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: 66 (1975)

Heft: 23

Artikel: Schutzprobleme in Hoch- und Mittelspannungsnetzen aus der Sicht des Starkstrominspektorates

Autor: Homberger, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915322

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: 13.12.2025

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

Diskussionsversammlung

VSE UCS

Journées de discussions

Schutzprobleme in Hoch- und Mittelspannungsnetzen
28. Mai 1975

Problèmes de protection des réseaux à haute et moyenne tension
28 mai 1975

Schutzprobleme in Hoch- und Mittelspannungsnetzen aus der Sicht des Starkstrominspektorates

Von E. Homberger

Es wird ein Überblick über die in der Schweiz angewendeten Kurzschlußschutz- und Überstromschutz-Einrichtungen gegeben. Weiter wird kurz auf das schweizerische Vorschriftenwerk bezüglich der Überstromschutzmassnahmen eingetreten und abschliessend die mögliche zukünftige Entwicklung auf diesem Gebiet skizziert.

L'auteur donne un aperçu des dispositifs utilisés en Suisse pour la protection contre les courts-circuits et la protection contre les surintensités. Il passe en revue les prescriptions suisses sur les mesures de protection contre les surintensités, et esquisse pour finir le développement futur possible dans ce domaine.

1. Schutzbedürfnis

In der rund hundertjährigen Geschichte der Starkstromtechnik befasste sich der Elektrofachmann immerfort mit Schutzproblemen. Er erarbeitete Lösungen, die unbestreitbar guten Erfolg zeitigten, blieb doch trotz steter Ausdehnung der Netze und stetem Ansteigen des Elektrizitätsverbrauchs die Unfall- und Schadenhäufigkeit über Jahre konstant. Die Ausfallhäufigkeit der Stromversorgung wies gar sinkende Tendenz auf. Überall, im In- und Ausland, spricht man von besten Erfahrungen. Gibt es unter diesen Umständen überhaupt noch Probleme?

Man könnte sich überlegen, ob nicht mit weniger Aufwand das gleiche erreichbar wäre. Es stellt sich die Frage der Optimierung. Auch wäre zu prüfen, ob sich die Verhältnisse ändern könnten, vielleicht mit dem Bau leistungsstarker Kraftwerke auf beschränktem Raum, durch stärkere Ausnützung des Materials im Zusammenhang mit verschärften Wettbewerbsbedingungen, durch weitergehende Ansprüche an die Versorgungszuverlässigkeit, etwa mit Rücksicht auf die überhandnehmende Automatisierung, oder ganz einfach, weil die Tauglichkeitsgrenzen einzelner der bisherigen Schutzmittel erreicht sind.

Um eine Ausgangsbasis zu finden, ist es wohl nützlich, sich vorerst einmal mit dem heutigen Schutzbedürfnis auseinanderzusetzen. Bezüglich des *Personenschutzes* darf nach wie vor der Grundsatz gelten, alles zu unternehmen, um menschliches Leben zu erhalten. Das will nun nicht heissen, einfach jede erdenkliche Gefährdungsmöglichkeit ausschliessen zu wollen. Der Blick aufs Ganze muss erhalten bleiben. Es braucht für den Personenschutz ebenso eine Risikoabschätzung wie für den Sachwertschutz und die Versorgungszuverlässigkeit, doch muss sie darin gipfeln, dass mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit kein Todesfall eintritt. Die Erdungskommission des SEV hat eine Kurve zulässiger Berührungs- und Schrittspannungen in Abhängigkeit der Einwirkzeit veröffentlicht. Die Einhaltung der Kurvenwerte schliesst Elektrisierungen, bei ganz kurzen Einwirkzeiten gar Todesfälle, nicht aus (Fig. 1) [1]. Dennoch ist die Kurve verantwortbar, weil sich ihre Zulässigkeit auf Hochspannungsanlagen beschränkt, wo mit geringer Fehler- und Anwesenheitswahrscheinlichkeit gerechnet werden darf.

Beim *Sachwertschutz und bei der Versorgungszuverlässigkeit* dürften sich Risikoabschätzungen eher noch besser durchführen lassen als beim Personenschutz. Eine aussagekräftige Störungsstatistik bildet allerdings die notwendige Voraussetzung. Die gegenwärtig beim VSE im Aufbau befindliche Statistik wird, wenn nicht alles täuscht, den verlangten Ansprüchen gerecht werden. Soll der Grundsatz, die Energieversorgung so sicher und billig wie möglich zu gestalten, weiterhin aufrechterhalten bleiben, so hätten sich, scheint mir, die Elektrizitätswerke noch eingehender als bis anhin mit dem Risikoproblem zu befassen. In einer kürzlich

erschienenen Arbeit «Optimierung des Aufwandes für die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung» [2] wurden die einem Abnehmer durch einen Betriebsausfall entstehenden Kosten in Abhängigkeit der Ausfalldauer ermittelt und mit den Kosten verglichen, die zur Verminderung der Ausfalldauer anfallen. Die Studie kommt zum Schluss, der Aufwand für Ausfalldauerverkürzungen sei auf einen optimalen Betrag zu beschränken (Fig. 2). Der Aufwand für den Sachwertschutz liesse sich wohl in zweckmässiger Weise miteinbeziehen. Selbstverständlich wäre dabei der unterschiedlichen Versorgungsqualität der einzelnen Abnehmergruppen Rechnung zu tragen. Hierüber hat sich ja bereits früher einmal Herr Direktor Dreyer, Neuenburg, ausgesprochen [3].

Sorgfältig durchgeführte Risikoabschätzungen und Optimierungsbetrachtungen sollten noch in vermehrtem Masse ihren Niederschlag im Vorschriftenwerk finden können. Was bei den Versicherungsgesellschaften eine Selbstverständlichkeit bedeutet, wird aber leider bei der Vorschriftenbearbeitung nur allzu oft abgelehnt. Dafür wird rein gefühlsmässig ein Schutzziel angesteuert, für das sich der Einsatz vielfach nicht lohnt. Beispielsweise fördert man gegenwärtig von gewisser Seite den Einbau von selbsttätigen Löschanlagen in Transformatorenstationen. Ganz abgesehen davon, dass Stations- oder auch nur Transformatorenbrände äusserst selten auftreten, bedeutet das notwendige Röhrensystem in verschiedener Beziehung eine zusätzliche Personengefahr. Es fragt sich, ob nicht mit kleinerem Aufwand der Überstrom- und Flammbogenschutz ergänzt und dadurch gesamthaft eine bessere Wirkung erzielt werden könnte. Entsprechende Lösungen liegen ja vor [4].

2. Schutzeinrichtungen

Vorerst möchte ich aber einen Überblick über die in der Schweiz angewendeten Kurzschlußschutz- und Überstromschutz-Einrichtungen geben. Dabei beschränke ich mich auf den Netzschutz.

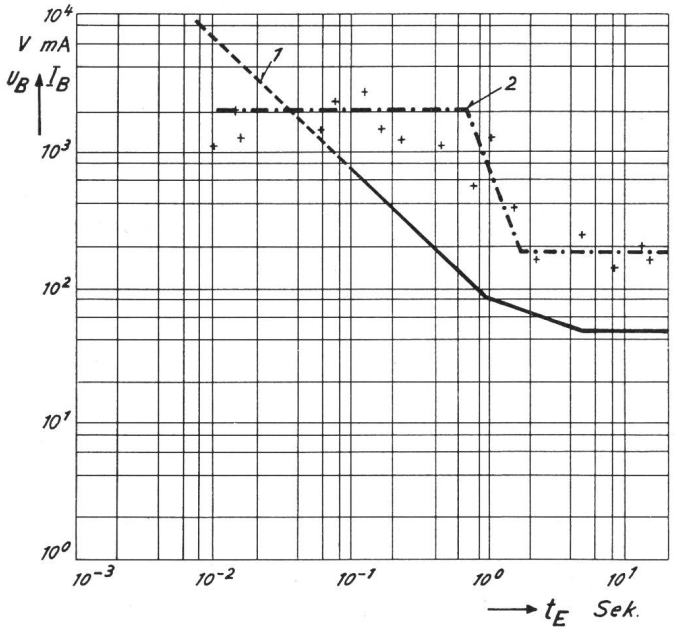

Fig. 1 Zulässige Berührungs- und Schrittspannungen U_B in Hochspannungsanlagen gemäss Erdungskommission des SEV (Kurve *1*, gestrichelter Teil extrapoliert) und mittlere, gefährliche Stromstärke I_B (Kurve *2*) in Abhängigkeit der Einwirkzeit t_E

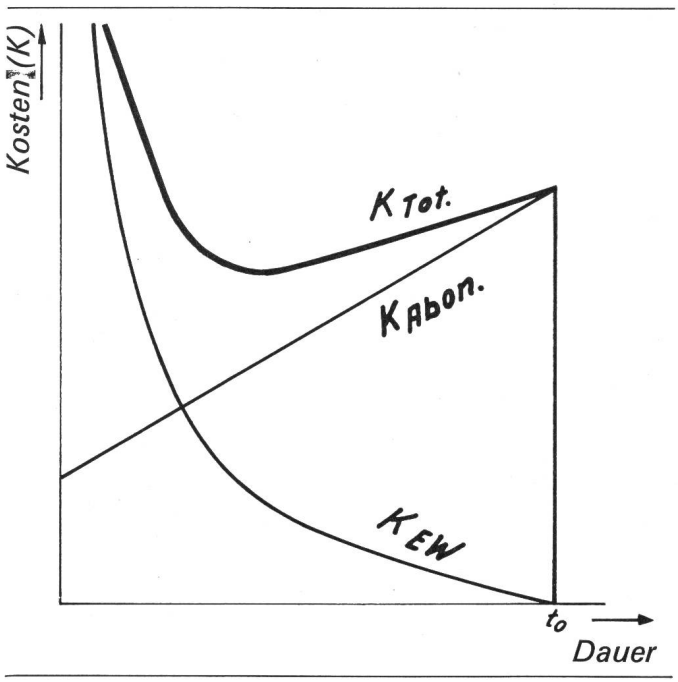

Fig. 2 Kosten bei Stromausfall in Abhängigkeit der Ausfalldauer
K_{Abon} Kosten des Bezügers
K_{EW} Kosten des Stromlieferanten für die Verkürzung der Ausfalldauer ausgehend von der Dauer t_0
K_{Tot} Mittlere Gesamtkosten

Im Höchstspannungsnetz 220 und 380 kV kommt vorwiegend der Distanzschutz, System BBC, mit mehreren richtungsselektiven Messelementen zur Anwendung [5]. Zur Anregung dienen Minimaldistanzrelais. Diese wählen die gestörte Phase aus und messen die Entfernung zum Störungsort. Sie sind also massgebend für die jeder der 4 oder 5 Distanzstufen zugeordnete Verzögerungszeit bis zur Auslösung. Mit Rücksicht auf Messfehler und Toleranzen wird die erste Stufe des Distanzrelais normalerweise auf 85 % der gesamten Stufenlänge eingestellt. Um gleichwohl eine Abschaltung in der kürzest möglichen Zeit, in der sogenannten Grundzeit, bei Fehlern an irgendeinem Ort der Distanzstufe zu erreichen, wird meist die Signal-Auslösekupplung zwischen zwei benachbarten Stationen angewendet. Es sind im Minimum Relais-Auslösezeiten von 20...30 ms erreichbar. Der Distanzschutz erkennt alle Arten von Kurz- und Erdschlüssen und eignet sich auch zur Ansteuerung der einphasigen Schnellwiedereinschaltung (Kurzunterbrechung).

Im mittleren Hochspannungsbereich 50 bzw. 65 kV findet man ebenfalls den Distanzschutz wie im Höchstspannungsnetz, meist aber mit einem einzigen richtungsselektiven Messelement, zu welchem je nach Fehlerart die richtigen Messgrössen zugeschaltet werden. Es werden mit dieser Schutzart minimale Auslösezeiten von 40...60 ms erreicht. Dort, wo die Kurzschlußströme stets höhere Werte als die höchsten Betriebsströme erreichen, wird auch der Distanzschutz mit Überstromanregung angewendet. Diese Schutzeinrichtung eignet sich für den Selektivschutz gegen Kurz- und Erdschlüsse in Kabel- und Freileitungsnetzen.

In den sogenannten *Mittelspannungsnetzen,* d. h. in den Feinverteiler-Hochspannungsnetzen von 6...20 kV, überwiegt nach wie vor der reine Überstromschutz, wobei in den Einspeisestellen vorwiegend sekundäre Maximalstrom-Zeit-

relais und in den Zwischenschaltstationen (Bezirksstationen) meist Hauptstrom-Zeitrelais anzutreffen sind. In einzelnen städtischen Versorgungsnetzen wendet man auch den Distanzschutz mit Überstromanregung an.

Auf allen Spannungsstufen herrschen noch die elektromechanischen Relais vor. Es scheint aber doch, dass sich die elektronischen Relais oder zumindest die Relais mit elektronischen Komponenten nach ausländischem Vorbild allmählich einführen [6, 7].

3. Selektive Abschaltung

In zweiseitig gespeisten oder zu Ringen zusammengeschlossenen Netzen lässt sich durch den Distanzschutz mit Signal-Auslösekupplung jede Leitungsstrecke zwischen zwei Stationen einwandfrei innert etwa 100...150 ms herausschalten. Selbst ohne Auslösekupplung ist ein guter Schutz zu erreichen. Die Stations- und Sammelschienen werden allerdings erst von der zweiten Zeitstufe erfasst. Da Kurz- und Erdschlüsse an Sammelschienen besonders kostspielige Störungen darstellen, sind die wichtigeren Stationen mit besonderen Sammelschienen-Schutzsystemen versehen worden. Es handelt sich meist um den elektronischen Differentialschutz, System BBC oder ATEL [5, 8].

Der in Strahlennetzen zur Anwendung kommende stromunabhängige Zeitstaffelschutz ist insofern nachteilig, als ausgerechnet gegen die Speisestelle hin, wo die grössten Kurzschlußströme auftreten, die längsten Auslöseverzögerungen vorgesehen werden müssen. Durch Verwendung von Maximalstrom-Zeitrelais mit elektronischen Komponenten lässt sich der erwähnte Nachteil dadurch etwas mildern, dass kürzere Staffelzeiten möglich sind. Durch schaltungstechnische Massnahmen und durch Verwendung einiger zusätzlicher Kleinschütze vermag, wie die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) nachwiesen, auch der Zeitstaffelschutz mit elektromechanischen Relais höheren Ansprüchen zu genügen [9]. Nachteilig kann sich auch der Umstand auswirken, dass grössere Netzteile von einer Störung erfasst werden. Mit Rücksicht auf den relativ bescheidenen Aufwand erfreut sich der Zeitstaffelschutz gleichwohl noch immer grosser Beliebtheit.

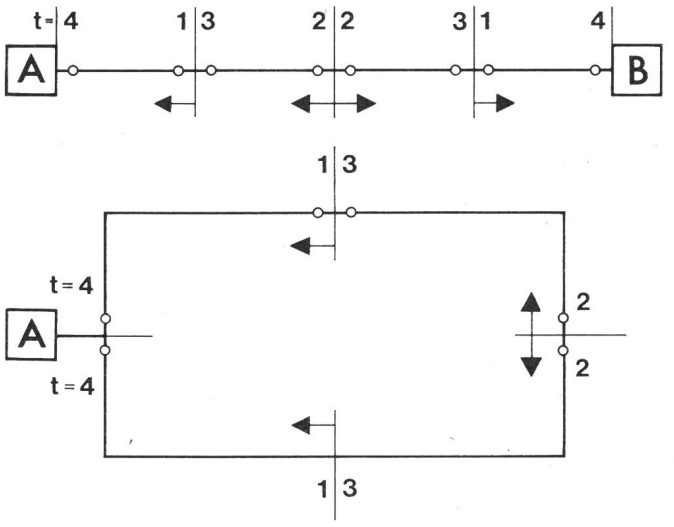

Fig. 3 Möglichkeit eines Zeitstaffelschutzes in zweiseitig gespeisten Netzen oder in Ringnetzen mit Maximalstrom-Zeitrelais und einzelnen Richtungsrelais

Die Zahlen bedeuten Vielfache von Ansprech-Verzögerungszeiten, die Pfeile Durchlassrichtung des Richtungsrelais.

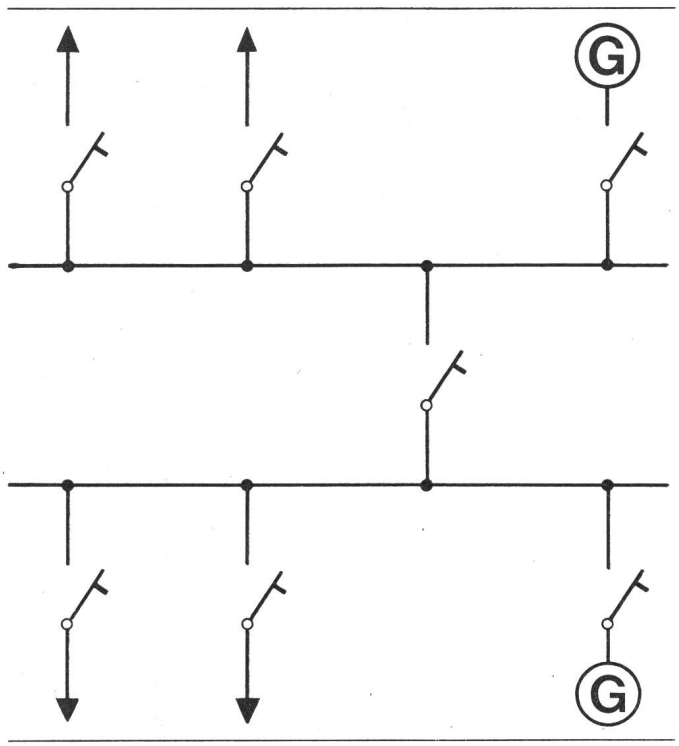

Fig. 4 Verminderung der Kurzschlußströme durch Aufteilung der Speise- und Abnehmerleitungen auf zwei unabhängige Sammelschienen

Mit Hilfe von Richtungsrelais lässt sich übrigens, wie aus Fig. 3 hervorgeht, der Zeitstaffelschutz auch in zweiseitig gespeisten oder in Ringnetzen anwenden. Dort, wo Ringnetze geschlossen betrieben werden, zieht man es indessen vor, entweder den Distanzschutz anzuwenden oder im Kurzschlussfall den Ring durch einen Spaltschalter mit der Verzögerungszeit Null in ein Strahlennetz aufzutrennen.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass in den schweizerischen Mittelspannungsnetzen nur Kurzschlüsse selektiv weggeschaltet werden. In besonderen Fällen wird man aber auch an die selektive Abschaltung von Erdschlüssen denken müssen.

4. Begrenzung des Kurzschlußstromes

Zur Beherrschung der Kurzschlußströme genügt es vielerorts nicht mehr, nur die Staffelzeiten zu verkürzen. Verschiedene Unterstationen in allen Spannungsbereichen wurden bereits so konzipiert, dass sich die Kurzschlussleistung etwa gleichmässig auf zwei unabhängige Sammelschienen verteilt. Die beiden Sammelschienen werden über einen möglichst schnell schaltenden Schalter mit entsprechend rasch ansprechenden Relais verbunden. Bei dieser Disposition lässt sich ein Netz augenblicklich auftrennen und die Kurzschlussleistung in den beiden aufgetrennten Netzteilen auf je etwa die Hälfte reduzieren (Fig. 4). Natürlich werden auf diese Weise nur die thermischen Wirkungen gemildert. Um auch die dynamischen Wirkungen zu vermindern, wurden an exponierten Stellen Drosseln eingebaut und die Grosskraftwerke in der Blockschaltung über Transformatoren mit relativ hoher Kurzschlußspannung ans Netz geschaltet. Im Ausland kommen auch andere Lösungen vor [10, 11].

5. Sternpunktbehandlung

Die Höhe der zu erwartenden Erdschlußströme hängt bekanntlich wesentlich davon ab, ob und allfällig wie die Speisestelle eines Netzes mit Erde verbunden wird [12]. Während die Sternpunkte im Höchstspannungsnetz wie in unseren Nachbarländern möglichst widerstandslos, d. h. starr, geerdet wurden, gestaltete sich die Sternpunkterdung in den unteren Spannungsbereichen uneinheitlich. Im 50-kV-Bereich trifft man starr geerdete, erdschlußstrombegrenzte, kompensierte (gelöschte) und isolierte Netze an. Im Mittelspannungsbereich herrschen die isolierten Netze vor; nur etwa 20 % der gesamten Netzausdehnung sind erdschlußstromkompensiert. Im Gegensatz dazu sind in Deutschland und in Österreich die Überland-Hochspannungsnetze bis zur Betriebsspannung von 110 kV mehrheitlich kompensiert. Bleibt dort in grösseren Netzen der Erdschluss länger als einige Sekunden bestehen, so wird vorübergehend geerdet und der Fehler damit weggeschaltet. Die städtischen Kabelnetze werden hingegen grösstenteils isoliert betrieben. Die Schweiz beging somit bezüglich der Sternpunktsbehandlung einen eigenen Weg. Einen Überblick über die Möglichkeiten der Sternpunktsbehandlung vermittelt Fig. 5.

In den starr geerdeten Netzen erreichen die Anfangskurzschlußströme Werte bis etwa 30 kA (Effektivwerte). Zur Erdschlußstrombegrenzung auf etwa 3 kA bauen einzelne Überlandwerke Drosseln in die Verbindung Sternpunkt–Erde ein. Bei dieser Begrenzung sind in der Regel keinerlei zusätzliche Massnahmen gegen die sogenannte Beeinflussung der parallel zu den Hochspannungsleitungen verlaufenden Fernmeldeverbindungen nötig. Im Gotthard-Strassentunnel werden indessen sehr empfindliche Fernmeldeleitungen auf 15 km Länge in geringem Abstand zu den Hochspannungskabeln verlaufen. Um den einpoligen Erdschlußstrom kleinzuhalten, wird es deshalb notwendig werden, die Sternpunkte des von beiden Tunnelseiten einspeisenden 20-kV-Systems widerstandshoch (500...600 Ω) zu erden. Da nicht nur Kurz-, sondern auch Erdschlüsse selektiv wegzuschalten sind, ergeben sich neuartige Schutzprobleme.

Eine zunehmend unangenehmere Situation ergibt sich bei den von Erde isolierten Überland-Mittelspannungsnetzen. In verschiedenen Netzen erreicht der einpolige Erdschlußstrom bereits Werte von 200 A, in Einzelfällen bis zu 300 A. Mit der Verkabelung werden die Erdschlußströme weiter stark anwachsen. Werden die Erdschlüsse nicht rasch weggeschaltet, so muss mehr und mehr mit schwerwiegenden Schäden gerechnet werden. Die Wegschaltung bietet allerdings etwelche Schwierigkeit, weil ohne eine Sternpunktserdung nur schwer eine Basis für eine selektive Abschaltung gefunden werden kann. Ein verwertbares Kriterium stellt einzig der zwischen Verlagerungsspannung und Erdschlußstrom gemessene Phasenverschiebungswinkel dar. Bei vermaschten Netzen gestaltet sich die Bestimmung des Erdschlussortes noch schwieriger (Fig. 6). Immerhin sollen Lösungen mit Hilfe von Signalvergleichen möglich sein [8].

Zur Unschädlichmachung von Erdschlüssen bietet sich nicht nur die Wegschaltung, sondern auch die Kompensierung an. In bestehenden Unterwerken ergeben sich jedoch meist Schwierigkeiten, freien Platz für die Unterbringung der Drosseln zu finden. Ausserdem wird das Schutzproblem mit der Kompensierung nicht vollständig gelöst. Wie im isolierten Netz werden wohl auch im kompensierten erdschlussbehaftete Leitungen im Betrieb gehalten, bis der Erdschluss behoben ist. Es bleibt somit eine örtliche Unfall- und Schadengefahr während längerer Zeit bestehen. Erfahrungsgemäss ereignen sich nur selten Unfälle als Folge von Erdschlüssen. Nach der deutschen und österreichischen Störungsstatistik, die auch für schweizerische Verhältnisse gelten dürfte, ist im Mittelspannungsnetz mit etwa 3...5 Erdschlüssen pro Jahr und 100 km Netzlänge zu rechnen. Die geringe Unfallhäufigkeit ist somit nicht verwunderlich. Ob die Netze zu kompensieren oder die Erdschlüsse wegzuschalten sind, ist schwer zu entscheiden. Für beide Massnahmen sprechen Gründe dafür und dagegen. Hingegen scheint mir unzulässig, die Erdschlußströme weiter ansteigen zu lassen, ohne eine Schutzmassnahme zu ergreifen.

6. Vorschriften

Im schweizerischen Vorschriftenwerk sind die Überstromschutzmassnahmen etwas stiefmütterlich behandelt. Es enthält allerdings eine allgemeine, ziemlich delikate Bestimmung, wonach alle Anlageteile so lange den Wirkungen des

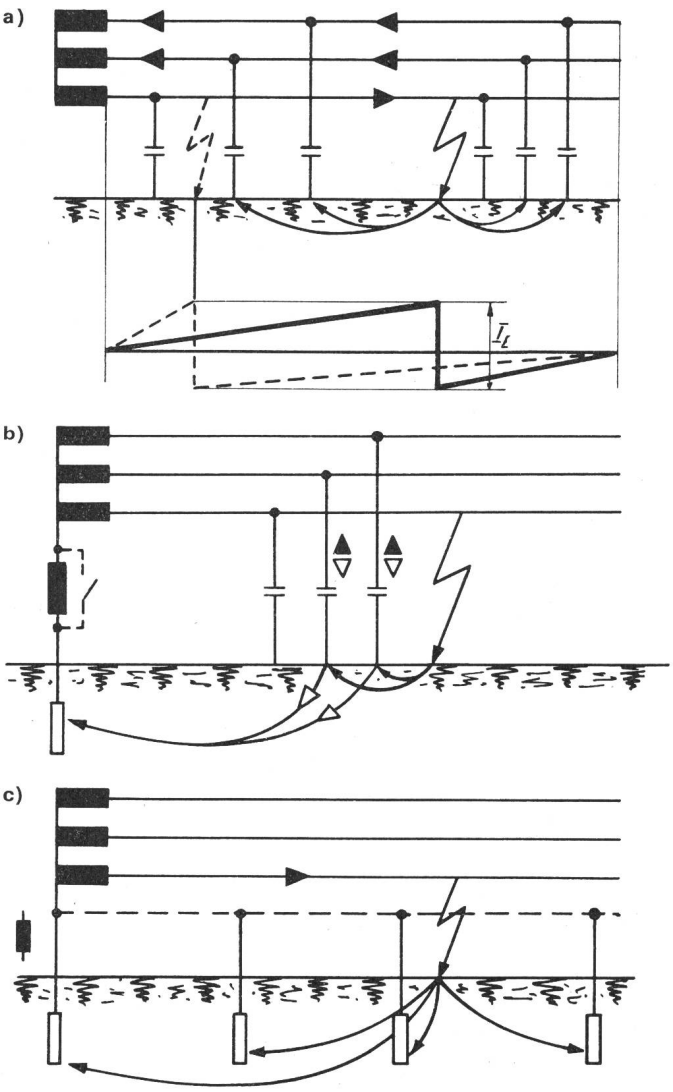

Fig. 5 Möglichkeiten der Sternpunktbehandlung
a) Isoliertes Netz mit Erdschlußstrom-Verteilung
b) Kompensiertes (gelöschtes) Netz
c) Starr geerdetes oder erdschlußstrombegrenztes Netz

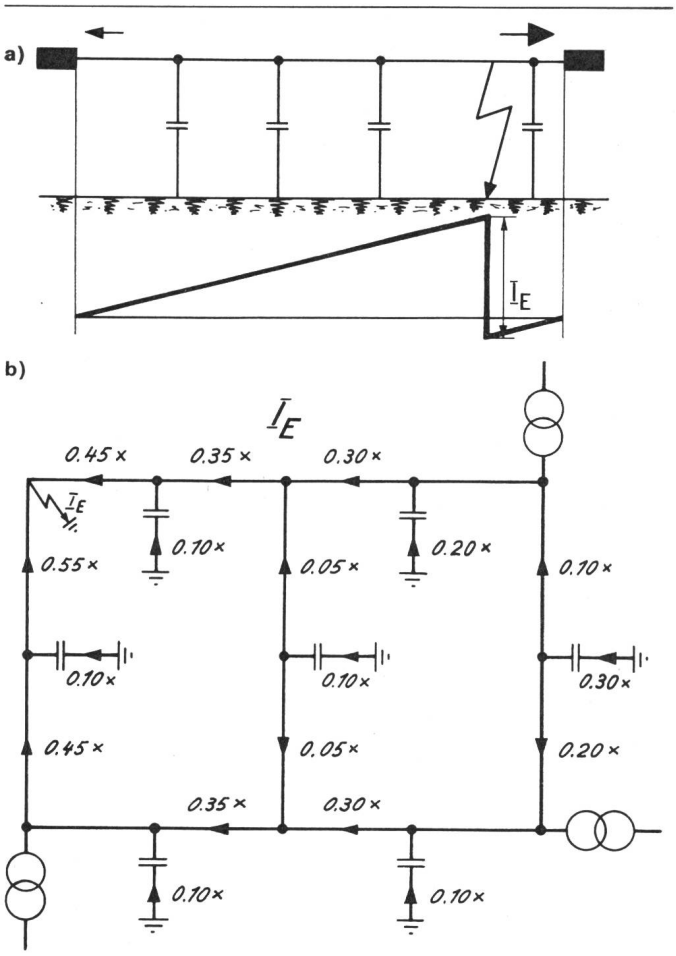

Fig. 6 Verteilung des Erdschlußstromes in vermaschten Netzen mit isoliertem Sternpunkt
a) Zweiseitig gespeistes Netz. Ungleiche Verteilung des Erdschlußstromes auf die beiden Speisestellen.
b) Beispiel der Erdschlußstrom-Verteilung in vermaschtem Netz mit verschiedenen Speisestellen.

maximalen Kurzschlußstromes standzuhalten haben, bis eine sichere Abschaltung erfolgt (STVO, Art. 30).

Gegenwärtig befinden sich die bundesrätlichen Verordnungen über elektrische Anlagen in Revision. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, die heutige Fassung zu ändern oder zu ergänzen. Bereits liegen auch einige Anträge aus Werkkreisen vor. Beispielsweise besteht der Wunsch, Ortstransformatoren nicht mehr unbedingt gegen Überstrom schützen zu müssen, sondern sie dem Netzschutz einverleiben zu können. Setzt sich dieser Wunsch durch, so ist, wenigstens für schweizerische Verhältnisse, mit neuartigen Netzkonzeptionen zu rechnen. Es fragt sich auch, ob für die Dimensionierung von Erdungsanlagen nicht anstelle des höchstmöglichen Erdschlußstromes mit einem reduzierten Wert gerechnet werden könnte.

7. Zukünftige Entwicklung

Es lohnt sich vielleicht, sich über die zukünftige Entwicklung noch einige weitere Gedanken zu machen. Unter dem Druck der öffentlichen Meinung wird die Verkabelung weiter überhandnehmen. Neuerungen in der Kunststofftechnik versprechen eine höhere Belastbarkeit der Kabel; anderseits führen Kabelmassierungen unterschiedliche Verlegungsarten und -tiefen zu Belastungsverminderungen. Es ergeben sich Probleme der Last- und Kurzschlußstrom-Verteilung in vermaschten Netzen, insbesondere in kombinierten Freileitungs-Kabelnetzen. Der Siegeszug der Prozessrechner stellt die Werke vor besondere Probleme, eröffnet ihnen aber auch neue Möglichkeiten. Wenn heute noch etwas Skepsis besteht, übernimmt vielleicht doch der Rechner eines Tages die Aufgaben des Relais-Schutzes [14, 15].

Es ist wohl gegenwärtig schwer, die Entwicklung abzuschätzen. Die Volksmeinung, die heute zum Sparen neigt, kann schlagartig ändern, wenn es wirklich ums Sparen geht. Wer weiss, ob die Werke nicht in einen neuen Ausbauboom geraten? Die Wirtschaftlichkeit – oder besser die Optimierung – wird alsdann in den Vordergrund treten. Wäre es nicht klug, sich schon jetzt darauf vorzubereiten?

Literatur

[1] Dr.-Ing. *Jürgen Jacobsen;* Dr. med. vet. *S. Buntenkötter* und Ing. (grad.) *L. Schreyer:* Gefährdungsbereiche elektrischer Ströme. etz-b Bd. 26(1974)H.12, S. 321...325.
[2] *H. Böcker* und *W. Kaufmann:* Optimierung des Aufwandes für die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsversorgung in der Netzplanung zum Nutzen des Abnehmers. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 74(1975), Heft 8, S. 215...220.
[3] *J. L. Dreyer:* Kriterien der Betriebssicherheit. Bulletin SEV 1971, Nr. 22, S. 1096...1098.
[4] *M. Körner:* Kombi-Klein-Umspannstation mit automatischem Lichtbogenvollschutz. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 74(1975), Heft 8, S. 205...208.
[5] Schutztechnik. Brown-Boveri-Mitteilungen, Juli 1971, Bd. 58.
[6] *E. Boog* und *M. Grüttner:* Ring-Umspannwerke mit elektronischem Überstromzeitschutz. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 72(1973), Heft 4, S. 88...92.
[7] *B. Zube:* Elektronischer Netzschutz – wozu denn eigentlich? Elektrizitätswirtschaft, Jg. 73(1974), Heft 2, S. 27...30.
[8] *F. Schär:* Ein elektronischer Sammelschienen-Spannungsdifferentialschutz für unterschiedliche Stromwandler-Übersetzungen. Bull. SEV 1965, Nr. 22, S. 989...966.
[9] *V. Huber* und *Ch. Rogenmoser:* Ein einfacher Kurzschlußschutz für Sammelschienen und für Nahzone von Unterwerken in Mittelspannungsnetzen. Bull. SEV 1967, Nr. 15, S. 679...682.
[10] *B. Drescher:* Einrichtung zur Strombegrenzung in Wechselstromnetzen. Bull. SEV 1972, Nr. 12, S. 619...631.
[11] *J. Zachow:* Trennautomatiken für Mittelspannungsnetze – Ein Hilfsmittel zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Elektrizitätswerk, Jg. 73(1974), Heft 8, S. 196...202.
[12] Fachheft Netzbetrieb. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 69(1970), Heft 21.
[13] *W. Bayh:* Ein Erdschluss-Selektivschutz für vermaschte Mittelspannungsnetze. etz-a Bd. 95(1974)H. 8, S. 416...418.
[14] *A.Kolar:* Verwendung von Computern anstelle von Schutzeinrichtungen. Bull. SEV 1970, Nr. 10, S. 442...446.
[15] *R. Poncelet:* L'exploitation automatique des réseaux électriques. Bull. technique de la Suisse romande 1975, nº 7, p. 103...116.

Adresse des Autors:

E. Homberger, Oberingenieur des Eidg. Starkstrominspektorates, Burgstrasse 210, 8706 Meilen.