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: 68 (1977)

Heft: 13

Artikel: Fehlerstromschutzschalter in Niederspannungsnetzen

Autor: Egger, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915048

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: 15.07.2025

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

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

nach Widerstand irgendeinen Wert zwischen einigen Milliampere bis zu einem halben Ampere annehmen. Soll das Auslösen des Herzkammerflimmerns verhindert werden, sind hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter von 30 mA zu verwenden. Soll der Schutz auch die Verkrampfung erfassen, so sind sogar Fehlerstromschutzschalter mit einer Nennauslöseempfindlichkeit von 10 mA vorzusehen.

Für den Personenschutz bei fest angeschlossenen Objekten ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Schutzleiter unterbrochen wird, sehr gering. Der Fehlerstrom ist nicht vom menschlichen Widerstand allein abhängig. Es fliesst ein Strom, der so gross ist, dass ein Schalter mit einer Nennauslöseempfindlichkeit von 300 mA sofort auslöst.

– *Einhalten der Nullungsbedingungen*

Die Nullungsbedingungen verlangen, dass eine Fehlerspannung, die 50 V übersteigt, innerhalb von 5 s abgeschaltet wird. Ist der Erdwiderstand des Schutzleiters zu hoch, kann die Nullungsbedingung nicht mehr eingehalten werden. Mit Hilfe des Fehlerstromschutzschalters mit einer Nennauslöseempfindlichkeit von 300 mA wird die Nullungsbedingung bis zu einem Widerstand von 167 Ohm eingehalten.

An einer Fachtagung wurde ein österreichischer Vorschlag bekannt, der sich sehr gut eignet, um das Einhalten der Nullungsbedingungen mit Hilfe des Fehlerstromschutzschalters zu besprechen. Der Titel dieses Vorschlages lautet: «Vorschlag zur Neufassung der Bestimmungen für Schutzmassnahme Nullung aufgrund des Harmonisierungsdokumentes CENELEC 224 und Erweiterungsbestimmungen für die Nullungsschutzschaltung». Die vier grundsätzlichen Punkte dieses Vorschlages lauten:

– Da heute der Potentialausgleich generell gefordert wird, kann die Abschaltbedingung für das Verteilnetz entfallen. Das heisst mit anderen Worten, dass durch den Potentialausgleich in den Verbraucheranlagen eine Gefahr vermieden wird, wenn auch im Verteilnetz die Nullungsbedingung nicht eingehalten wird.

– Elektrophysiologische Erkenntnisse haben gezeigt, dass die Periode eines menschlichen Herzschlages 0,75 s eine natürliche Gefahrenschwelle bildet. Es soll daher gefordert werden, dass in den Verbraucheranlagen die Abschaltung innerhalb von 0,5 s sichergestellt ist; das heisst dass man von den Nullungsbedingungen in den Verbraucheranlagen fordert, dass sie statt in 5 s schon in 0,5 s abschalten.

– In den Hausinstallationen und in den landwirtschaftlichen Betrieben sowie für Steckdosenkreise in gewerblichen und industriellen Anlagen soll die Nullungsschutzschaltung angewendet werden (s. Fig. 1). FI-Schalter, die zum Einhalten der Nullungsbedingungen verwendet werden, werden mit Nullungsschutzschalter bezeichnet. Vom Nullungsschutzschalter wird ein höheres Schaltvermögen verlangt. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass der Nullungsschutzschalter nahe an der Hausanschlußsicherung montiert wird. Im übrigen entspricht die Schaltung dem Schema I.

Herr Dr. Biegelmeier (Wien) schlägt in einem weiteren Dokument für die Nullungsschutzschaltung eine Auslösestromempfindlichkeit von 100 mA vor. Mit der Einführung der Nullungsschutzschaltung soll eine Vereinfachung erreicht werden.

Statt der verschiedenen Schutzmassnahmen Schema I, II, III, Schutzerdung oder auch verschiedene Kombinationen mit Schutzschaltern käme nur noch eine Schutzmassnahme, die Nullungsschutzschaltung, zur Anwendung. Anstelle der verschiedenen Auslöseempfindlichkeiten 10, 30, 300 und 500 mA würde nur noch eine Auslöseempfindlichkeit, nämlich 100 mA, gebraucht. In den meisten Fällen würden dann auch für Steckdosenkreise Schalter mit Empfindlichkeiten von 10 und 30 mA entfallen.

Die 100-mA-Auslöseempfindlichkeit wird folgendermassen begründet: Erstens wurden in Österreich mit der Auslöseempfindlichkeit von 100 mA schon seit Jahren Erfahrungen gesammelt. Zweitens hat Herr Dr. Biegelmeier an sich selbst verschiedene Elektrisierungsversuche durchgeführt. Nach dem Versuchsbericht wurde in jeder Hand eine Elektrode gehalten. Im Stromkreis wurden zum Schutz je zwei 30-mA- und zwei 100-mA-FI-Schalter in Serie geschaltet. Die sinusförmige Wechselspannung wurde von 50 V an in Stufen von 25 bis 200 V erhöht. Die Versuche zeigten, dass bis zu 175 V die 30-mA-Schalter auslösten, während oberhalb 175 V auch die 100-mA-Schalter abschalteten. Bei den Versuchen konnte im Oszillogramm beim Einschalten ein kapazitiver Ausgleichstrom festgestellt werden. Diese Stromspitze entspricht ungefähr einem Halbwellenimpuls von 1000 Hz und erreicht einen Scheitelwert, der zwei- bis dreimal höher liegt als der stationäre Strom, der als Effektivwert durch den menschlichen Körper fliessen würde (s. Fig. 2).

Nach meiner Ansicht ist zu diesen Vorschlägen folgendes zu vermerken: In Stadtnetzen (Stadtnetze sind Netze mit guten Erdverhältnissen und demzufolge mit erfüllten Nullungsbedingungen) ist die Forderung nach der Nullungsschutzschaltung nicht notwendig. Hingegen kommt die Nullungsschutzschaltung für ländliche Gegenden in Frage. An solchen Orten kann tatsächlich die Abschaltung bei einem Erdschluss länger als 5 s andauern. Eine Auslöseempfindlichkeit von 300 mA würde aber auch in solchen Fällen genügen, da der Erdwiderstand bei einer Fehlerspannung von 50 V einen Wert von 167 Ohm erreichen dürfte. In der Praxis werden Widerstandswerte erreicht, die weit unter diesem Wert liegen. In Freileitungsnetzen ist zu überlegen, ob der Schutzleiter nicht separat geerdet werden sollte. Bei einem Nulleiterbruch oder bei einer Berührung des Phasenleiters mit dem

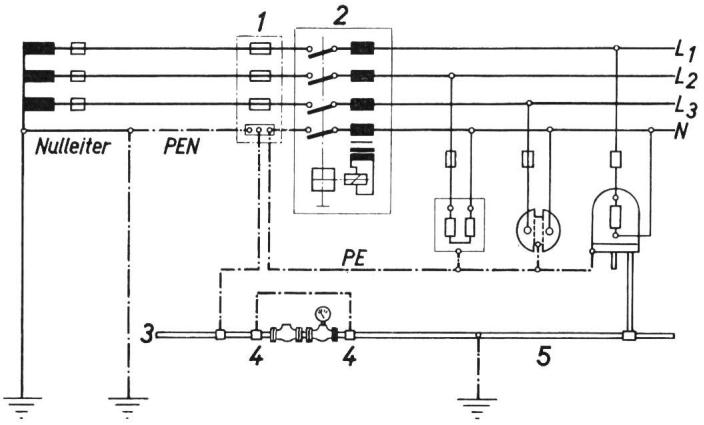

Fig. 1 Nullungsschutzschaltung

1 Hausanschlußsicherung
2 FI-Schalter mit hoher Schaltleistung
3 Wassereintrittsstelle
4 Überbrückung von Wassermesser. Druckreduzierventil usw. sind vorschriftsmässig auszuführen
5 Wasserleitung

Nulleiter würde die Gefahr einer Spannungsverschleppung vermieden. Im österreichischen Vorschlag wird zwar darauf hingewiesen, dass durch den Potentialausgleich auch in den erwähnten Fällen keine Gefahr besteht, auch wenn die Nullungsbedingungen im Verteilnetz nicht eingehalten sind.

Es gibt eine Schutzmöglichkeit, mit der die Verteilnetze separat überwacht werden könnten. Mit der Fehlerstromschutzschaltung wurde schon in einigen Fällen der Systemnullpunkt beim Transformator oder Generator überwacht. In einem Fall handelte es sich sogar um einen Transformator für 1000 A, dessen Systemnullpunkt mit 30 mA überwacht wurde. Im erwähnten Fall handelte es sich um ein Laboratorium, in dem es keine Rolle spielt, wenn auch die Abschaltung der ganzen Anlage erfolgt. Bei der Überwachung eines Verteilnetzes könnten Abschaltungen, die von einem kleinen Fehler verursacht werden, sicher nicht akzeptiert werden. Die Auslöseempfindlichkeit müsste entsprechend der Sicherung in einer Grössenordnung von 50 A liegen. Zudem müsste die Abschaltung verzögert werden. Eine solche Schutzschaltung wurde von Herrn Oberson im SEV-Bulletin Nr. 24, 1964, vorgeschlagen (s. Fig. 3). In dieser Figur sehen wir in der Mitte das Verteilnetz mit den Sicherungen, dann den Hauptschalter 2, die Transformatorenwicklungen 1; die Rückführung zum Systemnullpunkt wird mit dem Stromwandler überwacht. In der rechten Figur wird die Rückführung des Schutzleiters zusätzlich überwacht. Die Schutzeinrichtung funktioniert so, dass wenn bei einem Erd- oder Nulleiterschluss die Sicherungen, die das Verteilnetz schützen, nicht innerhalb von 5 s abschmelzen, das mit 5 s verzögerte Relais 3 anspricht. Der Hauptschalter 2 schaltet dann die ganze Anlage ab.

Bei einem Fehler in der Verbraucheranlage würde bei einem Erdschluss durch die Nullungsschutzschaltung in 0,5 s abgeschaltet. In diesem Falle würde das Verzögerungsrelais 3 nicht ansprechen und der Hauptschalter 2 auch nicht ausschalten. Im Beispiel nach Herrn Oberson ist das Nulleiterüberwachungsrelais auf 60 A eingestellt und das Relais im Schutzleiter auf 6 A.

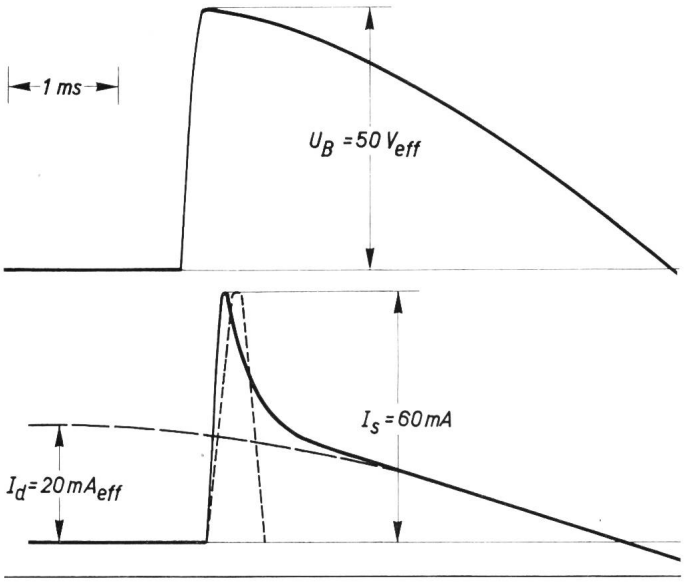

Fig. 2 Oszillogramm Kapazitiver Ausgleichsstrom

——— Kapazitiver Ausgleichsstrom
— — — Stationärer Strom 50 Hz
- - - - - - - Halbwellenimpuls 1000 Hz

2. Selektivität von Fehlerstromschutzschaltern

In Serie geschaltete FI-Schalter arbeiten nur selektiv, wenn der Fehlerstrom langsam ansteigt. In einem solchen Falle löst der hochempfindliche Schalter zuerst aus. Bei einem Erdschluss hingegen kann es je nach Phasenlage und Höhe des Erdschlußstromes vorkommen, dass der eine oder andere oder sogar beide in Serie geschalteten Fehlerstromschutzschalter miteinander auslösen.

Das gleiche gilt auch bei den dem FI-Schalter vorgeschalteten Sicherungen oder Leitungsschutzschaltern. Meistens löst bei einem Fehlerstrom der FI-Schalter vor dem Leitungsschutzorgan aus. In vielen Fällen erreicht der Erdschluss oder Kurzschlußstrom den Wert nicht, bei dem die Leitungsschutzorgane ansprechen würden. Beispiel: Bei einer 40 A trägen Sicherung löst bei einem Erdschluss von 200 A sicher nur der FI-Schalter aus. Beim gleichen Erdschlußstrom und bei einer 10 A flinken Sicherung wird die Sicherung schmelzen und gleichzeitig auch der Fehlerstromschutzschalter auslösen.

Bei einem Kurzschluss zwischen zwei Phasen entstehen meistens hohe Ströme. Wenn dabei ausnahmsweise kein Fehlerstrom gegen Erde abfliesst, kann trotzdem der Fehlerstromschutzschalter durch den vorgetäuschten Fehlerstrom auslösen. Vorgetäuschte Fehlerströme entstehen durch magnetische Streuflüsse, die sich in der Luft schliessen und nicht durch den Wandler fliessen. Die Schaltervorschriften verlangen für die Symmetrieprüfung beim Fehlerstromschutzschalter, dass dieser bis zum 6fachen Nennstrom keine Fehlauslösung verursacht. Aus den praktischen Erfahrungen wissen wir, dass die Selektivität bei der Fehlerstromschutzschaltung eine untergeordnete Rolle spielt. An sich löst der Fehlerstromschutzschalter selten aus, und zudem sind in der Praxis nur wenige FI-Schalter in Serie geschaltet. Würde die in Kapitel 1 besprochene Nullungsschutzschaltung eingeführt, dann könnte eine Serieschaltung von Fehlerstromschutzschaltern häufiger vorkommen. Für diesen Fall wäre zu überlegen, ob diese Schalter nicht verzögert auslösen sollten. Eine Verzögerungszeit von der Grössenordnung von 100 ms würde genügen. Von der technischen Seite aus wäre das Problem zu lösen, wir müssen jedoch bedenken, dass jedes im Schalter zusätzlich eingebaute Element die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls vergrössert. Deshalb sollten die Schalter nur verzögert werden, wenn dies unbedingt notwendig ist.

3. Schaltvermögen der Fehlerstromschutzschalter

Die in der Schweiz geprüften und nur dann zugelassenen Fehlerstromschutzschalter besitzen ein hohes Schaltvermögen. Die Sicherheitsvorschrift TP 205 velangt eine Prüfung des Schaltvermögens bis zum Schnittpunktstrom der vorgeschalteten Sicherung. Nach der CEE-Publikation 27 müssen die Fehlerstromschutzschalter nur bis zum 6fachen Nennstrom geprüft werden. Da die Schweiz in bezug auf die Fehlerstromschutzschalter dem CB-Verfahren angeschlossen ist, können in anderen Ländern nach der CEE-Publikation 27 geprüfte Schalter auch in der Schweiz verkauft werden. Die Schweiz verlangt auch in bezug auf das Schaltvermögen eine Zusatzprüfung.

Für die Zukunft müssen wir die IEC-Vorschriften im Auge behalten. In einigen Jahren werden auch diese interna-

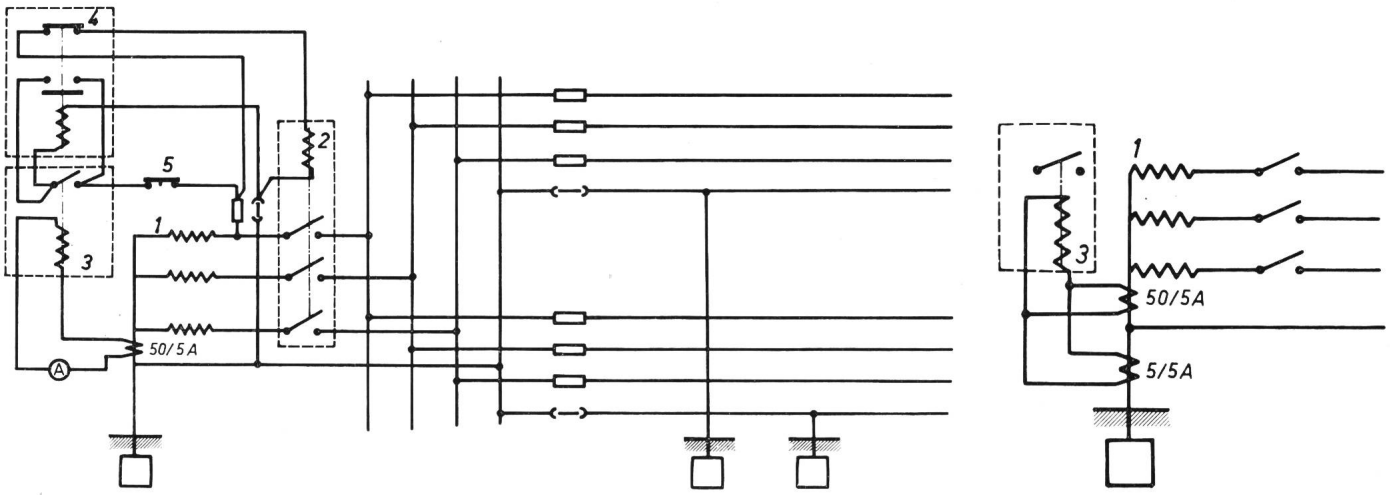

Fig. 3 Schutzschaltung nach M. Oberson

1 Sekundärwicklung des Transformators
2 Hauptschalter
3 Maximumstrom-Zeitrelais
4 Hilfsschalter
5 Druckknopf zur Auslösung

Schutzschaltung, ergänzt durch Erdschlußschutz

tionalen Vorschriften infolge der Harmonisierungsbestrebungen von der Schweiz übernommen. Im Moment wird auch im IEC-Vorschriftenentwurf eine Schnittpunktstromprüfung verlangt. Das Schaltvermögen kann aber vom Hersteller angegeben werden. Die Prüfung wird dann nur bis zu diesem Strom durchgeführt. Das Schaltvermögen muss in Ampere auf dem Schalter angegeben sein.

4. Einfluss von nicht sinusförmigen Strömen auf die Fehlerstromschutzschaltung

Grundsätzlich ist dazu zu sagen, dass an verschiedenen Fachtagungen im Ausland über dieses Problem gesprochen wurde. Leider waren die Vorträge in dieser Beziehung nicht immer objektiv, so dass verschiedene Zuhörer verunsichert wurden.

Kürzlich wurden in einer europäischen Arbeitsgruppe die Probleme der Gleichstrombeeinflussung besprochen. In dieser ersten Sitzung kam man zu folgenden Ergebnissen:

– Durch Labortests kann bewiesen werden, dass Fehlerstromschutzschalter durch Gleichströme, die als Fehlerströme fliessen, beeinflusst werden können.

– Es ist keinem der Mitglieder ein Unfall bekannt, der wegen der Gleichstrombeeinflussung entstanden ist. Alle Mitglieder der acht anwesenden Länder erhalten den Auftrag, in ihren Ländern abzuklären, welche Schwierigkeiten in der Praxis aufgetreten sind.

– Es soll festgestellt werden, welche Vorschriften für die verschiedenen Konstruktionen von elektrischen Einrichtungen bestehen, bei denen Fehlerströme mit Gleichstromanteil erzeugt werden können.

– Es soll untersucht werden, welche Gleichstromanteile, die als Fehler durch die Fehlerstromschutzschalter fliessen, diese beeinflussen können und wie stark.

– Beim Suchen einer Lösung muss daran gedacht werden, dass eine sehr grosse Anzahl von sogar hochempfindlichen Fehlerstromschutzschaltern bereits in den CENELEC-Mitgliedstaaten installiert sind.

– Es soll etwas unternommen werden, um sicherzustellen, dass bis zu einem bestimmten Gleichstromanteil als Fehlerstrom die FI-Schaltung nicht unempfindlich gemacht wird.

– Es soll versucht werden, dass Schritte unternommen werden, die Gleichstromanteile, die von Gleichstromkomponenten verursacht werden, die als Fehlerstrom abfliessen könnten, zu begrenzen.

Damit das Problem der Gleichstrombeeinflussung beurteilt werden kann und damit Vorschriften in dieser Beziehung aufgestellt werden können, ist die Auswirkung der Gleichstrombeeinflussung auf Fehlerstromschutzschalter näher zu betrachten. Grundsätzlich gibt es zwei Hauptprobleme: der Einfluss des reinen Gleichstromes und der Einfluss von Gleichstromimpulsen.

Zuerst zum Einfluss des reinen Gleichstromes. Fliesst ein Wechselstrom in der Höhe des Auslösestromes durch den Wandler, entsteht in der Sekundärspule eine Spannung, welche die Auslösung verursacht. Fliesst zusätzlich zum Auslösewechselstrom ein reiner Gleichstromanteil, wird das Wandlermaterial je nach der Höhe des Gleichstromanteils gesättigt. Auf der Sekundärseite wird die induzierte Spannung kleiner. Die Empfindlichkeit des Fehlerstromschutzschalters wird verändert, bis er schliesslich nicht mehr auslöst. Alle Fehlerstromschutzschalter, die auf diesem Wandlerprinzip arbeiten, ob diese mit einem elektromechanischen oder elektronischen Auslösesystem ausgerüstet sind, werden durch reine Gleichströme beeinflusst.

Einfluss von Gleichstromimpulsen: Bei pulsierenden Gleichströmen, die als pulsierende Fehlerströme durch den Wandler fliessen, wird auf der Hystereseschleife nur noch bis zum Remanenzpunkt Br_1 gearbeitet (s. Fig. 4). Wir erhalten nur eine Induktionsänderung $\triangle B_1$. In unserem Beispiel genügt dieser Induktionshub nicht mehr zur Auslösung des Fehlerstromschutzschalters. Bei neuerem Wandlermaterial, in der Figur gestrichelte Hystereseschleife, erzeugt der gleiche pulsierende Fehlerstrom eine Induktionsänderung $\triangle B_2$. In unserem Beispiel ist dieser Induktionshub mehr als doppelt so hoch, der Fehlerstromschutzschalter löst aus. Elektronische FI-Schalter sind nicht auf so hochempfindliches Wandlermaterial angewiesen und arbeiten ähnlich wie

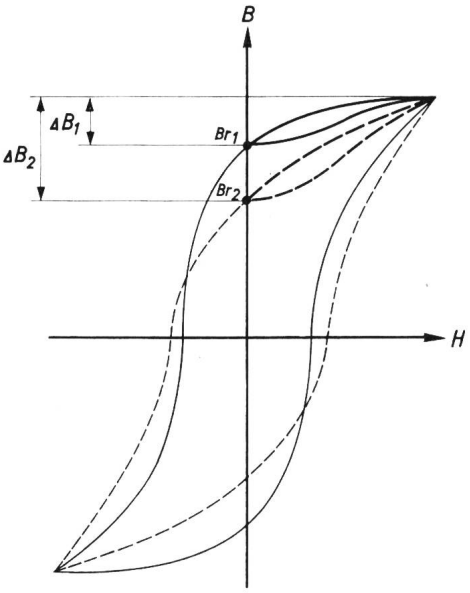

Fig. 4 Hystereseschleife FI-Wandler

die elektromagnetischen Auslöser mit neuem Wandlermaterial.

Die meisten elektromagnetischen Auslöser sprechen entweder auf die positive oder auf die negative Halbwelle an. Damit sie auf beide Halbwellen ansprechen, ist eine Kunstschaltung notwendig.

Die Untersuchung einer ganzen Anzahl von verschiedenen elektrischen Einrichtungen und Haushaltapparaten, die mit elektronischen Komponenten ausgerüstet sind, haben gezeigt, dass Fehlerströme von verschiedenen Formen möglich sind. Es gibt sinusförmige Wechselströme, phasenangeschnittene Ströme, symmetrische und unsymmetrische Ströme von Schwingungspaketsteuerungen, einpulsige Ströme mit und ohne Phasenanschnitt. Fig. 5 zeigt den pulsierenden Gleichstrom, der bei dieser Diodenschaltung als Fehlerstrom fliesst. Fig. 6 zeigt, dass auch bei einer Zweiweggleichrichtung als Fehlerstrom nur einpulsige Gleichströme zum Fliessen kommen. Es wurden über 20 weitere Schaltungen untersucht, und es wurde festgestellt, dass ein grosser Teil davon die heutigen FI-Schalter nicht beeinflusst. Dies ist vermutlich auch der Grund, dass bis heute keine Fälle bekannt sind, wo Fehlerstromschutzschalter nicht richtig funktionierten. Mit dem neuen Wandlermaterial und der erwähnten Kunstschaltung wird die Auslösung der Fehlerstromschutzschalter nur noch von den Schaltungen beeinflusst, die reinen Gleichstrom erzeugen.

Werden in Fachgruppen alle diese verschiedenen Schaltungen studiert, sollte man heute in der Lage sein, einen Weg zu finden, in Zukunft diese Probleme aus dem Weg zu schaffen. Es braucht dazu Vorschriften, und man kann sich fragen, weshalb man erst heute darangeht, solche Vorschriften aufzustellen. Es ist aber auch hier wie überall auf der Welt: Erst wenn die Freiheit missbraucht wird, müssen Vorschriften aufgestellt werden. Es ist ein ganz ähnliches Problem wie beim Umweltschutz, der Wasser- oder Luftverschmutzung. Die Elektrizitätswerke geben sich Mühe, einen sinusförmigen Strom von 50 Hz abzugeben. Durch moderne Schaltungen mit elektronischen Komponenten werden die Kurvenformen verändert. Es werden nicht nur Gleichströme, sondern auch niederfrequente Schwingungen erzeugt, die übrigens nicht nur die Fehlerstromschutzschaltung, sondern eine ganze Anzahl von anderen Geräten und Einrichtungen stören. Deshalb muss auf diesem Gebiet Ordnung geschaffen werden, was nicht ohne weitere Vorschriften erreicht wird. Im übrigen ist uns allen bekannt, dass es keine Schutzmassnahme gibt, die hundertprozentig funktioniert. Hingegen kann heute mit den richtig kombinierten Schutzmassnahmen die Wahrscheinlichkeit der Unfallgefahr wesentlich verringert werden.

5. Zu den Vorschriften für Fehlerstromschutzschalter auf Baustellen und Campingplätzen

Am 1. Juli 1976 wurden Paragraphen, die die Anwendung der Fehlerstromschutzschaltung auf Baustellen und auf Campingplätzen regeln, in Kraft gesetzt. Im HV-Paragraph 41 255 wird die Fehlerstromschutzschaltung als zusätzliche Schutzmassnahme auf Baustellen und Campingplätzen für Steckdosen bis 40 A für den Anschluss beweglicher oder transportabler Energieverbraucher vorgeschrieben. Die Baustellen sind definiert als Arbeitsstätten mit nicht isoliertem Standort zum Erstellen, Umbauen, Ausbessern und Erweitern von Bauten aller Art, und zwar dann, wenn für die Ausführung eine temporäre elektrische Anlage errichtet werden muss.

Für solche Anlagen sind hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter einzusetzen. Der Nennauslösestrom dieser Schalter darf nicht mehr als 30 mA sein. Es gibt einige Ausnahmen. Die folgenden Steckdosen müssen nicht FI-geschützt sein: solche, die zur Speisung weiterer Stromverteiler dienen, oder Steckdosen, die Signaleinrichtungen speisen, oder solche Steckdosen, in die Energieverbraucher eingesteckt werden, die eine für die Sicherheit wichtige Funktion erfüllen müssen. In den Beispielen und Erläuterungen werden Anwendungsbeispiele gezeigt und Vor- und Nachteile beschrieben. Wir haben auf Campingplätzen Erfahrungen mit der Verwendung von Fehlerstromschutzschaltern gesammelt. Es lohnt sich, zwei häufig vorkommende Störquellen zu betrachten. Wenn Steckdosen und Kupplungen unge-

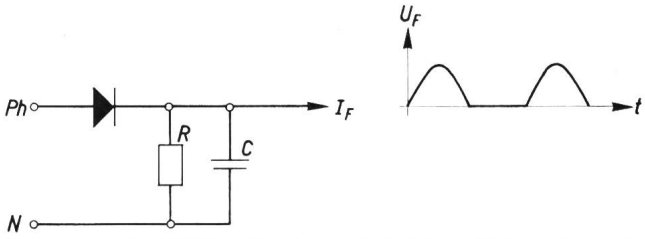

Fig. 5 Fehlerstrom I_F bei Einweggleichrichtung mit ohmscher oder induktiver Last

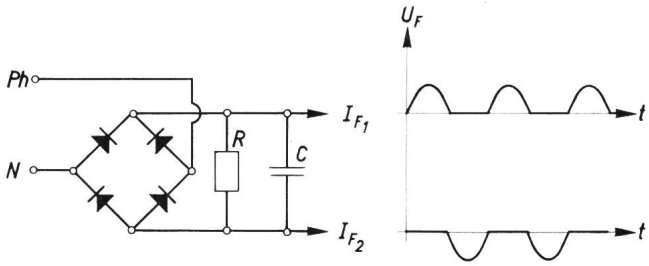

Fig. 6 Fehlerstrom I_F bei Zweiweggleichrichtung mit ohmscher oder induktiver Last

schützt im Freien liegen, muss es bei Regenwetter zu Auslösungen kommen. Deshalb muss dem Wasserschutz mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bei Campingplatzverteilern und Baustellenverteilern sind nicht immer die teuersten die besten. Vielfach wird ein grosser Aufwand mit Gummiabdichtungen getrieben. Solche Verteiler können aber nicht ganz dicht gemacht werden. Es gibt immer wieder Öffnungen, bei denen das Wasser eintreten kann, zum Beispiel Steckdosen oder Kabeldurchführungen. Es ist bekannt, dass in solchen Verteilern, die dauernd im Freien stehen, durch Wassereintritt und Sonnenbestrahlung ein Klima herrscht, das viel schlimmer ist als dasjenige in den Tropen. Besser als teure Gummidichtungen sind Wasserschutz, Wasserablauf und vor allem gute Lüftung. Vorteilhaft ist es auch, wenn die Sonne nicht direkt auf den Kasten scheint. Eine helle Farbe hilft, dass die Temperatur nicht zu stark ansteigt.

Adresse des Autors
H. Egger, CMC Carl Maier + Cie AG, 8201 Schaffhausen.

Fusibles et disjoncteurs dans les réseaux de distribution en basse tension

Par P. D. Panchaud

Die wirtschaftlichen Auswirkungen einer mehr oder weniger perfektionistischen Netzschutzkonzeption sollten nicht vernachlässigt werden. Für den Schutz von Mittel-/Niederspannungs-Transformatoren sind einerseits die geringe Störungsanfälligkeit und andererseits die nicht unbeträchtlichen kurzzeitigen Reservekapazitäten über der Nennleistung mitzuberücksichtigen.

In welchem Ausmass kann der Schutz von Niederspannungsnetzen (zumindest in ländlichen Netzen mit Sicherungen günstiger als mit Schaltern zu bewerkstelligen) in Frage gestellt werden infolge des absehbaren Verschwindens von flinken Sicherungen?

Les implications économiques d'une conception plus ou moins sophistiquée de la protection des réseaux ne doivent pas être perdues de vue. Pour la protection des transformateurs MT/BT, il convient de considérer d'une part la faible probabilité d'incident et d'autre part les capacités non négligeables de fonctionnement temporaire au-delà de la puissance nominale.

Dans quelle mesure la protection du réseau BT proprement dit, actuellement moins coûteuse à l'aide de fusibles qu'à l'aide de disjoncteurs, du moins dans un réseau rural, peut-elle être remise en question par une disparition prochaine des fusibles à caractéristiques de fusion rapides?

1. Introduction

Les réseaux à basse tension ne sont pas, à priori, un objet propre à passionner les foules. Guère de réalisations spectaculaires, peu ou pas d'applications de techniques de pointe. Ces installations mériteraient cependant périodiquement des réflexions plus approfondies de la part des exploitants de réseaux. J'en veux pour justification, la part importante que les réseaux à basse tension représentent dans les investissements de nos entreprises de distribution d'énergie électrique. Les réseaux à basse tension représentent souvent plus de 50 % du coût de l'échelon de distribution proprement dit, constitué, rappelons-le, par le réseau à moyenne tension, les stations transformatrices MT/BT et les réseaux locaux à basse tension. Une telle répartition est actuellement constatée pour les réseaux ruraux de la CVE et j'imagine qu'il n'en est guère autrement dans les autres sociétés électriques de notre pays.

Si l'on fait intervenir, par ailleurs, le rôle des différents échelons de tension dans l'importance des interruptions de fourniture à la clientèle, nos statistiques montrent que la part incombant aux défauts et interventions dans le réseau à basse tension n'est que de 8 %, alors que près de 90 % sont à imputer à la moyenne tension.

Le dosage des dépenses pour la basse tension mérite donc une attention toute particulière, tant à cause de la grande place qu'elles occupent dans le bilan des charges d'une société électrique, que par le faible impact relatif qu'elles peuvent avoir sur la qualité du service, considérée de façon globale.

Sous cet angle, les mesures de protection et de sécurité appliquées dans les réseaux à basse tension, peuvent avoir des implications économiques non négligeables, selon les solutions et critères retenus. Il y a là matière à réflexion pour les institutions et commissions responsables des prescriptions et normes sur les installations électriques.

2. Buts de la protection

Les buts essentiels d'un système de protection sont triples:

- éviter tout danger pour les personnes (exploitants et usagers),
- limiter les dégâts matériels,
- limiter la durée et l'étendue des interruptions de fourniture.

Les articles 30 et 31 de l'Ordonnance fédérale de 1933 sur les installations à courant fort, prescrivent l'obligation de dimensionner toutes les parties d'installation de façon qu'elles résistent aux effets du courant de court-circuit jusqu'à son déclenchement, sans qu'il n'en résulte ni danger pour les personnes, ni risques d'incendie, ni détérioration des installations elles-mêmes. Il est précisé de plus, qu'en règle générale, les différentes parties des installations doivent être protégées contre les surintensités au moyen de coupe-circuit à fusibles ou de disjoncteurs automatiques.

En ce qui concerne la sécurité des personnes plus particulièrement, le projet du nouveau chapitre de l'Ordonnance fédérale relatif aux mises à terre, stipule que pour les installations à courant alternatif à basse tension, des dispositions doivent être prises pour que, lors d'un défaut à la terre, la tension de prise de terre n'excède jamais durablement 50 V ou qu'elle soit supprimée par déclenchement dans les 5 s en cas de dépassement.

L'obligation d'éviter tout danger pour les personnes et de limiter au maximum les dégâts matériels causés à des tiers n'est pas à discuter. En ce qui concerne la limitation de la