

Gerhard Ziegler

# Digitaler Distanzschutz

Grundlagen und Anwendungen

**SIEMENS**



Zweite Auflage

Ziegler Digitaler Distanzschutz



Dipl.-Ing. Gerhard Ziegler ist Jahrgang 1939 und arbeitete 35 Jahre auf dem Gebiet des Selektivschutzes bei der Siemens AG in Erlangen/Nürnberg. Seit 2002 ist er als Berater tätig.

Er war auf den Gebieten Produktbetreuung, Projektierung, Marketing und Vertrieb weltweit aktiv und hat zahlreiche nationale und internationale Beiträge zum Selektivschutz veröffentlicht.

Von 1993 bis 2001 war er deutscher Sprecher im IEC TC95 (Messrelais und Schutzeinrichtungen) und von 1996 bis 2002 Chairman im Studienkomitee 34 (Schutz und Stationsleittechnik) der CIGRE.

# Digitaler Distanzschutz

Grundlagen und Anwendung

von Gerhard Ziegler

2. Auflage, 2008

Publicis Corporate Publishing

---

Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Autor und Verlag haben alle Texte in diesem Buch mit großer Sorgfalt  
erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung  
des Verlags oder des Autors, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen.  
Die in diesem Buch wiedergegebenen Bezeichnungen können Warenzeichen  
sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der  
Inhaber verletzen kann.

[www.publicis-erlangen.de/books](http://www.publicis-erlangen.de/books)

**ISBN 978-3-89578-320-3**

2. Auflage, 2008

Herausgeber: Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München  
Verlag: Publicis Corporate Publishing, Erlangen  
© 2008 by Publicis KommunikationsAgentur GmbH, GWA, Erlangen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes  
ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt  
insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen,  
Bearbeitungen sonstiger Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung  
in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die Entnahme von einzelnen  
Abbildungen und bei auszugsweiser Verwendung von Texten.

Printed in Germany

---

# Vorwort

Zur ersten Auflage

Der Distanzschutz ist ein universell einsetzbarer Kurzschlusschutz. Er bildet die Basis des Netzschutzes in Übertagungsnetzen und in vermaschten Verteilungsnetzen. Klassische Distanzrelais in elektromechanischer oder statische Technik sind zwar noch in großer Zahl im Einsatz, Stand der Technik sind heute aber multifunktionale Mikroprozessorgeräte, die mit übergeordneten Leitsystemen kommunizieren und mit dem PC lokal oder von ferne bedient werden können.

Die Grundprinzipien des Distanzschutzes, sind in der neuen Technik auch weiterhin gültig. Die digitale Signalverarbeitung und die intelligenten Auswerteprogramme ermöglichen jedoch Messmethoden mit erhöhter Genauigkeit und Schutzverfahren mit verbesserter Selektivität. Die hohe Funktionsintegration und die dauernde Selbstüberwachung führen außerdem zu platzsparenden Schutzkonzepten und zu kostengünstigen Wartungsstrategien.

Das vorliegende Buch behandelt zunächst die allgemeinen Grundlagen des Distanzschutzes und geht dabei auf den besonderen Einfluss der Digitaltechnik ein. Den Schwerpunkt bildet die praktische Anwendung der digitalen Distanzrelais im Netz. Das Verhalten des Distanzschutzes unter verschiedenen Fehler- und Netzbedingungen wird dabei ausführlich analysiert. Verfahren und Formeln für die praktische Anwendung werden abgeleitet.

Da das Gerätedesign Hersteller-abhängig ist und sich relativ schnell verändern kann, wird auf Geräteausführungen nur eingegangen sofern dies für das allgemeine Verständnis erforderlich ist. Als Beispiel wird dabei die digitale Gerätereihe 7SA von Siemens hergenommen. Die grundlegenden Aussagen gelten jedoch auch für andere Fabrikate. Im Übrigen wird auf die Beschreibungen der Hersteller verwiesen.

Schließlich wird die gängige Praxis der Distanzschutzanwendung im EVU- und Industriebereich beschrieben. Die Wahl der Themen und Beispiele basiert dabei auf der mehr als dreißig-jährigen Erfahrung des Autors auf dem Gebiet des Selektivschutzes. Die Fragen und Probleme der Anwender haben insofern direkt oder indirekt zu diesem Buch beigetragen.

Das Buch wendet sich an Studenten und Jungingenieure, die sich in das Thema Distanzschutz und dessen Anwendung einarbeiten wollen, aber auch an praxiserfahrene Anwender, die den Einstieg in die digitale Distanzschutztechnik suchen. Es kann auch als Nachschlagewerk für spezielle Anwendungsprobleme hergenommen werden.

Nürnberg, Juli 1999

Gerhard Ziegler

# Vorwort

zur zweiten Auflage

Die erste Auflage erschien 1999 und wurde seitdem vielfach angewendet als Arbeitsbuch und Nachschlagewerk für die Theorie und Anwendung des digitalen Distanzschutzes. Die englische Ausgabe erscheint inzwischen in der 3. Auflage.

Die positive Resonanz hat Autor und Herausgeber bewogen diese neue Auflage vorzulegen.

Die Kapitel zur Wirkungsweise und Anwendung wurden nahezu unverändert beibehalten. Zum besseren Verständnis wurden jedoch zusätzliche Berechnungsbeispiele aufgenommen und eine Formelsammlung im Anhang ergänzt.

Wesentliche Änderungen betreffen die Geräteausführung und Systemtechnik.

Die technischen Daten, Kennlinien und Abbildungen der Geräte wurden dabei dem letzten Stand der Technik angepasst. Die Anwendung digitaler Kommunikation wird ausführlicher behandelt.

Nürnberg, März 2008

Gerhard Ziegler

---

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| <b>1 Einleitung</b>                                             | 10  |
| <b>2 Definitionen</b>                                           | 12  |
| <b>3 Wirkungsweise</b>                                          | 19  |
| 3.1 Grundlagen des Distanzschutzes                              | 19  |
| 3.1.1 Prinzip                                                   | 19  |
| 3.1.2 Relaisimpedanz (Sekundärimpedanz)                         | 20  |
| 3.1.3 Impedanzdiagramm                                          | 21  |
| 3.1.4 Distanzmessung                                            | 22  |
| 3.1.5 Richtungsbestimmung                                       | 27  |
| 3.1.6 Anregung (Fehlererkennung)                                | 29  |
| 3.1.7 Distanzzonen (-stufen)                                    | 39  |
| 3.1.8 Anrege- und Auslöselogik                                  | 42  |
| 3.1.9 Ein- und mehrsystemiger Distanzschutz                     | 46  |
| 3.1.10 Distanzschutz mit Kommunikation                          | 49  |
| 3.1.11 Pendelsperre, Pendelauslösung                            | 61  |
| 3.1.12 Distanzschutz mit Automatischer Wiedereinschaltung (AWE) | 66  |
| 3.1.13 Fehlerortung                                             | 72  |
| 3.1.14 Staffelpfad                                              | 77  |
| 3.2 Numerische Distanzmessung                                   | 87  |
| 3.2.1 Definition der Fehlerschleife                             | 87  |
| 3.2.2 Bestimmung der Schleifenimpedanz                          | 93  |
| 3.2.3 Numerische Impedanzberechnung                             | 98  |
| 3.3 Numerische Richtungsbestimmung                              | 108 |
| 3.3.1 Richtungsbestimmung mit kurzschlussgetreuen Spannungen    | 108 |
| 3.3.2 Richtungsbestimmung mit kurzschlussfremden Spannungen     | 110 |
| 3.3.3 Richtungscharakteristik im Impedanzdiagramm               | 112 |
| 3.3.4 Wahl der kurzschlussfremden Spannungen                    | 114 |
| 3.3.5 Einfluss der Lastübertragung                              | 115 |
| 3.3.6 Einsatz von Spannungsspeichern                            | 118 |
| 3.3.7 Adaptive Richtungsbestimmung                              | 119 |
| 3.4 Kreischarakteristiken in numerischer Technik                | 120 |
| 3.4.1 MHO-Kreis                                                 | 121 |
| 3.4.2 Polarisierter MHO-Charakteristik                          | 122 |
| 3.4.3 Lasteinfluss auf den polarisierten MHO-Kreis              | 126 |
| 3.4.4 MHO-Kreis mit gespeicherten Spannungen                    | 129 |
| 3.5 Distanzmessung, Einflussgrößen                              | 129 |
| 3.5.1 Fehlerwiderstand                                          | 129 |
| 3.5.2 Zwischeneinspeisungen                                     | 148 |

|          |                                                                      |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.3    | Parallelleitungen                                                    | 152        |
| 3.5.4    | Distanzschutz an Transformatoren                                     | 164        |
| 3.5.5    | Leitungsunsymmetrie                                                  | 174        |
| 3.5.6    | Serienkompensation                                                   | 186        |
| <b>4</b> | <b>Geräteausführung</b>                                              | <b>195</b> |
| 4.1      | Multifunktionale Mikroprozessorgeräte                                | 195        |
| 4.2      | Gerätedesign                                                         | 197        |
| 4.3      | Hauptmerkmale und Integrierte Funktionen                             | 199        |
| 4.4      | Anschlussschaltung                                                   | 204        |
| 4.5      | Kommunikation mit Relais                                             | 207        |
| 4.6      | Bedienung                                                            | 209        |
| <b>5</b> | <b>Anwendung</b>                                                     | <b>212</b> |
| 5.1      | Allgemeine Gesichtspunkte                                            | 212        |
| 5.1.1    | Anwendungskriterien                                                  | 212        |
| 5.1.2    | Kürzeste Leitungslänge                                               | 213        |
| 5.1.3    | Kommandozeit                                                         | 214        |
| 5.1.4    | Signalvergleichschutz, Wahl des Verfahrens                           | 217        |
| 5.1.5    | Wandleranforderungen                                                 | 220        |
| 5.2      | Distanzschutz im Verteilungsnetz                                     | 247        |
| 5.2.1    | Allgemeines                                                          | 247        |
| 5.2.2    | Distanzschutz im isolierten oder gelöschten Netz                     | 255        |
| 5.2.3    | Distanzschutz im Verteilungsnetz mit niederohmiger Sternpunktterdung | 262        |
| 5.2.4    | Distanzschutz im Industrienetz                                       | 265        |
| 5.3      | Distanzschutz im Übertragungsnetz                                    | 266        |
| 5.3.1    | Allgemeine Gesichtspunkte                                            | 266        |
| 5.3.2    | Schutzkonzepte                                                       | 272        |
| <b>6</b> | <b>Schutzeinstellung</b>                                             | <b>283</b> |
| 6.1      | Allgemeine Gesichtspunkte                                            | 284        |
| 6.2      | Anregung                                                             | 284        |
| 6.2.1    | Distanzschutz mit und ohne Anregung                                  | 285        |
| 6.2.2    | Anregesicherheit                                                     | 286        |
| 6.2.3    | Relaisabhängige Belastbarkeit der Leitung                            | 287        |
| 6.2.4    | Phasenselektivität                                                   | 289        |
| 6.2.5    | Einstellung der $U$ - $I$ - $\varphi$ -Anregung                      | 290        |
| 6.2.6    | Einstellung der Impedanzanregung                                     | 291        |
| 6.3      | Einstellung der Distanzzonen                                         | 298        |
| 6.3.1    | Reichweite (X-Einstellung) und Staffelzeit                           | 298        |
| 6.3.2    | Lichtbogenkompensation (R-Einstellung)                               | 301        |
| 6.3.3    | Besonderheiten für die Zoneneinstellung im Kabelnetz                 | 306        |
| 6.3.4    | Anpassung der Zonenreichweite bei großen R/X-Einstellungen           | 308        |
| 6.3.5    | Staffelung von Kreis- und Polygoncharakteristiken                    | 310        |
| 6.3.6    | Einstellung der Pendelsperre                                         | 311        |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>7 Berechnungsbeispiele</b>                                                                                  | 317 |
| 7.1 Doppelleitung im geerdeten Netz                                                                            | 317 |
| 7.2 Dreieinleitung                                                                                             | 334 |
| <b>8 Inbetriebnahme</b>                                                                                        | 344 |
| 8.1 Prüfen des Schutzsystems                                                                                   | 344 |
| 8.2 Prüfung mit Last                                                                                           | 346 |
| <b>9 Wartung</b>                                                                                               | 349 |
| 9.1 Selbstüberwachung                                                                                          | 349 |
| 9.2 Wartungsstrategie                                                                                          | 350 |
| <b>10 Literaturverzeichnis</b>                                                                                 | 352 |
| 10.1 Fachaufsätze                                                                                              | 352 |
| 10.2 Bücher                                                                                                    | 357 |
| <b>11 Anhang</b>                                                                                               | 359 |
| A1 Rechnen mit Zeigern und komplexen Größen                                                                    | 359 |
| A1.1 Definitionen                                                                                              | 359 |
| A1.2 Rechnen mit Zeigern und komplexen Größen                                                                  | 360 |
| A2 Rechnen mit symmetrischen Komponenten, Grundlagen                                                           | 363 |
| A2.1 Berechnungsverfahren                                                                                      | 363 |
| A2.2 Typische Systemkomponenten                                                                                | 368 |
| A2.3 Ersatzschaltbilder für die Netzreduktion                                                                  | 369 |
| A3 Impedanzen von Freileitungen und Kabeln                                                                     | 371 |
| A3.1 Einfachleitung (verdrillt)                                                                                | 371 |
| A3.2 Doppelleitung (verdrillt)                                                                                 | 372 |
| A3.3 Bündelleiter                                                                                              | 373 |
| A3.4 Impedanzen von Kabeln                                                                                     | 374 |
| A4 Algorithmus der Distanzmessung                                                                              | 375 |
| A4.1 Prinzip                                                                                                   | 375 |
| A4.2 Distanzmessung auf Basis der Fourier-Analyse                                                              | 377 |
| A4.3 Transientes Verhalten                                                                                     | 382 |
| A4.4 Praktische Anwendung                                                                                      | 382 |
| A4.5 Literatur                                                                                                 | 385 |
| A5 Neigung der oberen Polygonbegrenzung zur Vermeidung eines<br>Übergreifens bei Leitungen mit Lastübertragung | 385 |
| <b>Sachregister</b>                                                                                            | 390 |

---

# 1 Einleitung

Der Distanzschutz ist ein universeller Kurzschlusschutz.

Seine Wirkungsweise basiert auf der Messung und Auswertung der Kurzschlussimpedanz die im klassischen Fall der Entfernung („Distanz“) des Fehlers proportional ist.

## Anwendungsbereich

Der Distanzschutz bildet die Basis des Netzschutzes in Transportnetzen und in vermaschten Verteilungsnetzen.

Dabei erfüllt er die Aufgabe des Hauptschutzes für Freileitungen und Kabel, und zusätzlich die Funktion des Reserveschutzes für anschließende Netzteile, wie Sammelschienen, Transformatoren und weitere Leitungen.

Der Distanzschutz ist schneller und selektiver als der Überstromzeitschutz und ist weniger beeinflusst durch veränderliche Einspeiseverhältnisse und Netzzustände.

Beim digitalen Distanzschutz kommt als weiterer Vorteil die integrierte Fehlerort-Funktion hinzu.

Aus diesen Gründen kommt er auch in Radialnetzen zum Einsatz.

Seine Kommandozeit ist etwa ein bis zwei Perioden (20 bis 40 ms bei 50 Hz) in der ersten Stufe für Fehler auf den ersten 80 bis 90% der Leitungsstrecke und etwa 300 bis 400 ms in der zweiten Stufe für Fehler auf den letzten 10 bis 20% der geschützten Leitung. Weitere Stufen für den Fern-Reserveschutz folgen mit entsprechend höher eingestellten Staffelzeiten.

Mit einer Signalverbindung zwischen den Leitungsenden kann der Distanzschutz hochgerüstet werden zu einem Vergleichschutz mit absoluter Selektivität. Er ermöglicht dann Schnellabschaltung von Kurzschlüssen auf 100% der Leitungsstrecke ähnlich wie ein Differentialschutz, bietet aber darüber hinaus noch den Reserveschutz für die folgenden Netzabschnitte.

In konventioneller Technik erfolgt die Signalübertragung über Draht, TFH oder Richtfunk. Dabei genügt ein schmalbandiger Übertragungskanal, da keine Messwerte sondern nur Ja/Nein-Signale übertragen werden müssen. Stand der Technik ist heute jedoch die digitale Informationsübertragung über eigene Lichtwellenleiter oder Kommunikationsnetze.

Der Distanzschutz mit Signalübertragung (Kommunikation) kommt in verschiedenen Varianten vor allem in Hoch- und Höchstspannungsnetzen zur Anwendung, wo die Abschaltung aller Kurzschlüsse in Schnellzeit (< 100 bis 150 ms) gefordert wird.

In Verteilungsnetzen ist der einfache Distanzschutz als Zeitstaffelschutz meist ausreichend.

Schließlich wird der Distanzschutz auch eingesetzt als Reserveschutz für größere Generator- und Transformatoreinheiten, wo hohe Ansprechempfindlichkeit bei kurzer Kommandozeit gefordert ist.

### **Technischer Fortschritt**

Der Distanzschutz wurde um etwa 1920 eingeführt und seitdem ständig weiterentwickelt, vom Ferraris-Messwerk zur Drehspulrelaistechnik, bis hin zu den analog statischen Relais mit Operationsverstärkern. Dabei wurden Genauigkeit und Selektivität jeweils erheblich verbessert und die Auslösezeit um den Faktor zehn von ursprünglich einigen hundert auf nunmehr wenige zehn Millisekunden reduziert

Ein „Quantensprung“ in der Entwicklung wurde dann mit Einführung der Mikroprozessortechnik um etwa 1985 erzielt: [1-1 bis 1-4]

Die digitalen Geräte sind intelligent, können Information speichern und mit ihrem Umfeld kommunizieren. Diese Fähigkeiten eröffnen grundlegend neuartige Ansätze zur Verbesserung der Schutzqualität. Auch für die Anwendung und das Schutzmanagement ergeben sich ganz neue Aspekte.

Gleichzeitig entspricht die Weiterentwicklung des Distanzschutzes den steigenden Schutzanforderungen, die durch die zunehmende Komplexität der Energieversorgungsnetze und die höhere Auslastung der Betriebsmittel entstehen.

### **Digitaler Distanzschutz [1-5 bis 1-9]**

Die diskrete Signalverarbeitung und die numerischen Messmethoden ermöglichen eine höhere Messgenauigkeit und kürzere Auslösezeiten durch exakte Filteralgorithmen und die Anwendung adaptiver Verfahren.

Intelligente Auswertprogramme ermöglichen außerdem eine verbesserte Selektivität auch in schwierigen Fehlersituationen.

Darüber hinaus wurde das Preis-Leistungsverhältnis wesentlich verbessert:

Die modernen Geräte sind multifunktional und können damit neben den Schutzfunktionen auch zusätzliche Funktionen für andere Aufgaben übernehmen, wie z. B. Betriebsmessung, Störschreibung und Steuerung.

Je Leitungsende wird damit in den meisten Fällen für Haupt- und Reserveschutz (falls vorhanden) jeweils nur noch ein Gerät benötigt.

Die integrale Selbstüberwachung ermöglicht außerdem den Übergang von der aufwendigen vorbeugenden Wartung zu einer kostengünstigeren ereignisorientierten Prüfung und Fehlerbehebung.

Darüber hinaus können die digitalen Geräte über serielle Schnittstellen mit einem PC bedient werden oder in übergeordnete Leitsysteme eingebunden werden.

Für die Projektierung, Montage, Inbetriebnahme ergaben sich damit wesentliche neue Gesichtspunkte.

---

## 2 Definitionen

In diesem Dokument werden die nachstehenden Begriffe verwendet.

Sofern sie mit den Definitionen des Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuchs IEC, Kapitel 448 „Energienetz – Selektivschutz“ übereinstimmen, ist jeweils die entsprechende Referenznummer angegeben:

### *Distanzschutz*

Selektivschutz mit relativer Selektivität, dessen Funktionsweise und Selektivität von der lokalen Messung elektrischer Größen abhängen, aus denen die Entfernung zum Ort des Fehlers durch Vergleich mit den Einstellwerten der Distanzstufen ermittelt wird. [448-14-01]

### *Statischer Distanzschutz*

Relais in analog elektronische Technik, ursprünglich mit Transistorschaltungen, später mit Operationsverstärkern und hoch integrierten Logikbausteinen.

### *Digitaler Distanzschutz*

Distanzschutz in Mikroprozessortechnik mit Analog/Digital-Umsetzung der Messwerte (Ströme und Spannungen), rechnerischer (numerischer) Distanzberechnung und digitaler Verarbeitungslogik.

Teilweise ist dafür auch der Begriff „Numerischer Distanzschutz“ in Gebrauch.<sup>1</sup>

### *Distanzstufen oder Distanzzonen*

Reichweiten der Messelemente des Distanzschutzes in einem Energienetz.  
[448-14-02]

### *Unter- bzw. Überreichweite (englisch Under- bzw. Overreach)*

Arbeitsweise eines Distanzschutzes, wenn die kürzeste Stufeneinstellung einer Reichweite entspricht, die kürzer bzw. länger als der geschützte Abschnitt ist.  
[448-14-05 bzw.07]

### *Kippimpedanz*

Messimpedanz die der Zonengrenze entspricht.

---

<sup>1</sup> Im Englischen wird der Begriff „numerical distance relay“ für ein voll digitales (fully digital) Relais verwendet. Der Begriff „digital relay“ bezeichnet den Vorläufertyp mit analog statischer Messwertverarbeitung und digitaler Koinzidenzzeitmessung (Winkelmessung) auf der Basis von Mikroprozessoren.

### *Transientes Übergreifen (engl. „transient overreach“)*

Falsche Verlängerung der Zonenreichweite im Einschwingvorgang nach Fehler-eintritt, meist verursacht durch die Verlagerung (das Gleichstromglied) des Kurzschlussstromes.

Dieses Verhalten war kritisch beim analogen Schutz. Beim digitalen Schutz wird der Effekt durch effektive Filterung und adaptive Messverfahren weitgehend vermieden (Messfehler < 5%).

### *Messsystem (Messelement)*

Modul zur Messung der Fehlerdistanz und -richtung einschließlich Grenzwertstufe. Den Eingang bilden Kurzschlussstrom und -spannung. Am Ausgang erscheint ein aktives Signal wenn der Fehler in der zugeordneten Zone liegt, d. h. wenn das Messsystem „anspricht“.

In konventioneller Technik bestand das Messsystem aus einem elektromechanischen „Messwerk“ oder einer statischen Messschaltung. Bei digitalen Relais entspricht dem Messsystem ein Unterprogramm zur Berechnung der Scheifenimpedanz und zum Grenzwertvergleich mit einer hinterlegten (parametrierten) Ansprechcharakteristik.

### *Volldistanzschutz*

Distanzschutz, der im Allgemeinen gesonderte Messsysteme (Messelemente) für jede Art des zweipoligen Kurzschlusses sowie des einpoligen Erdkurzschlusses und für jede Stufenmessung enthält. [448-14-03]

Beim digitalen Schutz bedeutet dies, dass vom Relais alle Ph-Ph- und Ph-E-Schleifenimpedanzen gleichzeitig berechnet und mit den Zonengrenzen verglichen werden (z. B. 7SA6).

### *Distanzschutz mit Auswahlhaltung (Einsystemiger Distanzschutz)*

Distanzschutz, der im Allgemeinen nur ein Messsystem (Messelement) für alle Fehlerarten und/oder Stufen hat. [448-14-04]

Beim digitalen Schutz entsprechen dieser Bezeichnung Relais, die für die Distanzmessung nur eine Fehlerschleife auswerten (7SA511).

### *Mehrsystemiger Distanzschutz*

Distanzschutz mit mehreren Messsystemen (Messelementen) und vereinfachter Auswahlhaltung (Diese Variante war in Deutschland beim elektromechanischen Höchstspannungsschutz üblich: R3Z27 mit drei Messsystemen).

### *Kreischarakteristik*

Kreisförmige Distanzzone im Impedanzdiagramm.

In Deutschland waren in R-Richtung verschobene Kreise üblich (Schubkreis, Mischimpedanzkreis, Konduktanzkreis), im Ausland der entlang einer Impedanzgeraden verschobene MHO-Kreis.

### *Impedanzkreis*

Kreis mit dem Mittelpunkt im Ursprung des R-X-Diagramms, mit konstanter Impedanzreichweite unabhängig vom Kurzschlusswinkel.

### *Schubkreis*

Kreis, der automatisch in R-Richtung verschoben ist, abhängig vom eingestellten Leitungswinkel. Diese Charakteristik war üblich bei elektromechanischen Distanzrelais für das Hoch- und Höchstspannungsnetz in Deutschland (R1Z23, R3Z27).

### *Konduktanzkreis*

Kreis durch den Ursprung des R-X-Diagramms mit dem Mittelpunkt auf der R-Achse

Wurde bei mechanischen Relais für die Mittelspannung in Deutschland benutzt (R1KZ4).

### *MHO-Kreis (Admittanzkreis)*

Kreis durch den Ursprung des R-X-Diagramms mit dem Mittelpunkt auf einer Impedanzgeraden mit einstellbarem Winkel (normal an die Leitungsgerade angepasst).

In angelsächsischen Ländern wird diese Kennlinie auch noch bei digitalen Relais bevorzugt.

### *Polarisierter MHO-Kreis*

Mit kurzschlussfremden Spannungen polarisierter MHO-Kreis, der seine Größe abhängig von der Quellenimpedanz verändert (siehe Abschnitt 3.4.2).

### *Offset*

Verschiebung der Zonencharakteristik gegen den Ursprung des Impedanzdiagramms.

Typisch ist der Offset MHO-Kreis, der nach Rückwärts verschoben ist und den Koordinatenursprung einschließt (normal die 3. Zone).

### *Polygon-Charakteristik*

Aus Geraden zusammengesetzte Zonencharakteristik.

Typisch ist die viereckige Kennlinie (engl. „quadrilateral“)