**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 25 (1934)

**Heft:** 26

**Artikel:** Schutzmassnahmen zur Vermeidung elektrischer Unfälle in den Hausinstallationen [Fortsetzung und Schluss]

**Autor:** Wettstein, M.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1060191

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 17.02.2026

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

so beträgt die Rechnung ebenfalls Fr. 40.—; dafür bezieht der Abonnent infolge des günstigeren Angebotes möglicherweise aber weitere Energie.

Durch ähnliche Massnahmen kann für das betrachtete Werk zweifellos der Motorenenergieverbrauch und besonders die Wärmeenergieabgabe im HT noch gefördert werden. Dabei dürfte speziell eine Beschränkung des Wintertarifes auf die Monate November bis Februar von grossem Einfluss sein, um den Verbrauch für Zwischensaisonheizung und die noch entwicklungsfähige Kochenergieabgabe zu heben.

# Schutzmassnahmen zur Vermeidung elektrischer Unfälle in den Hausinstallationen.

Von *M. Wettstein*, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 715 und Schluss.) 621.316.99

## E. Die Anwendung der Schutzschaltung *).

### 1. Allgemeines.

Die Schutzschaltung beruht darauf, dass man denjenigen Objekten und denjenigen Installationsteilen, deren Metallteile bzw. deren Metallumhüllungen bei einem Isolationsfehler mit einem Polleiter in Berührung kommen und dadurch eine Spannung gegen Erde annehmen können, einen Schalter vorschaltet, der mit einer Auslösespule versehen ist, welche die zwischen den zu schützenden Metallteilen und der Erde herrschende Spannung kontrolliert und die Anlage abschaltet, sobald eine gefährliche Spannung auftritt.

Die einfachste Anordnung ergibt sich, wenn nur ein einzelnes Objekt geschützt werden muss. In diesem Fall kann der Schutzschalter dem Objekt direkt vorgeschaltet werden. Die schematische Anordnung einer solchen Schutzschaltung ist in Fig. 73 dargestellt und es kann an Hand dieses Schemas die Wirkungsweise leicht erklärt werden. Tritt an dem zu schützenden Objekt ein Isolationsfehler im angedeuteten Sinne auf, so fliesst von der Transformatorklemme *a* ein Strom über den einen Polleiter zur Fehlerstelle und von da über die sogenannte Schutzleitung A—B zur Auslösespule und weiter über die Erdleitung und die Erdelektrode $R_1$ zur Erde und von der Erde über die Erdelektrode des Transformatornullpunktes $R_0$ zum Transformator zurück. Ist der Fehlerstrom gross genug, so löst der Schalter aus und trennt das Objekt vom Netz ab.

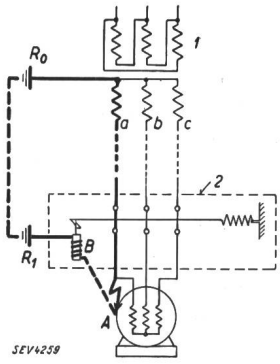


Fig. 73.
1 Netztransformator.
2 Schutzschalter.

Müssen auch die Metallumhüllungen der Isolierrohre geschützt werden, oder will man mit einem Schutzschalter mehrere Objekte gemeinsam schützen, so wird der Schutzschalter der ganzen Installation vorgeschaltet und es müssen alle Objekte und die Metallumhüllungen der Isolierrohre durch eine Schutzleitung mit der Auslösespule des Schutzschalters verbunden werden. Eine solche Anordnung ist in Fig. 74 schematisch dargestellt.

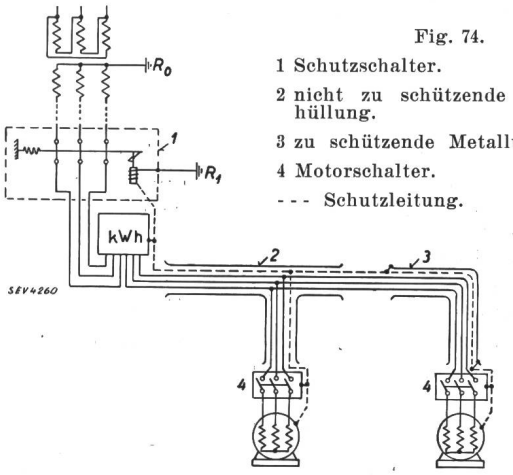


Fig. 74.
1 Schutzschalter.
2 nicht zu schützende Metallumhüllung.
3 zu schützende Metallumhüllung.
4 Motorschalter.
- - - Schutzleitung.

### 2. Untersuchung über die Anforderungen, die an die Schutzschaltung gestellt werden müssen.

#### *a) Auslösespule des Schutzschalters.*

In erster Linie ist zu prüfen, welche Anforderungen an die Auslösespule gestellt werden müssen, damit der Schutzschalter einwandfrei funktioniert. Wie einleitend bemerkt, fällt der Auslösespule die Aufgabe zu, die Spannung zwischen den in Betracht kommenden, nicht für die Stromleitung dienenden Metallteilen und der Erde zu überwachen. Da aber die Erdungsstelle des Schutzschalters einen Widerstand aufweist, so ist ein vollständiges Erfassen der genannten Spannung durch die Auslösespule theoretisch unmöglich. Die wirklich zwischen den Metallteilen und der Erde herrschende Spannung wird stets grösser sein als die an der Auslösespule liegende Spannung. Trotzdem kann die Spule so gebaut werden, dass sie befriedigend arbeitet. Man muss nur die Auslösespannung der Spule unter der maximal zulässigen Spannung wählen, die bei einem Isolationsfehler zwischen Objektgehäuse und Erde auftreten darf. Die Differenz dieser Spannungen

*) Vgl. Bull. SEV 1931, Nr. 2.

ist durch das Verhältnis des Spulenwiderstandes zum Erdwiderstand bedingt. In nachstehendem soll nun gezeigt werden, für welche Daten die Spulen gebaut werden müssen, um befriedigende Resultate zu erzielen. Für die diesbezüglichen Berechnungen diene das Widerstandsschema Fig. 75.

Die mit 1 bis 4 bezeichneten Leiterelemente bedeuten:

1 den Ohmschen,
2 den induktiven Widerstand der Auslösespule,
3 den Erdwiderstand der Schutzerdung des Objekts,
4 den Erdwidersatnd der Transformatornullpunktserdung.

Die Widerstände der Leitungen können bei diesen Untersuchungen vernachlässigt werden, weil sie

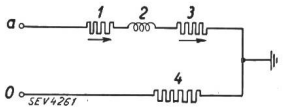


Fig. 75.

im Verhältnis zu den Erdwiderständen verschwindend klein sind.

Zwischen den Punkten a und o herrscht die Phasenspannung $U$ des Netzes. Es muss somit von a nach o ein Strom fliessen von der Grösse

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_1 + R_3 + R_4)^2 + (L_2\,\omega)^2}}$$

Die an der Schutzschalter-Spule auftretende Spannung $U_{1,\,2}$ beträgt

$$U_{1,\,2} = I \cdot \sqrt{R_1^2 + (L_2\,\omega)^2}$$

und zwischen Fehlerstelle und Erde tritt eine Spannung

$$U_{1,2,3} = I \cdot \sqrt{(R_1 + R_3)^2 + (L_2\,\omega)^2} \quad \text{auf.}$$

Diese letzten beiden Formeln zeigen, dass der Unterschied der zwischen der Fehlerstelle und Erde bestehenden Spannung (Berührungsspannung) und der an der Spule auftretenden Spannung um so grösser wird, je grösser der Erdwiderstand $R_3$ im Verhältnis zum Scheinwiderstand der Auslösespule ist. Da der Schutzschalter offenbar ganz besonders da angewendet wird, wo die Erstellung von Erdungen mit kleinern Widerständen auf Schwierigkeiten stösst, so muss bei der Beurteilung der Wirkungsweise des Schutzschalters mit einem hohen Erdwiderstand $R_3$ gerechnet werden. Immerhin kann angenommen werden, dass dieser Erdwiderstand auch im ungünstigen Erdreich mit 200 Ohm begrenzt werden kann.

Der Widerstand der Nullpunktserdung $R_4$ ist durch die Starkstromverordnung auf maximal 20 Ohm festgelegt und es soll in nachstehendem auch mit diesem Wert gerechnet werden. Dieser Widerstand hat im übrigen für die Untersuchung keine wesentliche Bedeutung, weil es bei der Beurteilung des Schutzschalters in der Hauptsache nur auf das Verhältnis der tatsächlichen Spannung zwischen Fehlerstelle und Erde und der von der Auslösespule gemessenen Spannung ankommt. Die Festsetzung des Wertes von $R_4$ erfolgt lediglich, um die Spannungsverteilung für den ganzen Stromkreis berechnen zu können. Als maximal zulässige Spannung zwischen Objektgehäuse und Erde kommen im Sinne der Starkstromverordnung 50 V in Betracht. Da es aber möglich ist, die Ansprechspannung des Schalters wesentlich tiefer zu halten und die Untersuchungen der EKZ gezeigt haben, dass unter ungünstigen Umständen eine Spannung von 30 V schon gefährlich sein kann, so sollte die Ansprechspannung der Spule eher unter 30 V gewählt werden. Für die Untersuchung sei aber eine Ansprechspannung von 30 V angenommen. Die Auslösespule kann nun entweder mit verhältnismässig kleiner Windungszahl, also auch kleinen Widerständen und relativ grossem Auslösestrom oder mit hoher Windungszahl, hohen Widerständen und kleinem Auslösestrom gebaut sein. Der Einfluss des Spulenwiderstandes auf die Wirksamkeit des Schalters soll an folgenden zwei Beispielen gezeigt werden.

Die eine Spule besitzt einen Ohmschen Widerstand ($R_1$) von 30 Ohm und einen induktiven Widerstand ($L_2\,\omega$) von 60 Ohm. Bei einer Ansprechspannung von 30 Volt beträgt der Auslösestrom

$$I = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 60^2}} = 0{,}448 \text{ A.}$$

Die Spannung zwischen der Fehlerstelle und der Erde $U_{1,\,2,\,3}$ beträgt somit

$$U_{1,\,2,\,3} = 0{,}448\,\sqrt{(30 + 200)^2 + 60^2} = \underline{107\ Volt.}$$

Damit der Fehlerstrom zustande kommt, müsste die Phasenspannung des Netzes ($U$) mindestens

$$U = 0{,}448\,\sqrt{(30 + 200 + 20)^2 + 60^2} = 115\ Volt$$

betragen. Daraus geht hervor, dass in Netzen, die mit niedriger Spannung betrieben werden, oder in Netzen mit höherer Betriebsspannung in solchen Fällen, wo die Fehlerstelle selbst einen zusätzlichen Widerstand aufweist (Gestellschluss eines Motors im Innern der Wicklung, Gestellschluss in einer Kochplatte usw.) der Schutzschalter nicht ansprechen würde. Ein derart gebauter Schalter könnte somit seine Aufgabe nicht erfüllen.

Würde dagegen die Auslösespule z. B. mit 300 Ohm Ohmschem und 600 Ohm induktivem Widerstand gebaut, so würde der Auslösestrom

$$I = \frac{30}{\sqrt{300^2 + 600^2}} = 0{,}0448 \text{ A.}$$

betragen. Hiefür ergäbe sich zwischen Fehlerstelle und Erde eine Spannung von

$$U_{1,\,2,\,3} = 0{,}0448\,\sqrt{(300 + 200)^2 + 600^2} = 35{,}5\ Volt.$$

Diese Spannung wäre also nur unwesentlich grösser als die Spulenspannung. Ein solcher Schalter würde in jedem Falle ansprechen, wenn eine gefährliche Spannung zwischen Fehlerstelle und Erde

auftreten würde. Ausserdem könnte ein solcher Schalter für alle gebräuchlichen Betriebsspannungen verwendet werden.

Eine gute Anschauung über den Einfluss der Spulenwiderstände auf die Wirksamkeit der Spule geben die beiden für diese Beispiele gerechneten Spannungsdiagramme in Figuren 76a und 76b.

Vorstehende Rechnungsbeispiele sowie die Diagramme bestätigen also, dass die Widerstände der Auslösespule im Verhältnis zum Erdwiderstand der Schutzschaltererdung hoch sein müssen. Besonders günstig wirken sich hohe induktive Widerstände

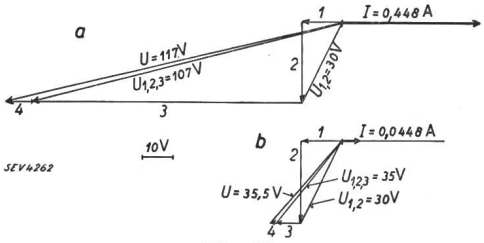


Fig. 76.

der Spule aus. Unter der Annahme, dass der Erdwiderstand der Schutzschaltererdung 200 Ohm nicht übersteigt, sollte der Scheinwiderstand der Auslösespule ungefähr 600 bis 700 Ohm betragen, und zwar ganz ohne Rücksicht auf die Betriebsspannung des Netzes. Diese Forderung bedingt aber in allen denjenigen Fällen, wo die Fehlerstellen keine zusätzlichen Widerstände aufweisen, eine allerdings nur kurzseitige, aber sehr grosse Ueberlastung der Auslösespule. In einem 500 V-Drehstromnetz würde der Strom bei einer dem zweiten Beispiel entsprechenden Auslösespule

$$I = 0{,}0448 \cdot \frac{290}{35{,}5} = 0{,}365\ A$$

betragen. Die Ueberlastung wäre also eine 8,2-fache. Wäre aber in einem solchen Netz infolge eines Fehlers ein Pol über einen niedrigen Widerstand (Wasserleitung) an Erde gelegt, so könnte die für den Auslösestromkreis in Frage kommende Spannung angenähert den Wert der verketteten Spannung annehmen. In einem solchen Falle würde die Ueberlastung der Spule ungefähr eine 14fache. Ausserdem muss die Auslösespule den minimalen Auslösestrom dauernd ertragen können, weil unter Umständen die Spannung zwischen Fehlerstelle und Erde kleiner als die minimal nötige Auslösespannung ist. Es kann dies dann der Fall sein, wenn das betreffende Objekt eine natürliche Erdung mit verhältnismässig niedrigem Erdwiderstand besitzt. Dieser Erdwiderstand ist der Auslösespule parallel geschaltet und bestimmt die zwischen Fehlerstelle und Erde auftretende Spannung.

Beträgt beispielsweise der natürliche Erdwiderstand einer an ein 500 V-Drehstromnetz angeschlossenen kleinen Pumpanlage 2 Ohm und der Erdwiderstand der Nullpunktserdung des Netzes 20 Ohm, so entsteht bei einem Isolationsfehler im Pumpenmotor zwischen Motorengehäuse und Erde eine Spannung von ungefähr

$$290 \frac{2}{22} = 26{,}3\ Volt.$$

Bei dieser Spannung löst der Schalter noch nicht aus; der Zustand kann also längere Zeit bestehen bleiben.

Diese Beispiele haben gezeigt, dass an die Auslösespule eines Schutzschalters sehr hohe Anforderungen gestellt werden müssen, und es ist deshalb auch zu erwarten, dass infolge der hohen Beanspruchung der Spulen gelegentlich Beschädigungen vorkommen können. Ausserdem zeigt die Erfahrung immer wieder, dass automatische Einrichtungen, die nur sehr selten funktionieren müssen, eher versagen also solche, die sehr oft ansprechen. Es rührt dies offenbar davon her, weil bei oft betätigten Einrichtungen allfällige Fehler infolge ungenauer Ausführung der wichtigen Teile, unsorgfältiger Montage oder vorkommender Veränderungen des mechanischen Teiles infolge Temperaturänderungen verhältnismässig bald beachtet und beseitigt werden können. Auch ist bei solchen Apparaten ein Versagen wegen einer mit der Zeit eintretenden Verschmutzung der mechanischen Teile weniger zu befürchten als bei nur ganz selten funktionierenden automatischen Einrichtungen. Da die Schutzschalter zu den letzteren gehören, so ist ein gelegentliches Versagen sicher zu erwarten. Um diesen Uebelstand zu mildern, müssen die Schutzschalter mit Prüfeinrichtungen ausgerüstet sein. Damit mit dieser Einrichtung auch allfällige Windungsschlüsse in der Auslösespule erkannt werden können, muss die Prüfeinrichtung so beschaffen sein, dass der Schalter beim Prüfen mit der minimalen Auslösestromstärke betätigt wird. Ist ein Fehler in der Auslösespule vorhanden, so wird die Auslösung nicht erfolgen. Würde die Auslösestromstärke dagegen höher gewählt, so könnte auch bei einem Windungsschluss in der Spule noch eine Auslösung erfolgen, der Fehler würde also nicht beachtet.

### *b) Installation der Schutzeinrichtung.*

Bei der Installation der Schutzeinrichtung muss darauf Bedacht genommen werden, dass die Erdleitung gegen die zu schützenden Anlageteile und gegen die Schutzleitung genügend isoliert ist, weil sonst die Auslösespule des Schutzschalters überbrückt und der Schutzschalter dadurch unwirksam wird. Auf diesen Umstand ist besonders zu achten, wenn das betreffende Objekt eine natürliche Erdung besitzt. Würde z. B. bei einer Pumpanlage die Auslösespule an die Wasserleitung geerdet, so würde die Auslösespule kurzgeschlossen und der Schalter unwirksam. In solchen Fällen muss die Erdung des Schutzschalters an eine besondere, ausserhalb des Bereiches der Wasserleitung liegenden Erdelektrode angeschlossen werden, damit die Auslösespule im gegebenen Falle die maximal mögliche Spannungsdifferenz zwischen Objekt und Erde erfassen kann.

Da auch im Schutzschalter selbst Isolationsfehler entstehen können und er sich selbst nicht abschalten kann, so muss das Gehäuse des Schalters aus Isoliermaterial bestehen.

### 3. Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann über die Anwendung der Schutzschaltung folgendes gesagt werden:

Der Schutzschalter muss eine Auslösespule besitzen, die bei einer unter 30 Volt liegenden Spannung anspricht, die den minimalen Auslösestrom dauernd erträgt und die bei einer kurzseitigen Beanspruchung mit der verketteten Betriebsspannung des Netzes nicht beschädigt wird. Der Widerstand der Auslösespule muss möglichst hoch sein. Das Schaltergehäuse muss aus Isoliermaterial bestehen. Der Schalter muss mit einer Prüfeinrichtung ausgerüstet sein, die so abgestimmt ist, dass die Auslösespule mit dem minimalen Auslösestrom beansprucht wird.

Die Erdleitung des Schutzschalters muss gegen die in das Schutzsystem einbezogenen Anlageteile und gegen die Schutzleitung genügend isoliert sein. Besitzt ein Objekt eine natürliche Erdung, so muss die Erdung des Schutzschalters ausserhalb des Wirkungsbereiches der zuerst genannten Erdung verlegt werden.

In einem Netz, in welchem nicht nur die Schutzschaltung, sondern auch das Erdungssystem angewendet wird, darf der Nulleiter des Netzes nicht für die Erdung der Schutzschalter benützt werden, weil bei einem Erdschluss an einem geerdeten Objekt der Nulleiter wegen der Abstimmung der Erdwiderstände eine verhältnismässig hohe Spannung gegen Erde annimmt und diese Spannung über die Spule des Schutzschalters auf die betreffenden Objektgehäuse übertragen würde.

## F. Allgemeine Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.

In vorstehendem wurden die drei Schutzsysteme «Erdung», «Nullung» und «Schutzschaltung» beschrieben und es wurde für jedes System gezeigt, welche Massnahmen getroffen werden müssen, um eine möglichst hohe Sicherheit gegen die Gefahren des elektrischen Stromes beim Auftreten von Fehlern in den elektrischen Anlagen zu erreichen. Es kann dazu gesagt werden, dass, sofern die Ausführung in technisch einwandfreier Weise erfolgt, keines der drei Systeme in bezug auf die Schutzwirkung einen derart grossen Vorteil bieten würde, dass es den andern vorgezogen werden müsste. Die Anwendung des Erdungssystems muss allerdings auf diejenigen Orte beschränkt werden, wo ausgedehnte Wasserleitungsnetze für das Erden der Objekte vorhanden sind und die Netzbetriebsspannung genügend hoch ist. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung wird deshalb für die Wahl eines Schutzsystems mehr die wirtschaftliche Seite in den Vordergrund gerückt. Zu einer diesbezüglichen Beurteilung müssen die einzelnen, für jedes System in der Hausinstallation und im Niederspannungsnetz zu treffenden Massnahmen in Erinnerung gerufen werden.

Beim *Erdungssystem* muss darauf Bedacht genommen werden, dass beim Auftreten eines einpoligen Erdschlusses die Spannungsdifferenz zwischen der Fehlerstelle und der Erde unter der maximal zulässigen Spannung von 50 V liegt. Dies bedingt, dass zwischen den Erdwiderständen der Objekt- und der Nullpunktserdung des Ortstransformators ein bestimmtes Verhältnis besteht und dass beim einpoligen Erdschluss an der Transformator-Nullpunktserdung eine je nach der Höhe der Betriebsspannung mehr oder weniger hohe Spannung gegen Erde auftritt. Dieser Umstand erfordert wiederum die Anwendung besonderer Massnahmen bei der Transformatornullpunktserdung, durch welche eine Berührung des Transformatornullpunktes und der zugehörigen Erdleitung verunmöglicht wird und die Schrittspannungen in der Nähe der Nullpunktserdung möglichst klein werden. Beim doppelpoligen Erdschluss ist eine Vermeidung gefährlicher Zustände unmöglich, es muss deshalb dafür gesorgt werden, dass diese Zustände nur wenige Sekunden bestehen bleiben können. Diese Forderung bedingt sehr kleine Erdwiderstände der Objekterdung. Das Erdungssystem ist deshalb nur da anwendbar, wo für die Erdung der Objekte Wasserleitungsnetze mit genügend niedrigem Erdwiderstand vorhanden sind. Ausserdem eignet es sich besser bei höheren als bei niedrigen Betriebsspannungen. Beim Anschluss von Objekten mit verhältnismässig grosser Leistungsaufnahme sind die Fehlerstromverhältnisse auch bei hoher Betriebsspannung nachzuprüfen.

Für die Beurteilung der wirtschaftlichen Verhältnisse ist noch zu sagen, dass in den Hausinstallationen lediglich Erdleitungen erstellt werden müssen, die an bestehende Wasserleitungen anzuschliessen sind. Das Verlegen besonderer Erdelektroden kommt nicht in Frage. Die Massnahmen, die im Niederspannungsnetz vorgenommen werden müssen, beschränken sich auf eine geeignete Verlegung der Transformatornullpunktserdung, die aber keine besonderen Kosten verursacht, denn diese Erdung muss ja ohnedies erstellt werden.

Sofern die Wasserleitungen verhältnismässig nahe bei den zu erdenden Objekten liegen, so dass die Erdleitungen nicht sehr lange werden, wird das Erdungssystem sowohl für die Besitzer der Hausinstallationen als auch für den Energielieferanten ein verhältnismässig billiges Schutzsystem sein. Ausserdem wäre es seiner Einfachheit wegen andern Systemen vorzuziehen. Leider ist es aber nur in beschränktem Umfange anwendbar.

Beim *Nullungssystem* muss im allgemeinen darauf Bedacht genommen werden, dass der Fehlerstrom auch beim einpoligen Erdschluss unterbrochen wird. Bei verhältnismässig niedriger Betriebsspannung ist es allerdings möglich, durch Anwen-

dung geeigneter Massnahmen die beim Auftreten von Isolationsfehlern zwischen Nulleiter und Erde auftretende Spannung unter 50 V herabzusetzen, so dass im Sinne der Vorschriften keine Gefahr bestehen würde. Es wurde aber darauf hingewiesen, dass einerseits diese Spannungsgrenze verhältnismässig hoch angesetzt worden ist, anderseits dass bei der Nullung nicht nur das mit einem Isolationsfehler behaftete Objekt, sondern alle übrigen genullten Objekte des gleichen Netzes eine mehr oder weniger hohe Spannung gegen Erde annehmen. Bei der Ausnützung der maximal zulässigen Spannung gegen Erde würde somit eine weit grössere Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von Unfällen bestehen als bei einem andern Schutzsystem. Ausserdem würde ein immer wieder vorkommendes Elektrisieren beim Berühren genullter Objekte, auch dann, wenn die Sache ganz ungefährlich wäre, der Anwendung der elektrischen Energie besonders im Haushalt (elektrische Küche) nicht förderlich sein. Es ist deshalb zweckmässiger, für das Abschalten des Fehlerstromkreises in allen Fällen besorgt zu sein. Diese Massnahme erfordert Niederspannungsnetze mit verhältnismässig stark dimensionierten Leitern und ganz besonders mit grossen Nulleiterquerschnitten. Ausserdem müssen die Sicherungseinsätze, besonders diejenigen der in den Transformatorenstationen eingebauten Sicherungen der abgehenden Leitungsstränge entsprechend den durch die Rechnung festgestellten Fehlerstromstärken gewählt werden. Bei der Anwendung der Nullung ist es im weitern wichtig, dass die Nulleiter weder im Netz noch in der Hausinstallation unterbrochen werden. Diese Bedingung erfordert eine besonders sorgfältige Montage der Nulleiter in den Hausinstallationen und in den Niederspannungsnetzen die Anwendung von Nulleiterdrähten hoher mechanischer Festigkeit, also verhältnismässig grosser Querschnitte. Ferner muss dafür vorgesorgt werden, dass sowohl in den Hausinstallationen als auch in den Transformatorenstationen beim Abschalten von Leitungen der Nullleiter erst zuletzt ausgeschaltet werden kann und beim Zuschalten zuerst eingeschaltet werden muss. Um die genullten Apparatengehäuse und dergleichen beim Auftreten von Erdschlüssen bis zum Abschalten durch die Sicherungen möglichst niedrigen Berührungsspannungen auszusetzen, müssen die Nulleiter der einzelnen Leitungsstränge mindestens am Anfang und Ende an Erde gelegt sein. Sind Wasserleitungsnetze vorhanden, so sollen die Erdungen wenn immer möglich an diese angeschlossen werden.

Eine ganz besondere Bedeutung hat in einem genullten Netz der Uebertritt von Hoch- auf Niederspannung. Zur Vermeidung gefährlicher Zustände muss der Widerstand zwischen Nulleiter und Erde so klein als möglich gemacht werden. Hiefür kommt wieder insbesondere das Verbinden des Nulleiters an mehreren Stellen mit Wasserleitungen in Frage. Stehen für die Erdung des Nulleiters keine Wasserleitungen zur Verfügung, hat also die Erdung mit Hilfe künstlicher Elektroden zu erfolgen und erweist sich der zwischen Nulleiter und Erde bestehende Widerstand als zu hoch, so muss unbedingt für eine Herabsetzung des Widerstandes, sei es durch Vergrösserung der Elektrodenoberfläche oder durch Vermehrung der Erdungsstellen, gesorgt werden.

Wird die Nullung mit aller Sorgfalt durchgeführt, so kann sie als zweckmässiger Schutz gegen die Gefahren des elektrischen Stromes beim Auftreten von Isolationsfehlern angesehen werden.

Für die Beurteilung der wirtschaftlichen Seite ist noch zu bemerken, dass in den Hausinstallationen, insbesondere wenn das Schema III der in § 18 der Hausinstallationsvorschriften angeführten Schemata angewendet wird, die Kosten der Schutzmassnahmen verhältnismässig niedrig werden. Eine besondere Erdleitung (Verbindung mit dem Nullleiter) muss nur in denjenigen Fällen verlegt werden, wo der Nulleiter für die Speisung der Objekte nicht benötigt wird. In den Niederspannungsnetzen erwachsen dagegen ganz beträchtliche Kosten (grosse Leiterquerschnitte, Erdung des Nulleiters, eventuell Einbau besonderer Freileitungssicherungen in lange Zweigleitungen). Die hauptsächlichsten Kosten müssen bei diesem System also vom Betriebsinhaber des Ortsnetzes getragen werden. Dem Nachteil, dass das Nullungssystem verhältnismässig teuer ist, steht der Vorteil gegenüber, dass die hauptsächlichsten Schutzmassnahmen vom Betriebsinhaber des Netzes, also von sachkundiger Seite, erstellt und unterhalten werden und dass dementsprechend mit einer verhältnismässig hohen Sicherheit gerechnet werden kann.

Bei der *Anwendung der Schutzschaltung* kommt es in erster Linie auf die Verwendung sehr sorgfältig und zweckmässig gebauter Schutzschalter an. Allerdings muss auch der Installation der Schutzanlage die grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden, weil bei einer unachtsam ausgeführten Installation der Schutz unwirksam werden kann, ohne dass man beim Probieren auf den Fehler aufmerksam wird. Ferner ist eine dauernde Ueberwachung der Schutzschalter nötig, um ein Versagen der Schalter rechtzeitig feststellen und die Schalter instand stellen zu können.

Da der Schutzschalter aber ein Bestandteil der Hausinstallation ist und der Besitzer derselben in der Regel als Nichtfachmann der Ueberwachung der Schutzschalter keine grosse Bedeutung beimisst und sie deshalb sehr bald vernachlässigt wird, so ist eine Ueberwachung durch den Betriebsinhaber der Ortsnetze angezeigt. Die Kontrolle sollte verhältnismässig häufig vorgenommen werden. Dadurch erwachsen dem Energielieferanten erhebliche Kosten und Umtriebe. Ausserdem stellt die Schutzschaltung eine verhältnismässig teure Schutzeinrichtung dar, weil ausser dem Schutzschalter eine Schutzleitung, eine Erdleitung und in sehr vielen Fällen eine Erdelektrode benötigt wird. Diese Kosten belasten die Hausinstallationen ganz bedeutend.

Aus allen diesen Ueberlegungen geht hervor, dass vom Standpunkt des Hausinstallationsbesitzers aus die Nullung die billigste und die Schutzschaltung die teuerste und vom Standpunkt des Energielieferanten aus die Nullung die teuerste und die Erdung die billigste Schutzmassnahme ist.

Da aber für die Energiekosten die Kosten der Verteilanlagen des Energielieferanten mitbestimmend sind, der Energiebezüger also indirekt die Kosten der in den Niederspannungsnetzen durchzuführenden Massnahmen auch tragen muss, so sollten bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Seite die Kosten der in den Netzen und in den Hausinstallationen vorzunehmenden Massnahmen gemeinsam als eine Einheit betrachtet werden. In diesem Falle ist das Erdungssystem als das billigste anzusprechen. Leider lässt es sich nicht überall anwenden. Wo es aber angewendet werden kann (Netze mit verhältnismässig hohen Betriebsspannungen und Erdungsmöglichkeit an Wasserleitungen) ist seine Anwendung sicher berechtigt. Für Netze mit niedrigen Spannungen oder auch für Netze mit höheren Betriebsspannungen, wo aber keine geeigneten Wasserleitungen vorhanden sind, ist die Nullung und die Schutzschaltung gegeneinander abzuwägen. Hierzu kann gesagt werden, dass in Ortsnetzen in dicht bebauten Ortschaften mit vielen Anschlussobjekten, die geschützt werden müssen, die Nullung billiger sein wird als die Schutzschaltung. In Netzen mit sehr langen Leitungssträngen (Versorgung einzelner Höfe aus einem gemeinsamen Netz) und mit wenig zu schützenden Anschlussobjekten wird dagegen die Schutzschaltung die billigere Lösung sein. In Netzen mit niedrigen Betriebsspannungen, in denen die Nullleiter nicht nachgezogen sind und die sich für die Anwendung des Erdungssystemes nicht eignen, kommt ausschliesslich die Schutzschaltung in Frage. Es wäre allerdings denkbar, die Nullung unter Benützung des einen Polleiters als Erdleitung durchzuführen. Ein solches System hätte aber den Nachteil, dass die Isolation in den Hausinstallationen mit der verketteten Netzspannung statt mit der Phasenspannung beansprucht würde. Zu diesen Ueberlegungen über die wirtschaftliche Seite ist aber ausdrücklich zu bemerken, dass sie nur für Freileitungsnetze, nicht aber für Kabelnetze städtischen Charakters gelten.

Die Höhe des Sicherheitsgrades der Schutzmassnahmen für die Hausinstallationen hängt viel weniger vom angewandten Schutzsystem selbst als von einer zweckmässigen und zuverlässigen Ausführung des Systemes ab. Es ist deshalb unbedingt nötig, dass alle diejenigen, die mit der Erstellung und der Ueberwachung des Hausinstallationsschutzes zu tun haben, sich eingehend über das Wesen der Schutzmassnahmen orientieren. Denn nur so ist es möglich, in jedem gegebenen Falle die geeigneten Massnahmen zu treffen und Fehler in der Ausführung der Schutzmassnahmen zu vermeiden. Ferner wurde gezeigt, dass besonders bei der Nullung und aber auch bei der Erdung in den Niederspannungsnetzen besondere Massnahmen getroffen werden müssen, und zwar sind diese Massnahmen je nach dem anzuwendenden Schutzsystem ganz verschieden. Dies bedingt, dass über die Wahl des anzuwendenden Schutzsystemes nicht der Hausinstallateur entscheiden kann, sondern dass diese Entscheidung in die Hände des Netzbetriebsinhabers gelegt werden muss.

# Ein neuer Weg beim Bau von kleinen Unterwerken und andern Hochspannungs-Anlagen

Von *G. Leimbacher*, Aarau.

621.316.923 : 621.316.57.064.24 : 621.316.268

*Die Forschungen der letzten Jahre haben ermöglicht, einerseits einfache Druckluftschalter ohne Kompressor für die Unterbrechung kleiner Leistungen, anderseits Sicherungen hoher Abschaltleistung herzustellen. Diese beiden Elemente bieten die Möglichkeit, kleinere Schaltanlagen für Hochspannung sehr einfach und platzsparend auszuführen und gleichzeitig die Gefahr von Brand und Explosion vollständig auszuschalten. Dabei findet eine Arbeitsteilung der beiden Elemente statt: der Schalter bewirkt das Abschalten im normalen Betrieb, während die Sicherungen bei Ueberlast und Kurzschluss zur Wirkung kommen.*

*Les recherches des dernières années ont conduit d'une part à la réalisation d'interrupteurs auto-pneumatiques pour faible puissance de rupture d'une présentation extrèmement simple, d'autre part à celle de coupe-circuit à grande puissance de rupture. Ces deux éléments permettent de construire des postes à haute tension qui présentent une grande simplicité et un encombrement très réduit tout en évitant les dangers d'incendie et d'explosion. Les fonctions de 2 éléments sont différentes: tandis que l'interrupteur est destiné à fonctionner en exploitation normale, les coupe-circuits exécutent la rupture en cas de surcharge et de court-circuit.*

Ein Ueberblick über bisher verwendete Apparate beim Bau kleiner Hochspannungsstationen zeigt, dass in der Regel der *Oelschalter* recht viel Platz beansprucht und ausserdem eine Leitungsführung bedingt, welche sich mit minimaler Platzbeanspruchung nicht vereinbaren lässt. Als weiterer Nachteil wird die Unsichtbarkeit der Kontaktstellen des Oelschalters empfunden, was den Einbau von Trennern erfordert. Hieraus entstand das Bedürfnis nach einem für solche Fälle zweckmässigeren Schalter, dessen Schaltleistung, wenn auch unter derjenigen eines Oelschalters liegend, dennoch für die Verhältnisse vieler Stationen genügen würde. Wenn dabei noch die sichtbare Kontaktstelle und die Möglichkeit des direkten Einbaues in den Leitungsstrang verwirklicht werden kann, so erhält man einen Apparat, der den doppelten Zweck von Oelschalter und Trenner erfüllt.