Probleme der Schutzmassnahmen in Niederspannungsnetzen aus der Sicht des Starkstrominspektorates

Autor(en): **Homberger, E.**

Objekttyp: **Article**

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

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

Heft 13

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915045

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Diskussionsversammlung

VSE UCS

Journées de discussions

Schutzprobleme in Niederspannungsnetzen

22. März 1977, Zürich

Mesures de protection dans les services d'électricité

Lausanne, 17 mai 1977

Probleme der Schutzmassnahmen in Niederspannungsnetzen aus der Sicht des Starkstrominspektorates

Von E. Homberger

Aus der Sicht vieler Elektrizitätswerke werden die Schutzmassnahmen in Niederspannungsnetzen problemlos sein. Aus der Sicht des Starkstrominspektorates zeichnen sich nun aber einige Schwierigkeiten ab, die teils in der Technik, teils in der Normung zu suchen sind.

Nombre d'entreprises d'électricité considèrent que les mesures de protection dans les réseaux à basse tension sont satisfaisantes. L'Inspection fédérale des installations à courant fort estime, quant à elle, qu'il subsiste quelques problèmes de sécurité, certains de nature technique et d'autres au niveau de la normalisation.

1. Gegenwartsprobleme

In den Niederspannungsnetzen, das heisst zwischen den Niederspannungsklemmen der Transformatoren bis zu den Hauseinführungen, ereignen sich durch Einwirkung von Elektrizität jährlich etwa 20 *Unfälle,* davon 2 mit tödlichem Ausgang. Die Ursachen sind immer etwa dieselben: Unachtsamkeiten, Versehen, kleine Nachlässigkeiten. Ein Vorfall, der sich während der Dürreperiode des letzten Jahres zutrug, wich nun aber von der Regel ab.

Ein Landwirt wollte Wasser aus einem Fluss auf seine Felder pumpen. Zu diesem Zwecke liess er durch einen Elektriker eine alte Steckdose provisorisch an einen Holzmasten des Niederspannungs-Verteilnetzes montieren. Da in jenem Netzteil die «Schutzerdung» angewendet wird, wurde der Steckdosen-Schutzkontakt mit einer in der Nähe vorbeiführenden Wasserleitung verbunden. Es ergab sich ein Erdungswiderstand von 1,9 Ω. Wahrlich eine gute Erdung! Doch, als der Landwirt den Stecker an die Steckdose anschloss, wurde er elektrisiert und brach tot zusammen. Die Untersuchung ergab, dass die Steckdose einen Isolationsdefekt aufwies und zwischen der Steckvorrichtung und dem Erdreich eine Spannung von 135 V bestand. Der Erdungswiderstand der Sternpunkterdung bei der speisenden Transformatorenstation betrug zwar nur 1,2 Ω. Nach dem Prinzip der Spannungswaage musste jedoch eine gefährlich hohe Fehlerspannung an der Steckvorrichtung auftreten. Da offenbar die Wasserleitung metallisch nicht durchverbunden war, blieb der Erdschlußstrom auf 72 A begrenzt, so dass die vorgeschaltete 100-A-Sicherung nicht durchzuschmelzen vermochte. Die Konsequenz aus diesem Vorfall: Wasserleitungen als verkappten Nulleiter zu betrachten ist ein trügerisches Unterfangen!

Auf einige weitere, immer wieder zu Unfällen Anlass gebende Unzulänglichkeiten sei ebenfalls noch hingewiesen:

– Ungenügende Sicherung gegen Einschaltung von Leitungen, an denen gearbeitet wird, durch nicht an der Arbeit beteiligte Personen, wie Schaltwärter, Ortsmonteure usw.

– Nichtbeachtung von Rückspannungen durch Netzvermaschungen, Eigenversorgungs- und Notstromgruppen, Steuerleiter usw.

– Arbeit unter Spannung, vorab bei Hauseinführungen, ohne die in Artikel 8 StVO vorgeschriebenen Schutzmassnahmen zu treffen.

– Ungenügende Instruktion, Ausrüstung oder Überwachung von Schaltwärtern.

Nebst Unfällen werden dem Starkstrominspektorat auch *Schadenfälle* gemeldet. Die häufigsten Meldungen beziehen sich auf Tierunfälle in Ställen, Überschläge an Verteiltafeln in Stationen, Brände trotz Einhaltung der Nullungsbedingungen, Gerätebeschädigungen durch Phasenunterbrüche, Zerstörung von Fernsehgeräten bei Gewittern usw.

In den letzten Jahren mehrten sich die Meldungen über Zerstörungen von Verteilanlagen an Orten, wo sich grosse Kondensatorenbatterien befinden. Die Ursachen liessen sich meist nicht einwandfrei feststellen, doch deuteten vielerorts gewisse Anzeichen auf Überspannungen hin. In anderen Fällen explodierten Schmelzsicherungen ohne erkennbaren Grund, wodurch Kurzschluss-Flammbogen eingeleitet wur-

den, die sich über Sammelschienen hinwegzogen und so das Zerstörungswerk einleiteten. Es ist zu bedenken, dass heute mehr denn je oberwellenhaltige oder nicht sinusförmige Ströme über die Netze fliessen, die zu Überlastungen von Kondensatoren und anderen Störungen führen können. In Zusammenarbeit mit einer Kondensatorenfabrik und einem bedeutenden Überland-Elektrizitätswerk versuchte das Starkstrominspektorat, den aufgetretenen Schwierigkeiten Herr zu werden. Dabei zeigte es sich, dass an und für sich wirksame Schutzmassnahmen bekannt sind, doch kann ohne genaue Kenntnis der Verhältnisse nicht ohne weiteres angegeben werden, welche der verschiedenen Massnahmen in einem bestimmten Fall angewendet werden muss. Es empfiehlt sich jedenfalls, beim Einbau grosser Kondensatorenbatterien den Lieferanten zu Rate zu ziehen, wobei ihm Angaben über allfällig bereits vorhandene Verdrosselungen und das Betriebsverhalten grosser induktiver Verbraucher zu machen sind, wie zum Beispiel Kompressormotoren, die ohne Grundlast auch nachts zu- und ausgeschaltet werden. Um den Ursachen der erwähnten Störungen auf den Schlich zu kommen, wurde ein Fragebogen ausgearbeitet, der, um den genauen zeitlichen Ablauf festzuhalten, sofort nach einem Vorfall auszufüllen ist.

Dauernd mit dem Nennstrom belastete Schmelzsicherungen und Schalter mit Bimetallauslösern erzeugen beträchtliche Wärmemengen. Beispielsweise beträgt die Verlustleistung einer 100-A-Sicherung bei Nennlast je nach dem Trägheitsgrad zwischen etwa 6 und 12 W. Das mag wenig scheinen. Zieht man aber die heutige gedrängte Bauweise, den Einbau von Sicherungen in Schränke und Schubladen in Betracht, so erkennt man, dass örtlich Temperaturen auftreten können, die Sicherungen bei Belastung mit dem oder etwas über dem Nennstrom zum Ansprechen bringen. Gerade aber unter diesen Verhältnissen ergeben sich für die Sicherungen sehr schwere Abschaltbedingungen, so dass Versager eher vorkommen als beim Ansprechen durch Kurschlußströme. Für die Bemessung von Verbindungs- und Sammelschienen eignet sich leider die Publikation SEV 3064.1965 nicht sehr gut, weil sie auf einer Umgebungstemperatur von nur 20 °C beruht. Die im Jahre 1975 herausgekommene Publikation DIN 43 671 trägt den heutigen Verhältnissen besser Rechnung.

2. Blick in die Zukunft

Wenden wir uns nun der zukünftigen Entwicklung zu. Vorerst sei erwähnt, dass sich sämtliche *Verordnungen über elektrische Anlagen* in Revision befinden. Es geht dabei nicht um eine redaktionelle Überarbeitung, sondern um eine vollständige Umgestaltung zur Anpassung an den neuesten Stand der Technik. Was den Niederspannungssektor anbetrifft, ist die Schaffnung einer eigentlichen Niederspannungsverordnung vorgesehen. Diese Massnahme ist deshalb nötig, weil verschiedene Anlagearten besonderen Bedingungen zu entsprechen haben, für die sich weder in der Starkstromverordnung noch in den Hausinstallationsvorschriften des SEV eine Grundlage finden lässt. Es handelt sich meist um Anlagen, die nebst einem einwandfreien Korrosionsschutz auch einen wirksamen Überspannungsschutz benötigen, so die elektrischen Einrichtungen von Rohrleitungen zum Transport von Brenn- und Treibstoffen, ferner die Grosstankanlagen zur Lagerung solcher Stoffe. Eine Sonderregelung ist auch nötig für die elektrischen Einrichtungen längs Autobahnen und auf Eisenbahngebiet. Hier spielen Beeinflussungs-, Nullungs- und Isolationsprobleme eine besondere Rolle. Nach Artikel 16 des Elektrizitätsgesetzes gehören übrigens die aufgezählten Installationsarten eindeutig *nicht* zu den Hausinstallationen. Die Elektrizitätswerke sind deshalb hiefür schon heute von der Kontrollpflicht befreit.

Was die eigentlichen Niederspannungs-Verteilnetze anbetrifft, sollten sich allerdings wenig grundsätzliche Vorschriftenänderungen ergeben. Immerhin muss man sich fragen, ob der Begriff «Regelleitung» noch richtig ist und die Berechnungsgrundlage für die Tragwerke belassen werden können. Bei der heute üblichen Belegung der Hauptstränge von Freileitungen kann nämlich eine Nachrechnung der zulässigen Belastungen von Holzmasten Überraschungen ergeben. Im weitern lässt sich leicht feststellen, dass die heutigen Bedingungen für die minimalen Kreuzungs- und Parallelführungsabstände einer seriösen Grundlage entbehren. Für Niederspannungsnetzkabel ist bei uns nach wie vor die metallische Umhüllung vorgeschrieben, die zweifellos schon manchen Bauarbeiter, der in eine Kabelleitung bohrte oder schlug, vor

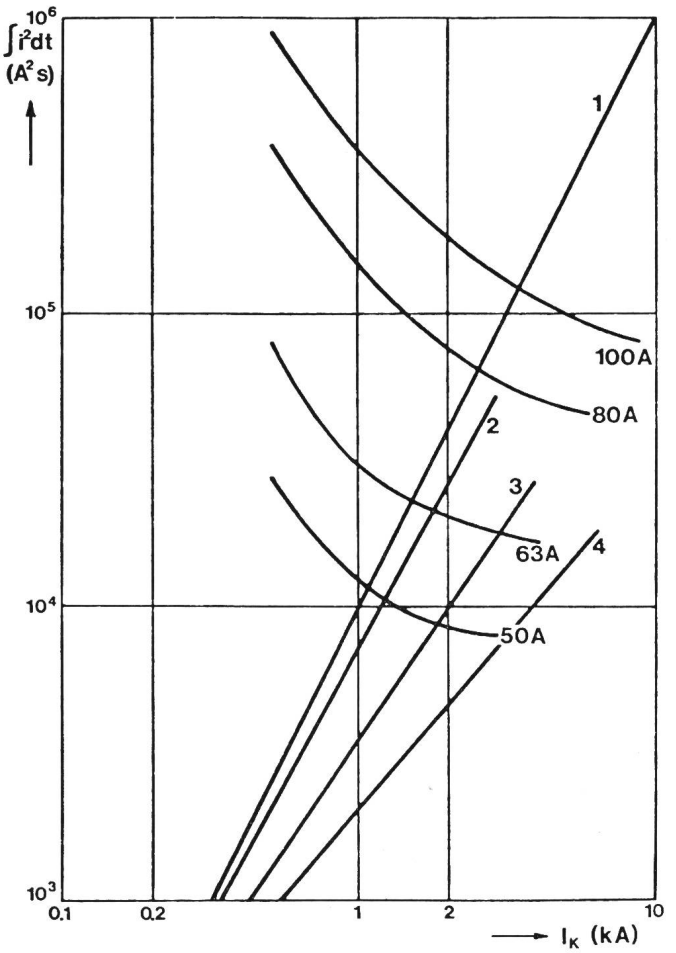


Fig. 1 Ausschaltverhalten von Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschaltern (LS-Schalter) bei verschiedenen Kurzschlußstromstärken.

1 Halbwelle, 50 Hz
2 LS-Schalter mit relativ grossem Ausschaltverzug («langsamer Schalter»)
3 Normale Bauform eines LS-Schalters
4 Leistung-LS-Schalter

einem schweren Unfall bewahrte. Vielerorts im Ausland sind jedoch Bodenkabel ohne Metallumhüllung zulässig. Um den Auswirkungen nichtsinusförmiger Ströme in den Verteilnetzen zu begegnen, hat ja bekanntlich der VSE Empfehlungen für entsprechende Bestimmungen in den Werkvorschriften herausgegeben. Auf der heute geltenden gesetzlichen Grundlage dürfte es jedoch schwerfallen, solche Werkvorschriften auch durchzusetzen.

Ein von der Erdungskommission des SEV ausgearbeiteter Entwurf zu neuen Erdungsbestimmungen der StVO liegt bereits seit einigen Jahren vor. Obschon er noch nicht rechtsgültig ist, wenden ihn bereits viele Elektrizitätswerke an. Das dadurch eingegangene Risiko ist gering, wird doch eher eine grössere Sicherheit erzielt als bis anhin. Allerdings dürfen nicht nur einige als günstig erscheinende Artikel aus dem Entwurf herausgezogen werden.

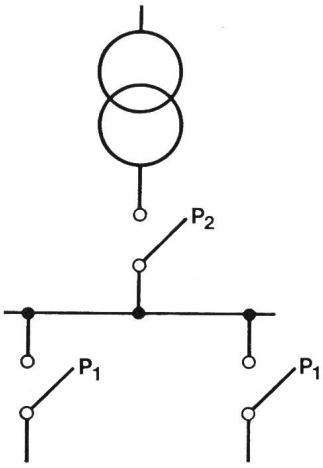
Einen Einfluss auf die sicherheitstechnische Gestaltung der Niederspannungsnetze kann auch die *internationale Normung* ausüben. Zu erwähnen sind zum Beispiel die beiden CEI-Publikationen 157–1 «Niederspannungs-Schaltapparate» und CEI 269–2 «Niederspannungs-Schmelzsicherungen». Da es heute nach den sicherheitstechnischen Vorschriften des SEV unterschiedliche Schmelzcharakteristiken für Schraub- und Stecksicherungen gibt, besteht ein echtes Bedürfnis nach einer Vereinheitlichung und deshalb der Überführung der erwähnten CEI-Publikation 269–2 in eine schweizerische Vorschrift. Dadurch ergeben sich aber Probleme, um die Nullungsbedingungen einzuhalten. Zur Überwindung der voraussehbaren Schwierigkeiten sind gegenwärtig Versuche bei einem Überlandwerk und Kontakte mit den klassischen «Nullungs»-Ländern im Gange.

3. Sicherungen oder Schalter?

Das Hauptgewicht der heutigen Tagung liegt wohl auf dem Überstromschutz. Die Ablösung der Schmelzcharakteristiken von NHL-Sicherungen nach SEV-Norm durch solche nach internationaler Norm steht gegenwärtig zur Diskussion. Ausserdem haben sich in den letzten Jahren die Niederspannungs-Leistungsschalter stark entwickelt. Gegenwärtig befindet sich eine neue Generation von Leitungsschutzschaltern (LS-Schalter) mit Schaltleistungen von 10 und mehr kA und Nennströmen von einigen hundert Ampère in Einführung. Schliesslich haben einige Elektrizitätswerke ein gut begründetes Gesuch gestellt, auf den Kurzschlußschutz auf der Primärseite der Ortstransformatoren verzichten zu dürfen. Diese Entwicklung dürfte nicht nur zu einem grundsätzlichen Überdenken des Kurzschluss- und Überlastschutzes von Transformatoren und den wegführenden Niederspannungsleitungen führen, sondern erneut die Frage «Sicherungen oder Schalter?» im Niederspannungsbereich aufwerfen.

Während bei den Transformatoren der Überlastschutz, bzw. die mögliche thermische Ausnützung, im Vordergrund steht, geht es bei den Leitungen vorab um eine rasche Abschaltung im Kurzschluss- und im Erdschlussfall. Bei den vorherrschenden Niederspannungs-Strahlennetzen spielt die Verjüngung des Leiterquerschnittes gegen aussen hin eine wichtige Rolle. Anders als in den Hausinstallationen wird nicht konsequent bei jeder Querschnittänderung ein Überstromunterbrecher eingebaut. Dadurch wird zwar das Selektivitätsproblem erleichtert, doch haben die wenigen Überstromunterbrecher in einem Leitungszug sowohl sehr hohe als auch kleine Überströme wegzuschalten. Besonders schwierig ist es, bei Erdschlüssen gegen das Netzende hin eine rasche Abschaltung zu erwirken. Da in genullten Netzen bei einem Erdschluss oder einer Pol-Nulleiterberührung gefährliche Fehlerspannungen in die Hausinstallationen übertragen werden können, ist es nicht leicht, eine befriedigende Lösung zu finden.

Fig. 2
Beispiel der Kombination von Leistungsschaltern der Verwendungsarten P_1 und P_2



Bis anhin wurden in den Niederspannungsnetzen vorwiegend Schmelzsicherungen mit flinker Charakteristik eingesetzt. Beim Übergang auf die trägeren Charakteristiken nach der CEI-Norm 269-2 verringert sich der Bereich, in dem im Störungsfall eine Abschaltung erreicht wird. Da anderseits auf internationaler Ebene die Tendenz besteht, bei Erdschlüssen die Abschaltzeiten zu verkürzen und auch die zulässigen Fehler- bzw. Berührungsspannungen zu vermindern, muss entweder nach neuen Schaltmitteln oder nach einem neuen Netzaufbau gesucht werden.

Vorab bietet sich die Fehlerstrom-Schutzschaltung anstelle der Nullung an. Dadurch liesse sich das Problem der Isolationsdefekte in den Häusern, jedoch nicht im Netz lösen. Es könnten also nach wie vor über den Nulleiter gefährliche Berührungsspannungen in die Hausinstallationen eingeschleppt werden. Aus diesem und auch noch aus anderen Gründen scheint es mir zweckmässig, die bisherige Praxis, Nullung oder Schutzerdung mit FI-Schaltern zu kombinieren, beizubehalten.

Eine andere Lösung wäre, auf Leistungsschalter überzugehen. Bekanntlich sind jedoch die Bimetallauslöser träger als träge Schmelzsicherungen, so dass nicht ohne weiteres eine Verbesserung erzielt wird. Es könnte natürlich auf den thermischen Auslöseteil verzichtet werden. Dadurch ergäben sich wiederum Selektivitätsprobleme. Immerhin ist darauf hinzuweisen, dass «schnellere» und «langsamere» Schalter gebaut werden. Bei geschickter Kombination verschiedenartiger Überstromunterbrecher liesse sich unter Umständen eine Lösung finden. Allerdings darf zur Beurteilung der Selektivität nicht mehr die Auslösestrom-Zeitcharakteristik benützt werden, sondern es sind die Stromquadrat-Zeitwerte in Abhängigkeit des Kurzschlußstromes miteinander zu vergleichen (siehe Fig. 1).

Nebst der Technik spielen auch die Kosten eine wichtige Rolle. Auch diesbezüglich lohnt es sich vielleicht, neue Vergleiche anzustellen. Es ist übrigens noch wenig bekannt, dass nach der Publikation CEI 157-1 Leistungsschalter für zwei

verschiedene Verwendungszwecke hergestellt werden können. Im Ausland wird von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht. Da in der Schweiz, wenigstens nach den HV, die Voraussetzungen für die Verwendung beider Schalterarten fehlen, kam bisher praktisch nur die Schalterart P_2 zur Anwendung. Die beiden Schalterarten unterscheiden sich in den Anforderungen an den zu bewältigenden Abschaltstromzyklus. Bei der Schalterart P_1 wird mit dem angeschriebenen Kurzschlußstrom der Schaltzyklus «aus» – «ein» – «aus» verlangt, wobei der Schalter anschliessend nur noch bedingt gebrauchsfähig sein muss. Die Schalterart P_2 hat den Zyklus «aus» – «ein» – aus» – «ein» – «aus» einwandfrei zu bewältigen. Bei geschickter Kombination beider Schalterarten kann vielfach eine ausreichende Sicherheit erreicht werden. Ein Anwendungsbeispiel zeigt Fig. 2. Danach bildet der Schalter P_2 eine Reserve für den allfällig nicht mehr funktionstüchtigen Schalter P_1.

Es besteht noch vielerorts die Auffassung, die Schmelzsicherung sei wegen ihres einfachen Aufbaus problemlos und deshalb dem Schalter vorzuziehen. Wie jedoch bereits die wenigen Hinweise gezeigt haben mögen, kann eine solche Simplifizierung zu Fehlentscheiden führen. Vielmehr müssen bei Sicherungen und Schaltern verschiedene ihrer Eigenschaften hinreichend bekannt sein, damit eine dem Sicherheitsbedürfnis entsprechende Wahl getroffen werden kann. Nebenbei bemerkt, sind auch die Abmessungen zu berücksichtigen.

4. Überspannungsschutz

Seit Jahren werden in den Niederspannungs-Freileitungsnetzen Ventilableiter eingebaut, um bei Gewittern Schädigungen in den angeschlossenen Häusern zu vermeiden. Im grossen und ganzen genügt dieser Überspannungsschutz auch heute noch. An Orten, wo elektronische Geräte vorhanden sind, besteht hingegen das Bedürfnis nach rascher wirkenden Ableitern. Bereits seit einiger Zeit befinden sich denn auch Ableiter im Handel, die bereits im Nanasekunden-Bereich ansprechen. Ihr Ableitvermögen ist aber oft zu gering, oder das Ansprechen führt zu einer Ausschaltung des geschützten Anlageteils. Es sollen nun aber Ableiter in Erprobung sein, die diese Mängel nicht mehr aufweisen. Somit scheint eine weitere Verbesserung des Überspannungsschutzes bevorzustehen.

Adresse des Autors
E. Homberger, Oberingenieur des Eidgenössischen Starkstrominspektorates, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.

Schutzmassnahmen gegen indirektes Berühren

Von U. Meyer

Im Referat werden die gebräuchlichen Schutzsysteme in den Niederspannungsanlagen beschrieben. Dabei wird auf die Neuerungen im Revisionsentwurf des Abschnittes «Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen» der Starkstromverordnung sowie auf internationale Vorschriften hingewiesen. Die Korrosionserscheinungen an Erdern werden behandelt und Verbesserungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Es wird auf die immer wieder auftretenden Probleme der verschiedenen Schutzsysteme eingegangen, und es werden Beispiele für deren Lösung aufgezeigt. Die Möglichkeiten des Potentialausgleichs werden diskutiert und dessen Vorteile besprochen.

L'exposé traite des systèmes de protection usuels utilisés dans les installations à basse tension. Ceux-ci sont décrits avec mention des innovations prévues dans le projet de révision de l'ordonnance sur les installations électriques à courant fort (nouveau chapitre intitulé: Protection contre une dangereuse tension influente) ainsi que des prescriptions internationales.

Les phénomènes de corrosion aux prises de terre font l'objet d'un examen et des améliorations sont proposées. Les difficultés qui ne cessent de survenir aux différents systèmes de protection sont également analysées et des solutions pour y remédier sont présentées. Les possibilités de liaisons équipotentielles sont aussi examinées et les avantages en sont montrés.

1. Einleitung

Der Ausdruck «indirektes Berühren» stammt aus dem CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 224 und ist, zusammengefasst, etwa wie folgt definiert:

Gefährliche Berührung durch Personen von zugänglichen leitfähigen Teilen, die nicht aktiv (nicht stromführend) sind, oder von leitfähigen Teilen, die nicht Teile der elektrischen Anlage sind, im Fehlerfall jedoch Spannung annehmen können.

Zur Gewährleistung der Sicherheit in der Niederspannungsversorgung müssen in den Abnehmeranlagen die richtigen Schutzmassnahmen getroffen werden.

Artikel 16 des Revisionsentwurfes des Abschnittes «Schutz gegen gefährliche Berührungs- und Schrittspannungen» der Starkstromverordnung – im folgenden nur noch als Revisionsentwurf benannt – schreibt vor:

«In Wechselstrom-Niederspannungsverteilnetzen ist ein Punkt des Systems zu erden.
In Drehstromnetzen ist es in der Regel der Sternpunkt.»

Der erste Buchstabe weist auf die Beziehung des Systems zur Erde hin, wobei T die direkte Verbindung eines Punktes mit der Erde, I ein von Erde isoliertes System bedeutet. Folglich erfüllen nur die beiden Systeme TN und TT die Bedingungen gemäss Artikel 16.

Die Erdung des Systems soll in erster Linie Schutzzwekken dienen. Durch sie und die entsprechende Schutzmassnahme in den Hausinstallationen (zweiter Buchstabe in der Systembezeichnung) soll vermieden werden, dass bei Erdschlüssen oder Erdkurzschlüssen in elektrischen Anlagen und ihrer Umgebung gefährliche Spannungsdifferenzen zwischen berührbaren, leitfähigen Teilen oder zwischen diesen und der Erde auftreten können.

Gleichermassen sollen aber auch atmosphärische Überspannungen abgeleitet und eindeutige Spannungsverhältnisse gegen Erde geschaffen werden.

Die Fig. 1 zeigt die drei Möglichkeiten zur Einteilung der Niederspannungsnetze.