

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 64 (1973)

Heft: 7

Artikel: Moderner Leitungsschutz mit statischen Distanzrelais und HF-Signalübertragung

Autor: Ungrad, H. / Zoller, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915534>

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: 23.02.2026

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

Moderner Leitungsschutz mit statischen Distanzrelais und HF-Signalübertragung

Von H. Ungrad und E. Zoller

Bei wichtigen Hochspannungs- und Höchstspannungsleitungen muss die totale Fehlerklärungszeit inkl. Auslösezeit der Leistungsschalter für alle Arten von Fehlern und für alle Fehlerorte unter ca. 80...100 ms bleiben, um sowohl Zerstörungen als auch Gefährdungen von Lebewesen auf ein Minimum zu begrenzen, Induktionen in Signalleitungen usw. zu vermeiden. Da ausserdem solche Leitungen sehr oft mit Seriekondensatoren ausgerüstet sind, starke Belastungen und Zwischeneinspeisungen aufweisen und grosse Länge haben, ist deren Schutz am besten durch ein Baukastensystem möglich, das eine individuelle Anpassung an das Schutzproblem mit genormten Grundbausteinen erlaubt. Ein solches System unter der Typenbezeichnung LZX5 und seine Zusammenarbeit mit der Hochfrequenzkopplung wird im nachfolgenden aufgezeigt.

Quand il s'agit d'importantes lignes à haute ou très haute tension, la durée totale d'élimination de défauts, y compris le temps de déclenchement des disjoncteurs, doit être inférieure à 80...100 ms, pour tous les genres et emplacements de défauts, afin de limiter au minimum les destructions et la mise en danger d'êtres vivants, d'éviter des inductions dans des lignes de signalisation, etc. Les lignes à haute tension étant en outre très souvent équipées de condensateurs en série, soumises à de fortes charges et présentant des points d'alimentation intermédiaires, ainsi que de grandes longueurs, leur protection peut être le mieux réalisée par un système d'éléments normalisés permettant une adaptation individuelle au problème considéré. Dans ce qui suit, on décrit un tel système portant la désignation de type LZX5, ainsi que sa coopération avec le couplage en haute fréquence.

1. Allgemeines

Aus zahlreichen Versuchen und Netzerfahrungen der letzten 20 Jahre geht hervor, dass in Hoch- und Höchstspannungsnetzen bei Fehlerklärungszeiten von 100 ms und darunter (Leistungsschalter-Auslösezeiten inbegriffen) die Zerstörungen so gering sind, dass meist nach kurzer Zeit der Betrieb wieder aufgenommen werden kann, und dass auch die Gefährdung von Lebewesen und die Induktionen in Signalkabeln noch in tragbaren Grenzen gehalten werden können. Daher besteht als Anforderung an einen modernen Leitungsschutz und Sammelschienschenschutz, dass alle Fehlerarten an allen Stellen des geschützten Objektes mit einer totalen Fehlerklärungszeit von etwa 80...100 ms abgeschaltet werden müssen. Somit verbleibt bei den heutigen Konstruktionen der Leistungsschalter für die Schutzeinrichtung eine totale Arbeitszeit von ca. 20...30 ms.

Da die Forderung nach einer totalen Fehlerklärungszeit unter 100 ms normalerweise auch erfüllt werden muss, wenn ein Element in der Wirkungskette ausfällt, ist eine Verdopplung dieser Wirkungskette zweckmäßig. Die Elemente, die dabei verdoppelt werden, sind die Relais, die Batterieanspeisung, die Anspeisung von den Spannungswandlern und die Stromwandlerkerne. Die Auslöseseignale sind nach Möglichkeit auf zwei Spulen des gleichen Leistungsschalters zu führen. Somit bleibt in der gesamten Wirkungskette des Schutzes nur ein Element, das für beide Ketten gemeinsam ist, und dies ist der Hauptmechanismus des Leistungsschalters. Fehler in diesem Bereich werden durch einen Schalterreserveschutz erfasst.

Die Forderung nach den erwähnten kurzen Abschaltzeiten für alle Fehlerorte und die Verwendung von Wiedereinschaltung führen dazu, dass die Relais an den beiden Leitungsenden durch Signalkupplungen verbunden werden müssen. Bei der erwähnten Ausführung mit Verdopplung aller wesentlichen Elemente ergibt sich für die Signalkupplung die gleiche Forderung; und diese wird meistens dadurch erfüllt, dass bei Doppelheiten ein Befehl über die geschützte Leitung, der zweite über die parallele Leitung übertragen wird.

In der kontinentaleuropäischen Technik werden für den Schutz dieser Leitungen Distanzrelais verwendet, so dass

heute praktisch alle wichtigen Leitungen pro Leitungsende zwei Sätze Distanzrelais mit den entsprechenden Signalkupplungen aufweisen. Die Verwendung von Distanzrelais hat den Vorteil, auch für die angrenzenden Schutzzonen noch einen Reserveschutz zu bieten; des weiteren werden die Signalkanäle für digitale Auslösebefehle benutzt, die absolut sicher, auch über eine fehlerhafte Leitung, übertragen werden können, und drittens arbeitet diese Schutzeinrichtung selbst dann noch, wenn aus irgendeinem Grund die Signalkupplung ausser Betrieb sein sollte. Darüber hinaus bieten Distanzrelais eine ausgezeichnete Möglichkeit, auch Leitungen mit Seriekondensatoren einwandfrei zu schützen [1; 2]!). Da solche Seriekondensatoren in Höchstspannungsnetzen immer häufiger eingebaut werden, stellt dies einen beachtlichen Vorteil dar.

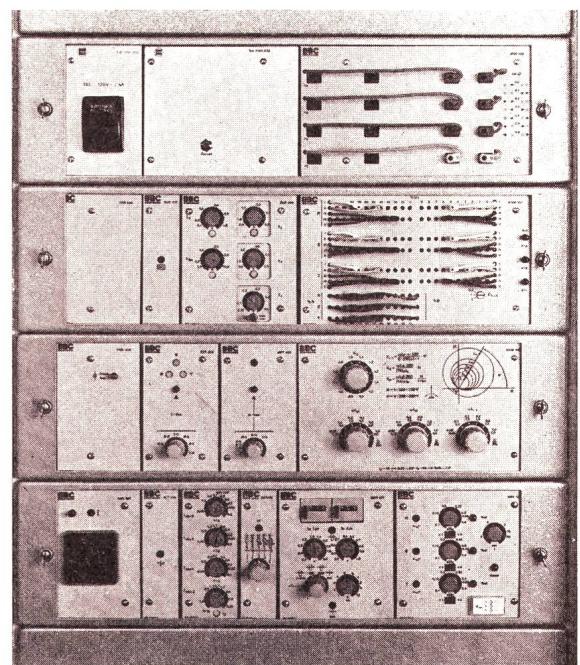


Fig. 1
Anordnung der Frontplatten des elektronischen Distanzrelais Typ LZX5

!) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Als Ausgangsbedingung für die Projektierung solcher Schutzeinrichtungen treten meistens relativ lange Leitungslängen, grosse Belastungen, hohe Fehlerwiderstände usw. auf. Dies bringt mit sich, dass für fast jedes dieser Projekte eine Anpassung des Schutzes notwendig wird. Da aus Gründen der Rationalisierung aber ein möglichst einheitlicher und in grossen Stückzahlen zu fabrizierender Gerätelpark erwünscht ist, liegt der Aufbau eines Baukastensystems nahe. Ein solches Baukastensystem von Brown Boveri trägt die Typenbezeichnung LZX5 und ist z. B. auf den 500-kV-Leitungen zur Anspeisung der Stadt Buenos Aires in Betrieb. Im weiteren soll auf die Konstruktion dieses Gerätes und seine Zusammenarbeit mit den Signalkupplungen hingewiesen werden.

2. Aufbau des elektronischen Distanzrelais Typ LZX5 für Hoch- und Höchstspannungsnetze

Der Einsatzbereich dieses Relais sind Hoch- und Höchstspannungsnetze, wo im Hinblick auf Netzstabilität, hohe Kurzschlussströme usw. eine sehr kurze Auslösezeit erforderlich ist. Diese kurze Auslösezeit wird für alle Kurzschlussarten längs der ganzen geschützten Strecke auch bei schlechter Einspeisung gewährleistet.

2.1 Anregung

Die Anregung erfolgt durch 6 Minimalimpedanz-Anregeorgane, die auch zur korrekten Phasenwahl bei einpoliger Wiedereinschaltung verwendet werden. Die Charakteristik dieser Anregerelais ist im R-X-Diagramm ein Mho-Kreis, wobei dieser Mho-Kreis in Leitungsrichtung verschoben werden kann oder durch eine einfache Einstellung zu einer Linse deformiert wird. Letztgenannte Möglichkeit ist besonders beim Schutz langer, stark belasteter Leitungen vorteilhaft. Von diesen 6 Anregerelais dienen 3 für die Erfassung von Phase-Phase-Fehlern und 3 für die Erfassung von Phase-Erde-Fehlern. Die Anregecharakteristik kann in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung getrennt eingestellt werden. Die ist besonders vorteilhaft bei den sog. Blocking-Schemes (Richtungsvergleich mit Übertragung eines Sperrsignals); selbstverständlich wird durch Einführung des Summenstromes die Verschiedenheit zwischen Phasenimpedanz und Erdimpedanz berücksichtigt (in Vorwärtsrichtung).

2.2 Meßsystem

Da bei den an die Messzeit gestellten Anforderungen eine Umschaltung der Meßsysteme nicht mehr in Frage kommt, sind für diese Relais 4 Meßsysteme vorgesehen, wovon 3 die Fehler gegen Erde und die dreipoligen Fehler erfassen, während das vierte die isolierten zweipoligen Kurzschlüsse erfasst. Wesentlich bei diesen Meßsystemen ist, dass die Richtung des Fehlers und die Entfernung zur Fehlerstelle durch eine einzige Messung mit Hilfe eines Leitungsabildes durchgeführt wird. Dadurch werden bereits weitgehend die Einflüsse von Oberwellen und Gleichstromkomponenten eliminiert. Darüber hinaus sorgen entsprechend dimensionierte Filter dafür, dass die dynamische Reichweite mit der statischen Reichweite übereinstimmt. Die Einschwingvorgänge bei Kurzschlussströmen werden immer bedeutungsvoller, und die Zeitkonstante der Gleichstromkomponente im Kurzschlussstrom steigt mit erhöhter Maschinenleistung. Es wird deshalb immer wichtiger, die Übereinstimmung der dynami-

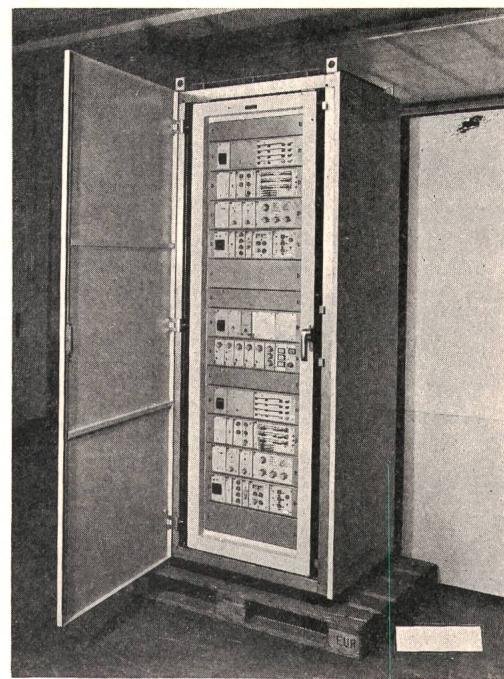


Fig. 2
Elektronischer Distanzschutz für zwei Leitungen und Reserveschutz
für den Kuppelschalter gemeinsam eingebaut in einem Schrank
Etagengruppe Mitte: Minimalimpedanzschutz Typ ZSX1
(Reserveschutz)
Etagengruppe unten: Distanzschutz LZX5 der Leitung 2

schen und statischen Ansprechwerte zu garantieren. Ein weiterer Vorteil der Kombination von Richtungs- und Entfernungsmessung in einem einzigen Element liegt darin, dass Umschlagstörungen, d. h. Fehler, die ihre Charakteristik im Laufe des Fehlervorganges verändern, stets einwandfrei erfasst werden.

Die Charakteristik aller dieser 4 Messelemente ist im R-X-Diagramm ebenfalls eine gerichtete, verschobene Mho-Charakteristik. Dadurch ergibt sich eine unbegrenzte Richtungsempfindlichkeit für alle asymmetrischen Fehler. Eine Erinnerungsschaltung sorgt für sofortige Auslösung bei sattem dreiphasigem Kurzschluss ohne Übergangswiderstand, auf den draufgeschaltet wird, wobei die Spannung völlig zusammenbricht. Da diese Erinnerung jedoch nur wirksam ist, wenn die Spannungswandler auf der Sammelschienenseite sind oder wenn die Relais auf den angrenzenden Leitungen angeordnet sind und daher vor dem Kurzschluss unter Spannung waren, so ist eine weitere Einrichtung vorgesehen, die bei nahen dreipoligen Kurzschlägen ohne Übergangswiderstand für eine Schnellauslösung sorgt. Dabei wird z. B. die Auslösebedingung von der Anregung und von einem Kontakt des Steuerschalters abgenommen.

Durch die Wahl der Messgrösse ist das Relais bei Pendelungen extrem sicher, da es erst ausschalten würde, wenn der Spannungsvektor am Relaiseinbauort gegenüber dem Spannungsvektor am Ende der geschützten Strecke um mehr als 90° verschoben ist. Dies ist in der Praxis äusserst selten der Fall.

Während für Betriebsströme die Charakteristik der 3 Messelemente zum Erfassen der Phase-Erde-Fehler und der dreiphasigen Fehler ein getreuer Mho-Kreis ist, werden diese unter Fehlerbedingungen zu einem gerichteten und verschobenen Mho-Kreis. Diese Charakteristiken gelten jedoch nur

in Auslöserichtung, während Fehler in Sperrichtung als Charakteristik ganz kleine Kreise, meistens im 3. Quadranten, aufweisen. Daher ist eine fehlerhafte Auslösung unmöglich, und ausserdem wird dadurch der Schutz von Leitungen mit Seriekapazitäten ermöglicht.

2.3 Zeitstufen

Das Relais besitzt 4 Distanzstufen und eine Endzeitauslösung. In das Relais sind ausserdem alle Geräte eingebaut, die für eine einphasige, ein- und dreiphasige oder eine dreiphasige Schnellwiedereinschaltung gebraucht werden. Die gewünschte Arbeitsart lässt sich durch einen eingebauten Wahlschalter einstellen.

2.4 Aufbau

Das Relais ist in Etagenkonstruktion entweder für Einbau in Schränke oder auch für separaten Ein- oder Aufbau konzipiert und gestattet alle Elektronikkreise mit Hilfe eingebauter Tasten zu überprüfen. Ausserdem können die Ansprechwerte mit dem auch für mechanische Distanzrelais geeigneten Prüfapparat Typ BB überprüft werden. Eingebaute optische Signale und Kontakte für Fernsignalisierung erlauben eine stetige Überwachung der Arbeitsweise dieses Relais.

Durch zwei verschiedene Parts kann das Distanzrelais für sämtliche Arten von Signalverbindungsschemata verwendet werden, z. B. für indirekte Fernauslösung, Verlängerung der ersten Stufe, Richtungsvergleich mit Übertragung eines Sperrssignals (Blocking), Richtungsvergleich mit der Übertragung eines Freigabesignals. Alle diese Methoden sind bereits in der Literatur beschrieben worden [4].

Die einzelnen Geräte, wie Anregerrelais, Messorgane, sind als steckbare Bausteine ausgeführt und können beliebig kombiniert werden. So kann z. B. ein zweiter Satz Meßsysteme (für Übergreifschaltung bei Leitungen mit Seriekondensatoren) zugefügt werden. Dadurch ergibt sich eine überaus nützliche Anpassungsfähigkeit.

3. Zusammenarbeit des Distanzrelais LZX5 mit der geeigneten Signalkupplung

Zeitgemäßer Leitungsschutz, der mit den schnellen elektronischen Distanzrelais LZX5 arbeitet, wird vorteilhaft durch Signalkupplungen ergänzt, mit deren Hilfe sich die Fehler, die im geschützten Bereich der Leitung auftreten, in der kürzest möglichen Zeit abschalten lassen. Diese Signalkupplungen werden durch Fernauslösegeräte gebildet, denen als Übertragungswege entweder Signal- oder Hochspannungsleitungen zur Verfügung stehen.

Da einerseits die verlangte kurze Fehlerklärungszeit von höchstens 100 ms, die durch das elektronische Distanzrelais LZX5 möglich gemacht wird, nicht wesentlich verlängert werden darf und da anderseits die Schutzbefehle mit der grösstmöglichen Verlässlichkeit zu übermitteln sind, werden an die Signalkupplung Forderungen gestellt, die sich zum Teil widersprechen.

Für jeden Anwendungsfall ist daher zu entscheiden, in welcher Weise diese Forderungen am besten erfüllt werden, wobei die Art der zu übertragenden Befehle und die Beschaffenheit der zu benützenden Übertragungswege gleichzeitig beachtet werden müssen.

Die verschiedenen lieferbaren Gerätetypen berücksichtigen diese Gegebenheiten.

4. Fernauslösegeräte

Die Geräte HSD 30 sind dann einzusetzen, wenn Hochspannungsleitungen die Übertragungswege bilden und wenn keine bereits bestehenden TFH-Verbindungen benützbar sind. Da eine Hochspannungsleitung hohe Störpegel aufweisen kann, werden die Befehle – es können sowohl direkte als auch indirekte Auslösebefehle sein – in Form codierter Signale übertragen.

Die Geräte NSD 30 bilden zusammen mit Signalleitungen geeignete Signalkupplungen zur Übertragung eines indirekten Auslösebefehls. Ein Signal/Geräusch-Detektor im Empfänger verhindert, dass durch Störungen Fehlauslösungen verursacht werden.

Die Geräte NSD 40 sind dazu vorgesehen, mit TFH-Geräten des Typs ETB oder ETC zusammenzuarbeiten, um einen oder zwei indirekte Auslösebefehle zu übertragen, was den Schutz von Doppelleitungen ermöglicht. Die beiden Befehle lassen sich unabhängig voneinander, also auch gleichzeitig übermitteln.

Die Geräte NSD 60 können sowohl mit TFH-Geräten des Typs ETB oder ETC zusammenarbeiten, um Hochspannungsleitungen als Übertragungswege zu benützen, oder aber an Signalleitungen angeschlossen werden. Signalkupplungen mit diesen Geräten übermitteln in jeder Richtung vier verschiedene direkte oder indirekte Auslösebefehle, die durch vier verschieden codierte Signale dargestellt werden. Die Länge des betreffenden Signales legt fest, ob es sich um einen direkten oder indirekten Auslösebefehl handelt.

Signalkupplungen dieser Art sind sehr verlässlich, da sie in jeder Richtung mit einem FM-Kanal und einem AM-Kanal arbeiten. Im FM-Kanal wird entweder das Ruhe- oder das Befehlssignal übertragen, und der AM-Kanal dient dem Piloten. Da Piloten und Befehlssignale einander ausschliessen, sind Falschbefehle und Befehlsverluste nahezu ausgeschlossen.

Die beschriebenen Fernauslösegeräte ergeben Signalkupplungen, die den Anforderungen des modernen Leitungsschutzes gerecht werden und die den vorliegenden Bedingungen bestmöglich entsprechen.

Literatur

- [1] *H. Ungrad*: Distanzrelais mit Signalauftragung als Grund- und Reserveschutz von Leitungen. Brown Boveri Mitt. 58(1971)7, S. 293...304.
- [2] *Téléprotection*. Édité par Cigré, Comités No. 34 46 35. Rapport du groupe de travail commun sur la téléprotection. Paris, Cigré, 1969.
- [3] *H. Ungrad*: Reserveschutz. Brown Boveri Mitt. 55(1968)6, S. 297...305.
- [4] *J. Gantner*: Brown Boveri Distanzschutz-Schaltungen mit Übertragung eines Signals zur Gegenstation. Brown Boveri Mitt. 55(1968)7, S. 365...371.
- [5] *W. Senn*: Fernauslösetechnik für den Leitungsschutz. Brown Boveri Mitt. 58(1971)7, S. 305...311.
- [6] *V. Narayan*: Distanzschutz von Hoch- und Höchstspannungs-Übertragungsleitungen. Brown Boveri Mitt. 58(1971)7, S. 276...286.
- [7] *V. Narayan*: Distanzschutz von Hochspannungsleitungen mit Reihenkondensatoren. Brown Boveri Mitt. 55(1968)7, S. 372...382.

Adresse der Autoren:

Dr.-Ing. *H. Ungrad* und *E. Zoller*, AG Brown, Boveri & Cie, 5400 Baden.