kW pro Station. Wird nun der Aufwand für die Netzänderungen mit den Einnahmen aus dem Energieverkauf, der sich nach der Änderung gleichbleibt, verglichen, so ist diese Lösung wirtschaftlich untragbar.

7. Leistungsschalter

Eine andere Möglichkeit des Überstromschutzes anstelle von Sicherungen sind die Leistungsschalter.

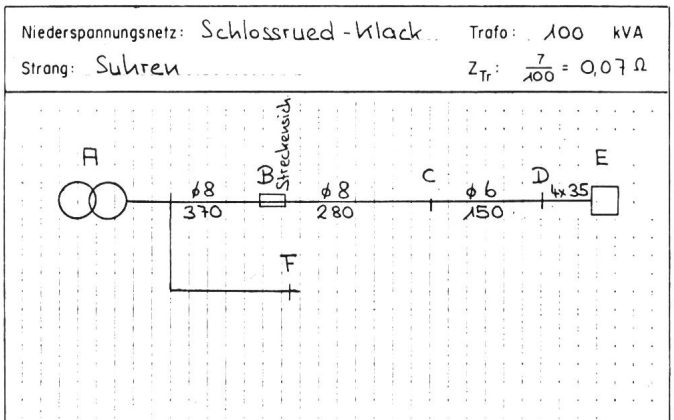
Bei den Schaltern unterscheidet man zwischen Nullpunktlöschern und energiebegrenzenden Schaltern.

Bei den ersteren, bisher üblichen Schaltern erfolgt die Löschung des Schaltlichtbogens beim Nulldurchgang der Sinuswelle, deshalb der Name Nullpunktlöscher. Der Schalter muss somit den vollen Kurzschlußstrom führen können, weshalb die Schaltleistung auf etwa 30 kA begrenzt ist. Mit den in den letzten Jahren stark gestiegenen Kurzschlußströmen entstanden deshalb Probleme mit den üblichen Schaltern, was zu einer Neuentwicklung führte, zu den Begrenzungsschaltern. Dieselben schalten den Kurzschlußstrom bereits bei dessen Anstieg ab, wobei die Durchlassenergie einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf, das heisst, sie muss begrenzt sein. Daher die Bezeichnung Begrenzungsschalter. Grundbedingung zur Erreichung desselben ist eine hohe Schaltgeschwindigkeit. Mit diesen Schaltern können in Netzen auftretende Kurzschlußströme bis gegen 100 kA abgeschaltet werden. Also können damit auch höchstmögliche Kurzschlußströme beherrscht werden.

8. Vergleich Schalter–Sicherung

Wo liegt nun der Unterschied zwischen Schaltern und Sicherungen? Vorteile besitzt der Schalter in der praktisch gefahrlosen Bedienung beim Schalten unter Last. Bei einer Auslösung kann sofort wieder zugeschaltet werden, das heisst, es ist kein Ersatzmaterial wie bei den Sicherungen notwendig. Bei Strömen über 600 A sind keine genormten Sicherungen mehr erhältlich. Hier müssen zwangsläufig Leistungsschalter eingesetzt werden.

Der Schalter besitzt aber auch Nachteile. Gerade bei der Verwendung in Aussenanlagen wie Stangentrafostationen, Kabelkabinen und dergleichen stellen wir immer wieder Korrosionen fest, die sich auf den Schalter nachteilig auswirken können, denn dieselben sind in der Normalausführung nur bedingt für diesen Zweck geeignet. Zu beachten ist auch,



Strecke	Leiter-abm. mm, mm²	einfache Länge km	Imp. p. km $Z_{Ph}+Z_N$	Imp. Strecke Z_S	ΣZ_S	$Z_S + Z_{Tr}$	I_E	Sicherung A T 1	CEI
A-B	ø 8	0,370	0,96	0,355	0,355	0,425	517	160	80
B-C	ø 8	0,280	0,96	0,258					
C-D	ø 6	0,150	1,40	0,21					
D-E	35	0,030	1,04	0,031	0,854	0,924	238	75	40

Fig. 5 Nullungsberechnung Strang Suhren

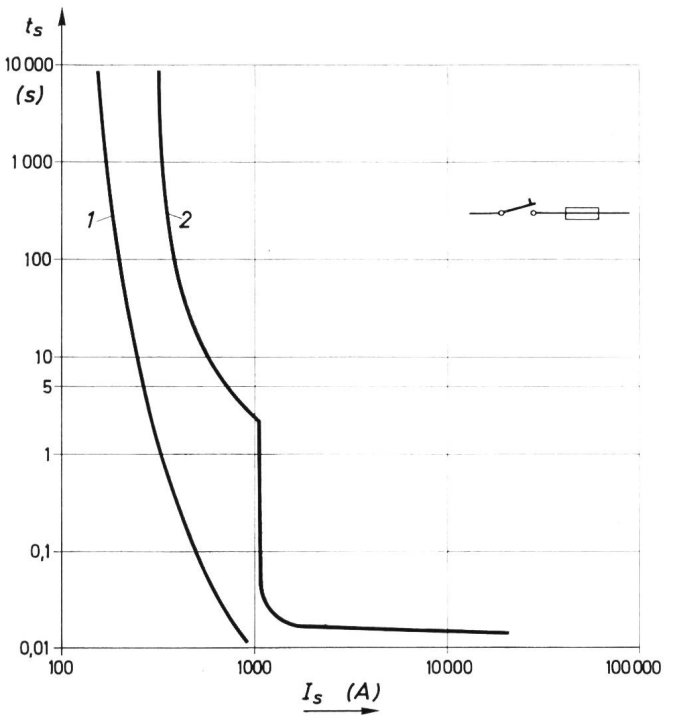


Fig. 6 Leistungsschalter mit nachgeordneter Sicherung
1 Abschmelzkurve der Sicherung
2 Auslösekennlinie des Leistungsschalters

dass man sich infolge der Ersatzhaltung auf ein bestimmtes Fabrikat festlegen muss, denn die Konstruktionen sind nicht an Normen gebunden, die Anschlüsse und Befestigungen sind unterschiedlich. Zudem müssen die Schalter ausziehbar sein, da eine sichtbare Trennung verlangt ist. Bei einer Konstruktionsänderung des gleichen Fabrikates gibt der Schalterersatz ebenfalls Probleme auf.

Über die beim Schalter mögliche allpolige Abschaltung im Gegensatz zu den Sicherungen könnte man sich längere Zeit unterhalten, denn es gibt auch hier Vor- und Nachteile. Die Störungssuche wird bei der einpoligen Abschaltung eher erleichtert. Anderseits kann die Abschaltung nur in einer Phase Defekte an Verbrauchern bei den Abonnenten verursachen.

Einen Vergleich zwischen Schalter und Sicherung muss man auch bei den Kosten anstellen, wobei natürlich auch der Sicherungsersatz berücksichtigt werden muss. Über alles gesehen muss bei der Verwendung von Schaltern mit den doppelten Kosten wie bei Sicherungen gerechnet werden.

Die Verwendung von Schaltern empfiehlt sich somit vor allem in Fällen hoher Strombelastungen, dann dort, wo mit häufigeren Ausschaltungen gerechnet werden muss oder auch in Verteilanlagen, wo ungeübte Personen die Schaltungen vornehmen.

9. Selektivität

In unseren Netzen haben wir die einzelnen Überstromschutzorgane hintereinandergeschaltet. Jedes derselben muss normalerweise den Anlageteil schützen, der zwischen ihm und dem nächstfolgenden Schutzorgan liegt.

Anderseits sollte eine Strangsicherung in der Trafostation nicht ansprechen, wenn ein Kurzschluss nach der Anschlußsicherung eines Hauses auftritt. Die verschiedenen Organe müssen selektiv arbeiten, sie müssen aufeinander abgestimmt sein.

Hiefür sind die Charakteristiken zu betrachten. Dabei gilt der Grundsatz, dass sich die Streubänder der Schmelz- und Auslösecharakteristiken in keinem Punkt überdecken dürfen.

9.1 Sicherungen

Bei den Hochleistungssicherungen gemäss den SEV-Vorschriften 1018 soll die Selektivität bei gleichem Trägheitsgrad gewährleistet sein, wenn jeweils eine Sicherungsstufe dazwischenliegt. Eine Sicherung 100 A flink ist zum Beispiel selektiv mit einer Sicherung 150 A flink. Wir haben ein Selektivitätsverhältnis von etwa 1 : 1,6.

Bei den neu zur Normung vorgeschlagenen Sicherungen nach CEI liegt das Verhältnis bei etwa 1 : 2, das heisst, eine 100-A-Sicherung arbeitet selektiv zu einer 200-A-Sicherung. Somit hätten wir hier, trotz den Fortschritten der Technik, ebenfalls eine Verschlechterung bei den CEI-Normen gegenüber denjenigen nach SEV 1018.

Nun muss man bei der Beurteilung der Selektivität der Sicherungen etwas vorsichtig sein. Die gemachten Angaben gelten nur bei neuen Sicherungen, auch hat die Höhe des Kurzschlußstromes einen Einfluss. In der Praxis haben wir schon des öftern feststellen müssen, dass obschon die Selektivität eingehalten war, unter Umständen zwei hintereinandergeschaltete Sicherungen gleichzeitig oder sogar nur die grössere abgeschmolzen ist. Im Betrieb sind die Sicherungen der Alterung unterworfen, wobei diese je nach Art, Höhe und Dauer der Belastung unterschiedlich sein kann. Bei Kurzschlüssen in weiter dahinterliegenden Anlageteilen werden die vorgeschalteten Sicherungen ebenfalls vom Kurzschlußstrom durchflossen, der den Schmelzleiter schwächen kann. Wenn nun eine Sicherung mehrmals durch

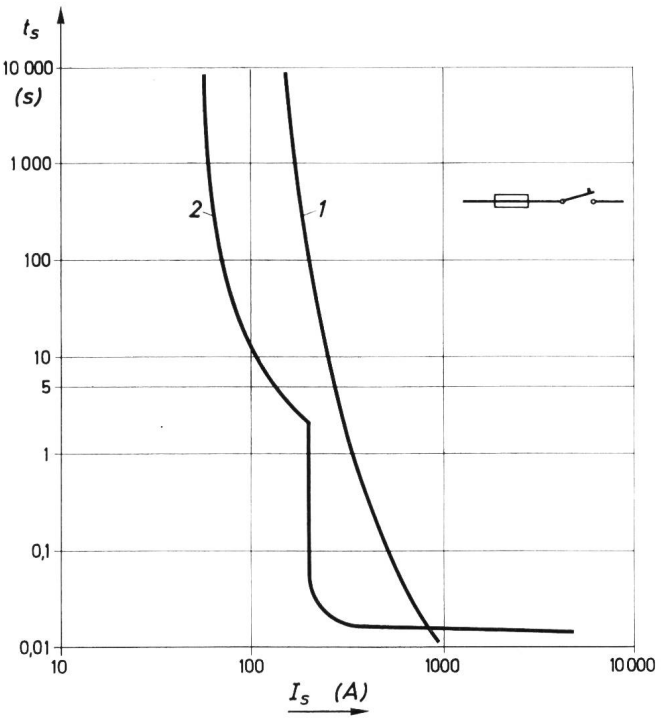


Fig. 7 Sicherung mit nachgeordnetem Leistungsschalter
1 Abschmelzkurve der Sicherung
2 Auslösekennlinie des Leistungsschalters

einen Kurzschlußstrom beansprucht wurde, besteht sogar die Möglichkeit, dass sie bei einem Strom unter dem angegebenen Nennstrom auslösen kann.

Um die Selektivität in einem Netzstrang jederzeit zu gewährleisten, müssten somit bei einem Kurzschluss alle der abgeschmolzenen Sicherung vorgeschalteten Sicherungen ebenfalls ersetzt werden, was jedoch in der Praxis normalerweise nicht gemacht wird. Somit darf man das Selektivitätskriterium bei Sicherungen nicht überbewerten.

9.2 Leistungsschalter

Hier liegen die Verhältnisse bei den Leistungsschaltern günstiger, da die Alterung nicht denselben Einfluss hat. Die Selektivität bleibt praktisch dauernd gewährleistet, wenn die Auslöser entsprechend eingestellt sind.

9.3 Leistungsschalter-Sicherung

Bei der Hintereinanderschaltung von Schaltern und Sicherungen müssen die Abschaltcharakteristiken derselben einander gegenübergestellt werden. Bei Schaltern sind vielfach zwei Charakteristiken angegeben, eine im kalten und eine im warmen Zustand. Für den Betrieb muss natürlich die letztere verglichen werden. Die Schaltung «Schalter vor Sicherung» ist in Fig. 6 angegeben.

Bei richtiger Wahl aufgrund der Charakteristiken sollten hier keine Schwierigkeiten entstehen, wobei ein Sicherheitsabstand zwischen den beiden Kurven zu empfehlen ist.

Anders liegt das Problem bei der Anwendung «Sicherung vor Schalter». Wir kennen dasselbe vor allem auch in den Hausinstallationen bei der Verwendung von Leitungsschutzschaltern. In Fig. 7 ist dieser Fall mit den beiden Charakteristiken dargestellt. Obwohl wir zwischen den Auslösekennlinien einen genügenden Abstand haben, besteht die Möglichkeit, dass zum Beispiel eine 75-A-Sicherung vor einem 10-A-Leitungsschutzschalter schmilzt. Die Auslösekennlinie des Schalters läuft hier im untersten Bereich bei einer bestimmten Zeit praktisch horizontal weiter. Trotz höherem Strom bleibt die Ausschaltzeit also gleich. Je nach Schalterart liegt diese Minimalzeit bei 0,008 s bei Leitungsschutzschaltern in der Hausinstallation bis etwa 0,02 s bei Leistungsschaltern, wie sie im Netz verwendet werden. Im Gegensatz dazu hat die Schmelzkurve der Sicherung weiter den gleichen Verlauf, das heisst, je höher der Strom, um so schneller schaltet sie ab. Im vorliegenden Beispiel unterbricht die Sicherung bei einem Kurzschlußstrom über 900 A, bevor der Schalter auslöst. Solche Auslösungen haben wir vor allem in der Nähe von Trafostationen und bei leistungsstarken Stadtnetzen, wo höhere Kurzschlußströme auftreten. Eine Eliminierung dieser Schwierigkeiten ist bis heute nicht möglich, denn durch die maximale Grundgeschwindigkeit der Schalter ist diese Schaltzeit gegeben.

Durch die Verwendung von energiebegrenzenden Schaltern ist nur eine leichte Verbesserung möglich.

Wenn durchwegs nur Leistungs- und Leitungsschutzschalter verwendet würden, könnte das Selektivitätsproblem am besten gelöst werden. In den Hochspannungsverteilnetzen kennen wir diese Lösung. Durch eine einstellbare zeitliche Staffelung der Auslöser bei den hintereinanderliegenden Schaltern kann ein optimales, selektives Abschalten erreicht werden.

Adresse des Autors
H. Bersinger, Chef der Installationskontrolle,
Aargauisches Elektrizitätswerk, 5001 Aarau.

Fehlerstromschutzschalter in Niederspannungsnetzen

Von H. Egger

Zunächst werden Möglichkeiten zur Einhaltung der Nullungsbedingungen mit Hilfe von Fehlerstromschutzschaltern beschrieben. Weiter werden Selektivitätsfragen bei der Fehlerstromschutzschaltung behandelt und Angaben über das Schaltvermögen der Fehlerstromschutzschalter gemacht. Die Beeinflussung der Auslöseempfindlichkeit durch Gleichströme wird erläutert. Zum Schluss zeigen einige Hinweise, wie Schwierigkeiten bei der Anwendung von Fehlerstromschutzschaltern auf Baustellen und Campingplätzen zu vermeiden sind.

L'exposé traite d'abord des possibilités qui sont données pour l'observation des conditions de mise au neutre à l'aide de disjoncteurs de protection par courant de défaut. Ensuite sont examinées les questions de sélectivité lors du couplage de protection par courant de défaut et des indications sont fournies sur le pouvoir de rupture des disjoncteurs. Des explications sont en outre données sur l'influence que peuvent exercer les courants continus sur la sensibilité au déclenchement. L'exposé se termine par quelques indications sur la façon dont on peut éviter les difficultés dans le cas de l'utilisation de tels disjoncteurs sur des chantiers et des terrains de camping.

1. Einhalten der Nullungsbedingungen mit Hilfe der Fehlerstromschutzschaltung

Seit Jahren hilft uns die Fehlerstromschutzschaltung, mit Erfolg Elektrounfälle zu verhüten und Brände zu verhindern. Entsprechend der Schutzart werden die Fehlerstromschutzschalter für den Brandschutz, den Berührungsschutz und zum Einhalten der Nullungsbedingungen eingesetzt.

– *Brandschutz*

Zur Verhinderung von durch Fehlerstrom gezündeten Bränden ist eine Nennauslöseempfindlichkeit von 300 mA richtig. Ein solcher Fehlerstromschutzschalter überwacht die Isolation dauernd und schaltet die zu überwachende elektrische Anlage ab, bevor ein Brand entstehen kann.

– *Berührungsschutz*

Beim Berührungsschutz unterscheiden wir für den Personenschutz bewegliche und fest angeschlossene Objekte. Mit beweglichen Objekten sind Licht- oder Steckdosenkreise gemeint. Die Wahrscheinlichkeit eines Schutzleiterunterbruchs ist bei beweglichen Kabeln und elektrischen Apparaten relativ gross. Die Berührungsspannung kann in solchen Fällen nicht selten 220 V erreichen. Der Fehlerstrom, der demzufolge über den menschlichen Körper fliessen kann, wird je