

**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:** 65 (1974)

**Heft:** 18

**Artikel:** Auswirkungen fehlender Sternpunktterdung auf die Schalterbeanspruchung in normalerweise wirksam geerdeten Hochspannungsnetzen

**Autor:** Marty, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915456>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

# Auswirkungen fehlender Sternpunktterdung auf die Schalterbeanspruchung in normalerweise wirksam geerdeten Hochspannungsnetzen

Von J. Marty

621.316.1.027.3 : 621.316.57.052.333

Wenn in grundsätzlich starr geerdeten Netzen zwecks Reduktion der Erdkurzschlußströme einzelne Transformatoren mit isoliertem Sternpunkt betrieben werden sollen, gilt es zu beachten, dass bei bestimmten Schaltfällen eine wiederkehrende Spannung über den Leistungsschaltern auftritt, die bis zu 33 % höher sein kann als es der Fall ist, wenn alle Transformatorsternpunkte direkt geerdet sind. Daraus resultiert für die betroffenen Leistungsschalter neben den erhöhten Anforderungen an das Schaltvermögen auch eine erhöhte Beanspruchung der äusseren Isolation Eingang-Ausgang. Dies führt zu aufwendigeren Schaltgeräten, sofern nicht durch spezielle Massnahmen wie z. B. Sternpunktsschalter dafür gesorgt wird, dass bei diesen kritischen Schaltfällen stets der Sternpunkt der Speiseseite geerdet ist.

Lorsque dans des réseaux mis en principe directement à la terre, certains transformateurs doivent fonctionner avec point neutre isolé, dans le but de réduire les courants de défaut à la terre, il faut tenir compte du fait que, dans certaines conditions, il apparaît aux disjoncteurs une tension de rétablissement qui peut être jusqu'à 33 % plus élevée que lorsque tous les points neutres des transformateurs sont mis directement à la terre. Il en résulte pour les disjoncteurs en question une plus forte sollicitation, non seulement de leur pouvoir de coupure, mais aussi de l'isolation extérieure entre entrée et sortie. On est alors obligé d'avoir recours à des appareils de couplage plus coûteux, à moins de veiller, par des dispositions spéciales, telles que disjoncteur de point neutre, à ce que le point neutre côté alimentation soit toujours mis à la terre dans ces cas critiques de couplage.

## 1. Einleitung

Die Art der Sternpunktterdung in Hochspannungsnetzen beeinflusst im Fehlerfall wesentlich sowohl die Spannungs- als auch die Strombeanspruchungen der Leiter und Geräte [1]<sup>1)</sup>. So ermöglicht die direkte Erdung der Transformatorsternpunkte die Anwendung eines reduzierten Isolationsniveaus, ist aber gleichzeitig mit dem Nachteil grosser Erd-schlußströme verbunden. Trotz der sich daraus ergebenden Erdungsprobleme [2] hat man bisher in der Regel bei Netzspannungen von 145 kV und darüber die direkte Erdung der Transformatorsternpunkte angewandt.

Ein Vorteil dieser Betriebsart wird im allgemeinen wenig beachtet, dass nämlich die Schaltgeräte bei bestimmten

Schaltfällen spannungsmässig erheblich weniger beansprucht werden als bei isoliertem Netzbetrieb. Dies wirkt sich bei den heute allgemein üblichen Vielfachunterbrechungsschaltern direkt auf die Anzahl der notwendigen Unterbrechereinheiten bei einer gegebenen Systemspannung aus.

Wenn man heute insbesondere in der Nähe grosser Kraftwerke zur Begrenzung der mit der Kurzschlussleistung gestiegenen Erdkurzschlußströme dazu übergeht, bei einzelnen Transformatoren die Sternpunktterdung wegzulassen, kann der Fall auftreten, dass einzelne Teile eines grundsätzlich starr geerdeten Netzes vorübergehend vom Gesamtnetz abgetrennt und somit isoliert betrieben werden [3]. Die daraus resultierende erhöhte Schalterbeanspruchung bei bestimmten Schaltfällen soll im folgenden mit der Beanspruchung im starr geerdeten Netz verglichen werden.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

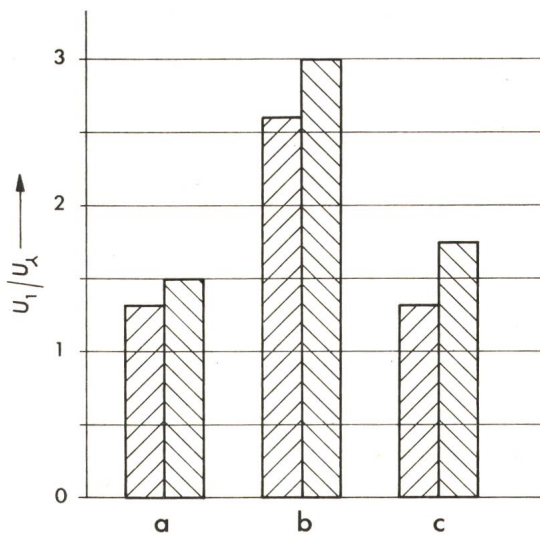


Fig. 1 Vergleich der netzfrequenten wiederkehrenden Spannung  $U_1$  über dem erstlöschenden Pol eines Leistungsschalters bei direkt geerdetem und isoliertem Sternpunkt der Speiseseite bezogen auf die Phasenspannung  $U_\lambda$

- a) dreiphasiger Kurzschluss mit Erdberührung
- b) Phasenopposition
- c) Ausschalten einer leerlaufenden Leitung mit Erdschluss auf einer Phase

- direkt geerdetes Netz
- isoliertes Netz

## 2. Auswirkung auf die Spannungsbeanspruchung der Schaltstrecke des Leistungsschalters (innere Isolation)

### a) Dreiphasiger Kurzschluss mit Erdberührung

Im direkt geerdeten Netz beträgt die Höhe der wiederkehrenden Spannung über dem erstlöschenden Pol höchstens das 1,3fache der Phasenspannung. Bei fehlender Erdung des Systemsternpunktes der Speiseseite erreicht die Spannung über der Schaltstrecke jedoch den 1,5fachen Wert der Phasenspannung. Dies entspricht einer Erhöhung von 15 % (Fig. 1a).

### b) Phasenopposition

Bei direkter Erdung der Sternpunkte beider Seiten kann die wiederkehrende Spannung über dem Schalter bei diesem Schaltfall höchstens den 2,6fachen Wert der Phasenspannung erreichen. Fehlt die Sternpunktterdung, sind Spannungswerte bis zum 3fachen Wert möglich. Der entsprechende Schalter kann somit bis zu 25 % höher beansprucht sein (Fig. 1b). Da vorzugsweise Maschinentransformatoren nicht geerdet werden, ist dieser Schaltfall von einiger Bedeutung.

### c) Dreiphasiges Ausschalten einer leerlaufenden Übertragungsleitung mit Erdschluss auf einer Phase

Dieser Schaltfall ergibt von den drei betrachteten Fällen bei fehlender Sternpunktterdung für den Schalter die grösste

Spannungserhöhung gegenüber den Verhältnissen im geerdeten Netz. Bei direkter Sternpunktterdung erscheint über den Schalterpolen der beiden ungestörten Phasen eine wiederkehrende Spannung, die im Extremfall (bei Erdungsfaktor 0,8) der 1,3fachen Phasenspannung entsprechen kann. Fehlt die Sternpunktterdung des speisenden Netzes, so erscheint die verkettete Spannung über der Schaltstrecke. Die Erhöhung beträgt somit mindestens 33 % (Fig. 1c).

### 3. Auswirkungen auf die Spannungsbeanspruchungen der äusseren Isolation Eingang-Ausgang

Mit der Überarbeitung der CEI-Publikation 56(1971) wird neu neben der Wechselspannungsprüfung 1 min und der Blitzstossprüfung bei Betriebsspannungen ab 300 kV eine sog. Schaltstossprüfung empfohlen. Einer Stosshaltespannung von 1050 kV (Stoss 1,2 | 50  $\mu$ s) entspricht dabei eine Prüfspannung Eingang-Ausgang von 945 kV Schaltstoss. Es ist vorgesehen, dass diese Prüfung auch auf 245-kV-Material ausgedehnt wird. Der zu dieser Betriebsspannung gehörenden Blitzstossprüfung von 950 kV dürfte dabei eine Schaltstossprüfspannung von 800...850 kV zugeordnet werden. Dieser Prüfwert muss entsprechend der CEI-Publ. 71 (Isolationskoordination) [4] einen genügenden Sicherheitsfaktor gegenüber den höchstmöglichen Schaltüberspannungen aufweisen. Dieser Sicherheitsfaktor liegt in der Grössenordnung von 10 %, wenn man ein Risiko eines Überschlages  $R \leq 10^{-3}$  voraussetzt.

In Fig. 2 sind die möglichen Scheitelwerte der wiederkehrenden Spannung für die hier in Abschnitt 2 behandelten Schaltfälle bei einer Betriebsspannung von 245 kV wiederum für direkt geerdeten und isolierten Sternpunkt eingezeichnet. Im Falle c (leerlaufende Leitung) ist eine Spannungserhöhung auf 275 kV infolge Lastabwurf mit berücksichtigt. Aus der Figur geht hervor, dass das Ausschalten eines dreiphasigen Kurzschlusses für den Schalter offensichtlich unkritisch ist. Hingegen kann bei Phasenopposition die Spannung über

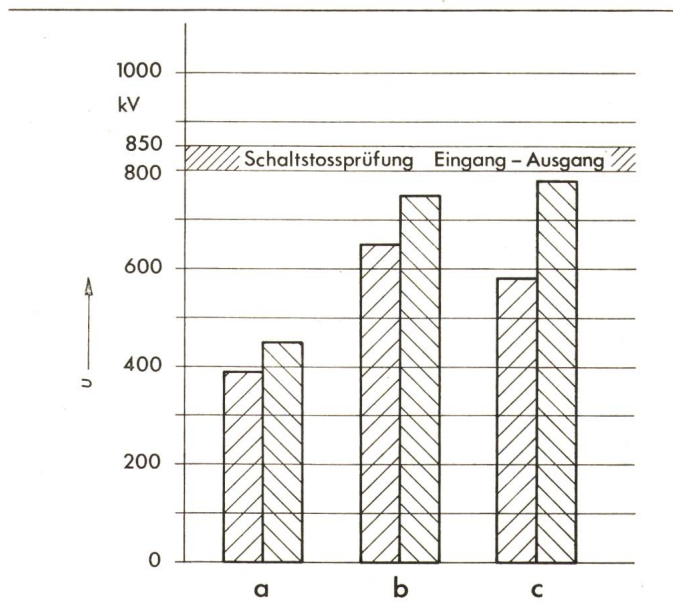


Fig. 2 Vergleich der Scheitelwerte der transienten wiederkehrenden Spannung über dem erstlöschenden Pol eines Leistungsschalters bei 245 kV mit der vorgesehenen Prüfspannung Eingang-Ausgang (Schaltstossprüfung)

u Scheitelwert der Spannung

▨ direkt geerdetes Netz

▩ isoliertes Netz

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

dem Schalter mit isoliertem Sternpunkt bis zu 94 %, beim Ausschalten einer leerlaufenden Leitung bis zu 97,5 % der Prüfspannung mit Schaltstoss erreichen. In Anwendung der CEI-Publikation 71 ist somit unabhängig vom Schaltvermögen des Schalters ein Typ mit dem nächsthöheren Isolationsniveau 1050 kV Blitzstossprüfung und 945 kV Schaltstossprüfung notwendig.

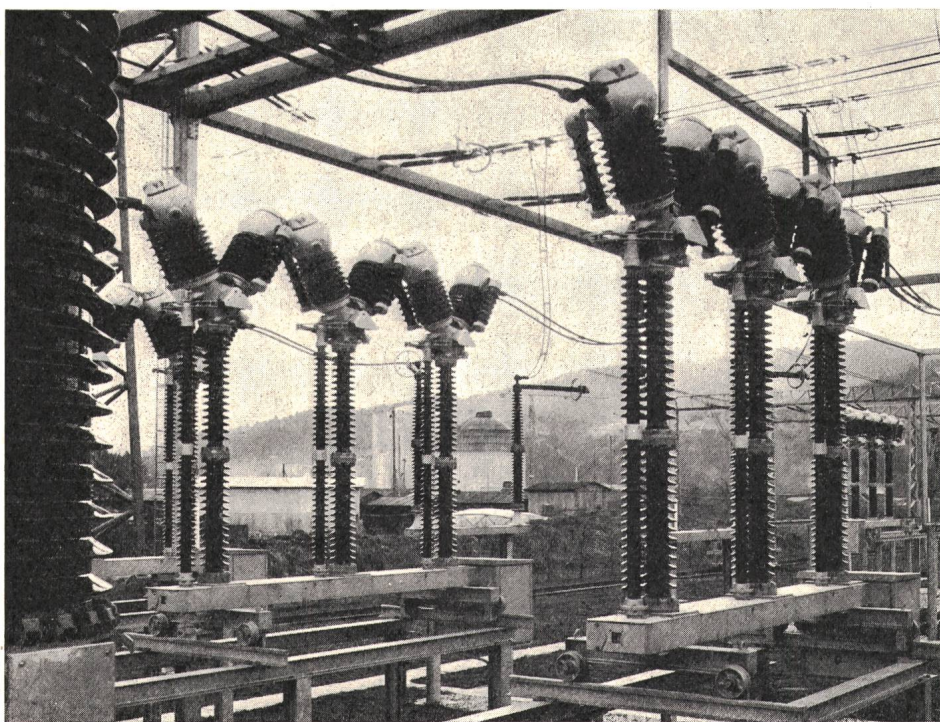


Fig. 3 Schaltgruppe der 245-kV-Leistungsschalter für 50 kA im Kernkraftwerk Beznau der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG

#### 4. Schlussfolgerungen

Das Weglassen der Sternpunktterdung in einzelnen Netzpunkten eines grundsätzlich starr geerdeten Netzes stellt eine der Möglichkeiten dar, die Höhe der Erdschlußströme zu reduzieren. Bei der Anwendung dieser Massnahme ist jedoch zu beachten, dass daraus bei gewissen Schaltfällen neben der erhöhten Beanspruchung der Erdisolation der betroffenen Netzteile auch eine Erhöhung der wiederkehrenden Spannung bis zu 33 % für die Leistungsschalter resultiert. Diese müssten folglich sowohl bezüglich Schaltvermögen als auch bezüglich Isolationsniveau Eingang-Ausgang höher dimensioniert werden, als es für starr geerdete Netze notwendig ist. Dies führt notwendigerweise zu aufwendigeren Schaltgeräten, womit mindestens hier die kostenmässigen Vorteile direkter Sternpunktterdung teilweise verlorengehen.

Eine Möglichkeit, diese Nachteile zu umgehen bietet die Anwendung von Sternpunktschaltern, wie sie im Kernkraftwerk Beznau der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) angewandt werden und in [3] beschrieben sind.

Die dort getroffenen Massnahmen gewährleisten ein einwandfreies Funktionieren der unter der Voraussetzung direkter Sternpunktterdung installierten 245-kV-Leistungsschalter (Fig. 3). Heute wäre auf Grund der inzwischen erfolgten Fortschritte in der Schalterentwicklung bei der in [3] beschriebenen Verwendung von Sternpunktschaltern ein ähnlicher Schaltertyp mit 4 statt 6 Unterbrechungsstellen verfügbar, was bei Neuprojektierungen eine nicht unwesentliche Kostenersparnis ergibt.

#### Literatur

- [1] G. Funk: Strom- und Spannungsbeanspruchungen von Hochspannungsnetzen je nach Art der Sternpunktterdung. ETZ-A 79(1958)2, S. 46...52.
- [2] E. Homberger: Die Erdung im modernen Hoch- und Niederspannungsnetz. Bull. SEV 61(1970)4, S. 187...191.
- [3] H. Hartmann: Der Einbau von Sternpunktschaltern aus der 220-kV-Seite der Blocktransformatoren in den Kernkraftwerken Beznau-Döttingen. Bull. SEV/VSE 65(1974)18, S. 1335...1340.
- [4] Coordination de l'isolement. Publication de la CEI No. 71, cinquième édition, 1972.

#### Adresse des Autors:

J. Marty, Sprecher & Schuh AG, Aarau, Hochspannungsfabrik, 5036 Oberentfelden.

## Literatur – Bibliographie

«Der Elektromonteur». Dieses Jahr feiert die Zeitschrift «Der Elektromonteur» ihr 25jähriges Bestehen. Die aus diesem Grund erschienene Jubiläumsnummer enthielt erstmals eine neue Rubrik «Elektro-Nachrichten», die inskünftig beibehalten werden soll.

Die Jubiläumsnummer verdient grosse Beachtung, da sie im Inhalt ihren Lesern vielfältige Orientierung, bei sehr guter Aufmachung bietet.

621.317.333.8

**Stoßspannungs-Messtechnik.** Von A. M. Ašner. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1974; 8°, VII/115 S., Fig., Tab. Ln.

Das vorliegende Buch schliesst eine Lücke der Reihe von Büchern über Hochspannung (Roth, Schwab, Rüdenberg u. a.) des Springer-Verlags.

In vier Kapiteln – «Die Messung hoher Stoßspannungen und Ströme – Die Stossprüfung von Transformatoren – Die Prüf- und Messtechnik hoher Schaltüberspannungen – Schaltungen für kombinierte Stoßspannungs- und Stromversuche», wird das ganze Teilgebiet der Hochspannungs-Versuchstechnik behandelt.

Im Kapitel 1 sind, wie in so vielen anderen Publikationen, die Probleme rund um den Hochspannungsteiler beschrieben. Bei diesem Teil greift der Autor auf seine Dissertation zurück. An Stelle der Beschreibung des Kaltkathodenoszillographen wäre es begrüssenswert, wenn neben der Beschreibung der heute allgemein angewendeten Kathodenstrahloszillographen nach dem Echtzeitverfahren, auch die neue Generation mit digitalisierter Speicherung und Ausleseverfahren beschrieben worden wäre.

Praktiker und Studierende möchten den Abschnitt über die experimentelle Bestimmung des Übertragungsfehlers mit einem praktischen Beispiel abgerundet sehen. Das Kapitel über die Stossprüfung an Transformatoren hätte etwas mehr mit den Erfahrungen des Verfassers betreffend die Fehlerdetektion bereichert werden können.

Für Stoßspannungstechniker, ob Anfänger oder Spezialisten, wird dieses Buch trotzdem ein gern konsultiertes Nachschlagewerk sein.

Die an jedem der vier Kapitel sich anschliessende Literatur bildet eine Fundgrube. Dass die neueste Literatur, diejenige nach 1968, nicht aufgenommen werden konnte, ist vermutlich der

Vorbereitungszeit bis zur Herausgabe zuzuschreiben. Es fehlen somit die Angaben über die neueren Publikationen von Creed, Collins, Feser u. a.

Das Buch sollte in der Handbibliothek jedes Stossprüffeldes vorhanden sein.

D. Kraaij

62-523.8

SEV-Nr. A 118

**Elektronische Steuerungstechnik.** Grundlagen, Bausteine und Systeme in einer Darstellung für den Praktiker. Von W. Heep. AEG-Telefunken-Handbücher Bd. 18. Berlin, Elitera-Verlag, 1974; 8°, 212 S., 200 Fig., Preis: gb. DM 32.50.

In der Reihe der AEG-Telefunken-Handbücher ist als Band 18 die «Elektronische Steuerungstechnik» erschienen. Der Untertitel lautet: Grundlagen, Bausteine und Systeme in einer Darstellung für den Praktiker. Die stürmische Entwicklung der letzten Jahre, vor allem auf dem Gebiet der integrierten Schaltungen, hat die Steuerungstechnik in einem noch vor etlichen Jahren ungeahnten Mass beeinflusst, ja in vielen Fällen überhaupt erst ermöglicht.

Das leichtfasslich geschriebene Buch gliedert sich in fünf Abschnitte. Als erstes werden Merkmale und Aufgaben der Prozesslenkung erläutert und die Grundbegriffe des Steuerns und Regeln definiert. Die Grundlagen der Steuerungstechnik erläutern den Unterschied zwischen analogen und digitalen Steuerungssignalen, deren Codierung und die damit möglichen Steuerfunktionen. Aus den logischen Grundfunktionen werden die Regeln der Schaltalgebra abgeleitet und die Realisierung mit digitalen Grundbausteinen erläutert, die Schaltkreisfamilien besprochen und der Operationsverstärker beschrieben. Der dritte Abschnitt behandelt die Bausteine der Steuerungstechnik, wie Messwertgeber, Signalgeber, digitale und analoge Funktionsbausteine, Digital-Analog- und Analog-Digitalumsetzer. Der Prozesslenkung mit freiprogrammierbaren Digitalrechnern ist der vierte Abschnitt gewidmet. Der fünfte Abschnitt mit dem Titel «Systemtechnik» befasst sich mit dem Aufbau von Funktionseinheiten, Geräten und Anlagen und deren Funktionssicherheit.

Aus dem ganzen Werk spricht die Erfahrung des Autors, die er bei der Entwicklung, Projektierung und Inbetriebnahme von industriellen Steuerungen erworben hat. Ein reichliches Literaturverzeichnis vervollständigt den ansprechenden Band, der aus der Praxis für die Praxis geschrieben wurde.

D. Kretz