

**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:** 75 (1984)

**Heft:** 12

**Artikel:** Wechselstrombrückenschaltung als selektiver Rotoerdschlussschutz

**Autor:** Neinens, Carl-August

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904425>

### **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:** 13.01.2026

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

# Wechselstrombrückenschaltung als selektiver Rotorerdschlussschutz

Zuschrift zum Aufsatz von T. Kornas in Bull. SEV/VSE 74(1983)23, S. 1328...1331

Den Artikel über Läufererdschlussschutzrelais für grosse Synchrongeneratoren habe ich mit Interesse gelesen. Der Nachteil der Wechselspannungsmessmethoden zur Läufererdschlusserfassung besteht insbesondere bei Maschinen mit umlaufendem Erregergleichrichter darin, dass in das Messergebnis die dielektrischen Verluste der Kapazitäten des Erregerkreises mit eingehen. Darüber hinaus gehen auch Phasenverschiebungen ein, die sich aus der Stelle der Ankopplung eines Erdschlusses im Erreger-Gleichrichterkreis ergeben und für die Güte der Isolation nicht relevant sind.

Diese Effekte ergeben bereits ohne Fehler fiktive Erdwiderstände, die bei einer Umrechnung parallel zur Erregerkreis-Erd-Kapazität eine Zehnerpotenz niedriger liegen können als der Isolationswiderstand des Erregerkreises. Dies führt auch dazu, dass die Einstellempfindlichkeit keineswegs linear zu tatsächlich parallel zur Läufer-Erd-Kapazität geschalteten Widerständen verläuft.

Durch diese Effekte ist eine Aussage über den tatsächlichen Läufererdschlusswiderstand und somit eine für diesen Fehler relevante Einstellung nicht möglich. Bei solchen Maschinen sind Schutzrelais vorzuzie-

hen, deren Arbeitsfrequenz klein ist, (1...2 Hz) gegenüber der Frequenz der Drehstromerregwicklung. Eine andere Möglichkeit besteht in Messprinzipien, die mit periodisch umgepolten Gleichspannungen arbeiten. Damit ist allerdings wiederum eine Empfindlichkeit gegenüber Verschiebungsströmen bei langsamen Ausgleichsvorgängen gegeben, die zum Beispiel bei Änderung der Erregerspannungen oder induktiven Rückwirkungen in den Läufer auftreten können. Diese müssen bei der Auslegung berücksichtigt werden, damit sie nicht durch die Nachschaltung von Zeitgliedern unterbunden werden müssen, die ein verzögertes Ansprechen auch im Fehlerfalle zur Folge haben.

## Erwiderung des Autors

Es freut mich, auf meinen Aufsatz ein Echo gefunden zu haben und zu erfahren, dass auch in anderen Ländern auf dem interessanten Gebiet des Generatorschutzes intensiv gearbeitet wird.

Der in meinem Aufsatz dargestellte Rotorerdschlussschutz wirkt auf der Grundlage einer Widerstands-Kapazitäts-Wechselstrombrücke. Diese Brücke ist für die Frequenz der Hilfsspannung 50 Hz, die der Frequenz des Wechselstromerregers gleich ist, abgeglichen. Im normalen Zustand (kurzschlussfreie Arbeit des Erregerkreises) erscheint an ihrem Ausgang ein gewisser Spannungsfehler  $\Delta U$ , dessen Wert grundsätzlich von zwei Komponenten abhängt, einerseits von den dielektrischen Verlusten der Kapazitäten und vom tatsächlichen Erdisolationswiderstand des Erregerkreises ( $\Delta U_1$ ), andererseits von der Güte der Brückenabgleichung ( $\Delta U_2$ ), d. h. von der Kapazitätsasymmetrie der Kondensatoren C und der Genauigkeitsklasse der Brückenelemente. Der Oberwellengehalt im Wechselstromerreg wird mittels eines Tiefpassfilters mit hinreichend schnellem Einschwingverhalten von der Messschaltung ferngehalten.

Der Momentanwert dieses Spannungsfehlers lässt sich folgenderweise darstellen:

$$\Delta u = \Delta u_1 \pm \Delta u_2 \quad (1)$$

Daraus ergibt sich, dass sich die beiden Komponenten auch teilweise kompensie-

ren können. Dieser Ausgangsspannungsfehler der Brückenschaltung kann ebenfalls durch geeignete Massnahmen minimiert werden.

Nach entsprechender Umformung der im Aufsatz dargestellten Gleichung (7) kann die Komponente des Spannungsfehlers  $\Delta U_1$  aus der Beziehung

$$\Delta u_1 = \frac{0,7 U}{\omega(3 C + C_E) R_v} \sin(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

ermittelt werden, wobei

- $U$  Hilfsspannung 50 Hz
- $R_v$  dielektrische Verluste der Kapazitäten und tatsächlicher Erdisolationswiderstand des Erregerkreises
- $C_E$  Rotorerdkapazität
- $C$  Überspannungsschutzkondensator
- $\omega$   $2\pi f$  Kreisfrequenz
- $\alpha$  Phasenverschiebung zwischen  $\Delta U_1$  und  $U$ .

Bei relativ kleinen Werten von  $R_v$  kann der Spannungsfehler  $\Delta U_1$  durch Einsetzen eines bestimmten, zum Kondensator  $C_1$  parallel geschalteten Widerstandes und nach entsprechender Korrektur der Widerstandswerte von  $R_1$  und  $R_2$  der Brückenschaltung (Fig. 1 im Aufsatz) wesentlich verringert werden. Man kann nachweisen, dass die zweite Komponente  $\Delta U_2$  des Spannungsfehlers aus folgender Gleichung errechnet werden kann:

$$\Delta U_2 = (\pm \delta C_A \pm \delta C_B \pm \delta C_C \pm \delta C_1 \pm \delta R_1 \pm \delta R_2)$$

$$[a U \sin(\omega t + \beta) \pm b \cdot E_{ph} \cdot \sin(\omega t + \gamma)] \quad (3)$$

- $E_{ph}$  Phasenspannung des Wechselstromerregers
- $\delta C_A, \delta C_B, \delta C_C$  Genauigkeitsklasse der an die einzelnen Phasen des Wechselstromerregers angeschlossenen Kondensatoren.
- $\delta R_1, \delta R_2, \delta C_1$  Genauigkeitsklasse der Brückenelemente
- $a, b$  Beiwerte
- $\beta$  Phasenverschiebung zwischen  $\Delta U_2$  und  $U$
- $\gamma$  Phasenverschiebung zwischen  $\Delta U_2$  und  $E_{ph}$

## Autor der Zuschrift

Dipl.-Ing. Carl-August Neinens, Hamburgische Electricitäts-Werke Aktiengesellschaft, Überseering 12, D-2000 Hamburg 60.

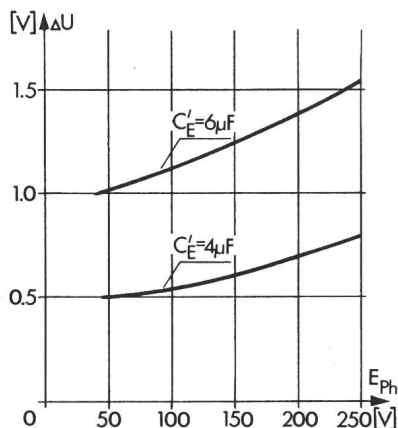


Fig. 1 Abhängigkeit des Spannungsfehlers der Brückenschaltung  $\Delta U$  von der Phasenspannung des Wechselstromerregers  $E_{Ph}$

Der Ausgangsspannungsfehler der betrachteten Brückenschaltung ist gemessen und für verschiedene Phasenspannungen des Wechselstromerregers  $E_{Ph}$  in Figur 1 dargestellt worden.

Grundsätzlich, dies ist zu betonen, soll die vorgestellte Brückenschaltung so dimensioniert werden, dass der resultierende Spannungsfehler möglichst klein bleibt, damit der Störabstand und somit auch die Selektivität und Empfindlichkeit des Schutzes relativ gross gewährleistet werden können.

Trotz der erschwerten Fehlerkompensation hat es sich gezeigt, dass diese Widerstandskapazitätsbrücke als Läufererdschlussschutz in dem uns interessierenden Bereich angewendet werden kann und einwandfrei funktioniert.

Hingegen ist zu bemerken, dass eine gewisse Entwicklungstendenz im Bereich derartiger Schutzrichtungen darauf ausgerichtet ist, den bisherigen Wert des Erdisolationswiderstandes, bei dem der Schutz ansprechen soll, zu ändern: Der Erdschluss im Läufer eines Generators tritt im Vergleich zu anderen Havariezuständen des Generators selten auf. Theoretische und praktische Untersuchungen lassen erkennen, dass bei heutigen Synchrongeneratoren, an welche hohe Forderungen bezüglich der Isolationsfestigkeit gestellt werden, die Erdschlüsse im Läufer vorwiegend durch mechanische Beschädigung der Isolation infolge der Anfahrten und Stillsetzungen hervorgerufen werden. Dabei treten starke mechanische Kräfte auf, die zu lokalen Verschiebungen der leitenden Stäbe der Läuferwicklung führen können. Die Folge davon sind plötzliche niederohmige Erdschlüsse im Läufer. Der Vorgang, wo ein Erdisolationswiderstand den Wert  $R_E = 1 \text{ k}\Omega$  stetig erreicht, auf den die bisher angewandten Schutzrichtungen eingestellt sind, existiert fast nicht.

Zu den anderen Messprinzipien zur Erfassung eines Erdschlusses im Läufer eines

Generators, die von Herrn C.-A. Neinens erwähnt worden sind, sei folgendes erwähnt: Bekannt ist mir der Läufererdschlussschutz Type 7 UR 20 von Siemens, der mit periodisch umgepolter Gleichspannung mit einer Tastfrequenz von 0,8 bis 1,8 Hz arbeitet. Dieser Schutz wird symmetrisch über zwei Widerstände von je 40 k $\Omega$  galvanisch an die Läuferwicklung angeschlossen. Bei zweiseitigem Anschluss wird die Gefahr von Kurzschlüssen zwischen Plus- und Minuspol des Läufers viel grösser sein, ferner steigt die Resonanzgefahr, wobei Schwingungen elektrischer und mechanischer Art auftreten können.

Wesentlich höhere Ansprüche an das zuverlässige Arbeiten des Rotorkreises stellen auch erhöhte Anforderungen an den Rotorerdschlussschutz. So soll der Anschluss dieses Schutzes direkt an den Erregerkreis von Synchrongeneratoren grosser Leistung mit Halbleitererregung aus Sicherheitsgründen in Zukunft vermieden werden. Es wird dazu allerdings ein neues Messkriterium zur Feststellung eines Erdschlusses im Erregerkreis brauchen.

#### Adresse des Autors

Dr.-Ing. Tadeusz Kornas, Institut für Energieelektrik, TH Wrocław, ul. Benedyktynska 17m.23, 50-350 Wrocław, Polen.

## Regeltechnik im Energiehaushalt von Gebäuden

Bericht über die Informationstagung des SEV und 55. Tagung der SGA mit dem Thema «Regeltechnik im Energiehaushalt von Gebäuden», die am 23. März 1984 an der ETH-Hönggerberg in Zürich stattfand.

Die mit der erfreulich grossen Beteiligung von gegen 350 Zuhörern durchgeführte Tagung richtete sich vor allem an Fachleute der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, ferner auch an Hersteller und Betreiber von haustechnischen Anlagen sowie an Architekten und Baufachleute.

Ziel der Veranstaltung war es, einerseits bauliche wie regeltechnische Aspekte in bezug auf den Energiehaushalt von Gebäuden aufzuzeigen und andererseits dem Teilnehmer ein Bild über den heutigen Stand, die Bedürfnisse und die Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Regelung und Steuerung in der Heizungs-Lüftungs-Klima-(HLK)-Technik zu vermitteln und regelungstechnische Energiesparmöglichkeiten aufzudecken.

In diesem Aufsatz wird anhand der gehaltenen Vorträge versucht, ein Bild über die Anforderungen an die Regelungstechnik im Hinblick auf ein energiebewusstes Bauen und die sich heute bietenden Möglichkeiten auf dem Gebiet elektronischer

Regelungen und Steuerungen zu entwickeln.

Die Regelung moderner Wärmeproduktionsanlagen in Gebäuden im Hinblick auf optimierten Energieverbrauch ist komplexer geworden, weil beispielsweise

- aufgrund der verbesserten Wärmedämmung rasch schwankende Änderungen der inneren Wärmelasten und der eingestrahelten Sonnenenergie als freie Wärme berücksichtigt und genutzt werden müssen,
- vermehrt örtliche und zeitliche Ab- und Einschaltungen der Energiezufuhr notwendig sind,

#### Adresse des Autors

Christoph Zürcher, Institut für Hochbautechnik, Abt. Bauphysik, ETHZ, 8093 Zürich.