OMICRON
Museum

OMICRON Museum

Vom Relaisprüfkoffer zum modernen, universellen Prüfgerät

Einleitung

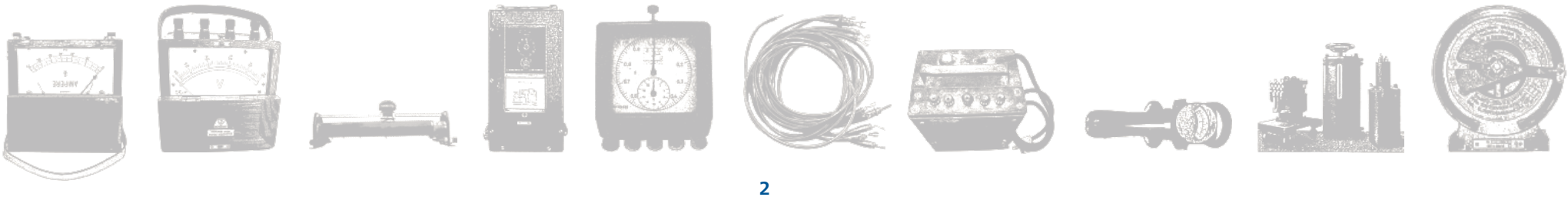
Die ersten Energieerzeugungs- und Übertragungsanlagen entstanden zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Erste Schutzeinrichtungen wurden etwa zur selben Zeit entwickelt.

Das verantwortliche Betriebspersonal erkannte recht bald, dass gründliches Prüfen bei der Inbetriebnahme bzw. während der Betriebszeit Schäden vermeidet und die Versorgung gewährleistet. Bei den ersten Prüfungen wurde das Verhalten bei Netzfehlern beobachtet. Die Beaufschlagung der Relais mit Strom- und Spannungsmessgrößen (gewonnen über Regeltransformatoren bzw. Widerstände) wurde später durch die Messung der Auslösezeit ergänzt. Der Aufbau und Abbau der Prüf- und Messeinrichtung war aufwändig und nahm erheblich Zeit in Anspruch.

Der Fortschritt vom Prüfkoffer zur intelligenten Prüfeinrichtung und neuen Prüftechnologien wird in einer Sammlung von Schutzrelais und Prüfgeräten dokumentiert.

Inhaltsverzeichnis

Entwicklung von Prüflösungen für die Schutztechnik 3
Einpolige elektromechanische Strom- und Spannungsrelais 5
Elektromechanischer Distanzschutz 10
Statischer Distanzschutz – die ersten digitalen Relais 12
Prüfen in den 80er Jahren 14
Innovatives Prüfen von Relais und Messwertumformern 16



Entwicklung von Prüflösungen für die Schutztechnik

OMICRON Museum

Der Prüfkoffer

Im frühen 20. Jahrhundert wurden die ersten Schutzrelais gebaut und die Entwicklung der dazu erforderlichen Prüf- und Messlösungen nahm seinen Anfang. Um Prüfungen an Relais durchzuführen, mussten aufwändige Prüfschaltungen mit schweren Hilfsgeräten (Spannungs- und Stromwandler, Regulierungsdrosseln, Messgeräte) aufgebaut werden, die sehr viel Zeit in Anspruch nahmen. Um eine einfachere und schnellere Prüfung zu ermöglichen wurde von Ingenieuren schon bald ein tragbarer Prüfkoffer mit den gleichen Möglichkeiten entwickelt.

Hersteller	Voigt und Haeffner, V&H (Deutschland)
Fertigungsbeginn	um 1925
Technische Daten	
Spannungsbereich	0 – 480 V
Strombereich	0,4 – 1200 A, kurzzeitig 2000 A
Leistung	1000 VA, 1 min; 3500 VA, etwa 5 s
Zubehör	Transportkoffer aus Leder, Prüfkabel für die Primärprüfung, Prüfschnüre
Erworben von	EVI Energieversorgung, Reinhard Bretzke, Hildesheim (Deutschland)

Kurzbeschreibung der Funktion

Durch die leichte und platzsparende Bauart eignete sich der Prüfkoffer besonders gut zur Inbetriebnahme und Turnusprüfung vor Ort. Durch Schließen der Messer wird der Messbereich vorgewählt, mit dem Hauptschalter die Prüfgröße zugeschaltet und mit dem Schiebewiderstand die Höhe der Messgröße eingestellt. Um eine unnötige Erwärmung zu vermeiden, darf die Einschaltung des Primärstromes nur während der Messung erfolgen.

Einsatzgebiet

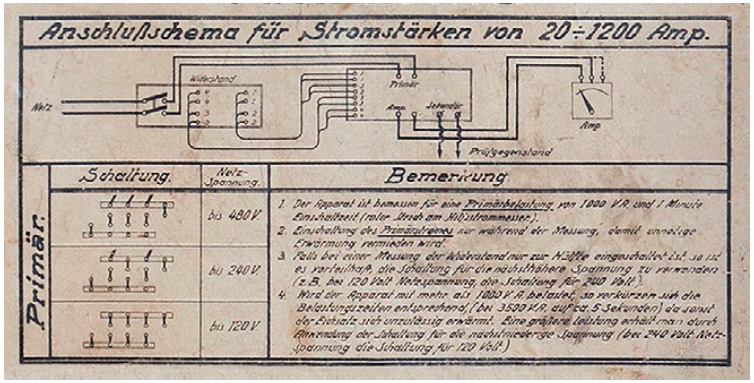
Einpolige Primär- und Sekundärprüfung von Auslösern und Relais, insbesondere Überstrom-, Überspannungs- und Unterspannungsrelais, später auch Richtungs- und Distanzrelais.

Dieses Prüfgerät wurde bis in die 1970er Jahre verwendet und ist heute noch voll funktionsfähig.

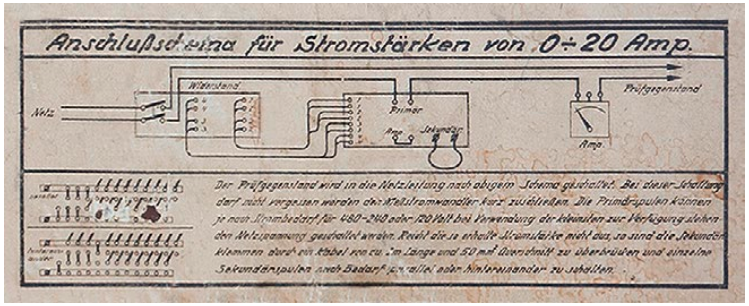
Entwicklung von Prüflösungen für die Schutztechnik

OMICRON Museum

Anschlussschema



Anschlussplan für Ströme von 20 bis 1200 A



Anschlussplan für Ströme von 0 bis 20 A

Zubehör

Regeltrafo

Strommesser

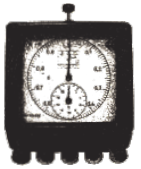
Dietzeanleger

Schiebewiderstand

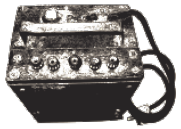
Spannungsmesser

Hilfsapparate

Periodenzähler



Zeitmesser



Stromtrafo

Quellenangabe und weiterführende Literatur:

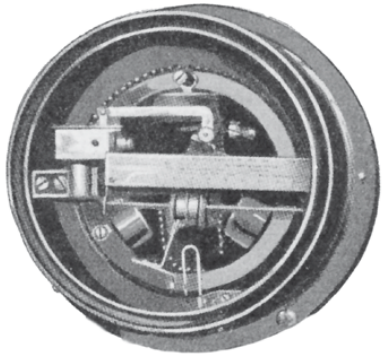
- Sommer, E.M.K.: Die bestehenden Relaiskombinationen und ihre Anwendung, Prüfung und Wartung. S. 114-157 in Rüdenberg, R. (Herausgeber).: Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929

Spannungsrückgangsrelais Pl.-Nr. 69003

Die ersten Sekundärschutzeinrichtungen benutzten zur Fehlererkennung eine Überwachung der Netzspannung bzw. des Betriebsstromes. Als Melde- oder Auslösekriterium wirkte die eingestellte Unter- oder Überspannung bzw. der Überstrom.

Hersteller	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft AEG (Deutschland)
Fertigungsbeginn	um 1910
Technische Daten	
Spannung / Frequenz	100 V / 50 Hz
Einstellwerte	U_{ab} = 67 V U_{an} = 72 V
Erworben von	Elektrothek Osterath, Deutschland

Konstruktion



Kurzbeschreibung der Funktion

Im spannungsführenden Zustand wird der Drehanker durch die an der Spule *S* angelegte Netzspannung dem Gegengewicht *G* entgegen in einer bestimmten Stellung gehalten. Bei sinkender Spannung überwiegt das längs der Skale bewegliche Laufgewicht und betätigt den Auslösekontakt *D*.

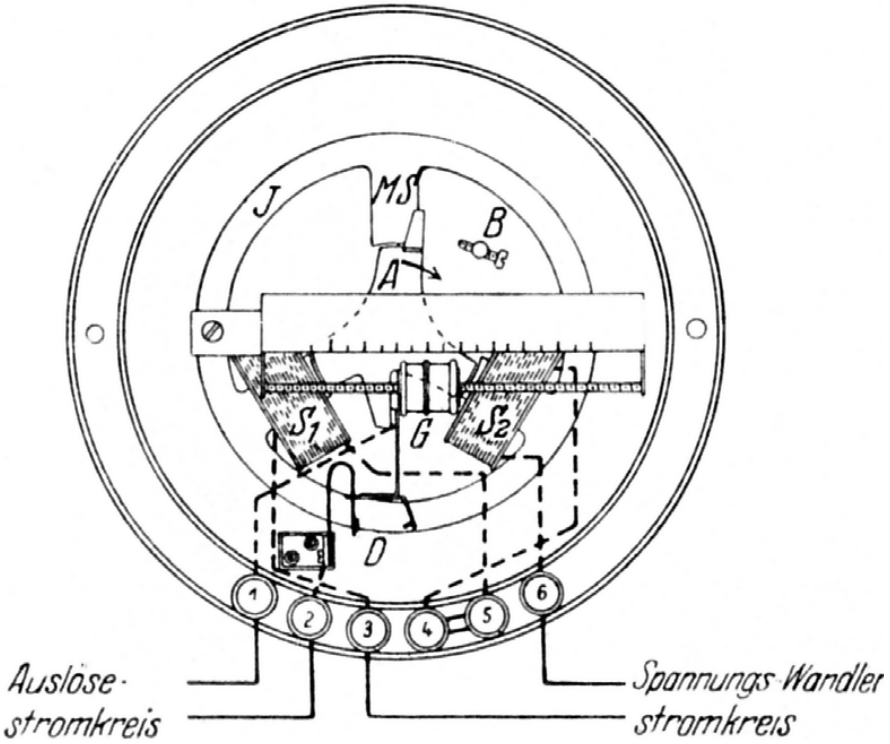
Einsatzgebiet

Unterspannungsschutz für Motoren, Generatoren u.a.

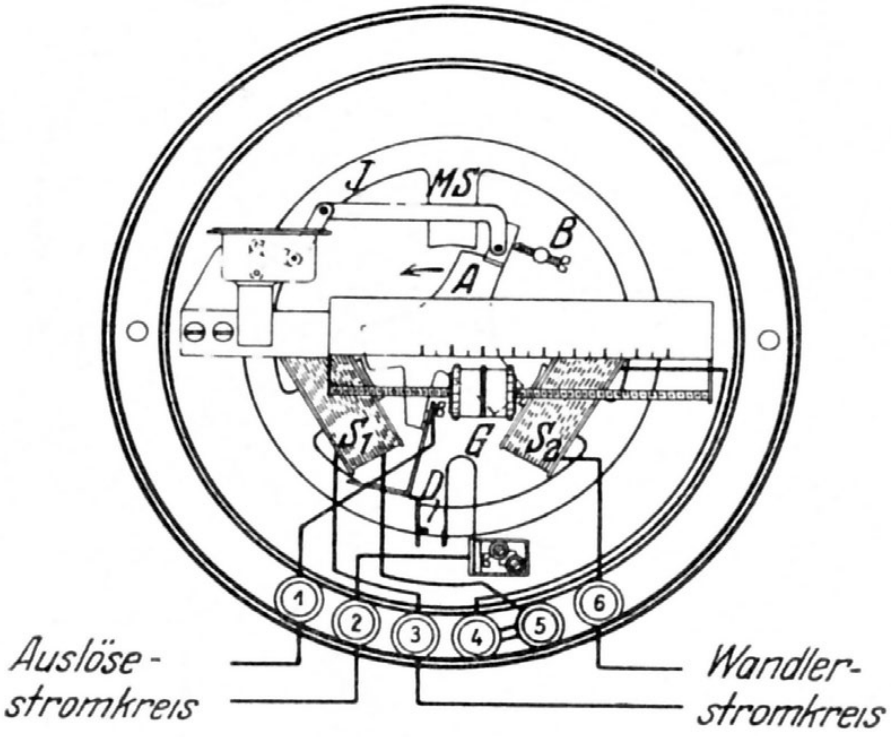
Einpolige elektromechanische Strom- und Spannungsrelais

OMICRON Museum

Schaltbild Spannungs-Relais



Schaltbild Strom-Relais



Quellenangabe und weiterführende Literatur:

- Rüdenberg R.: Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929
- Schweden, B.: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem zweiten Weltkrieg, Bd.1-3, Hrsg. AEG, Berlin 1965

Einpolige elektromechanische Strom- und Spannungsrelais

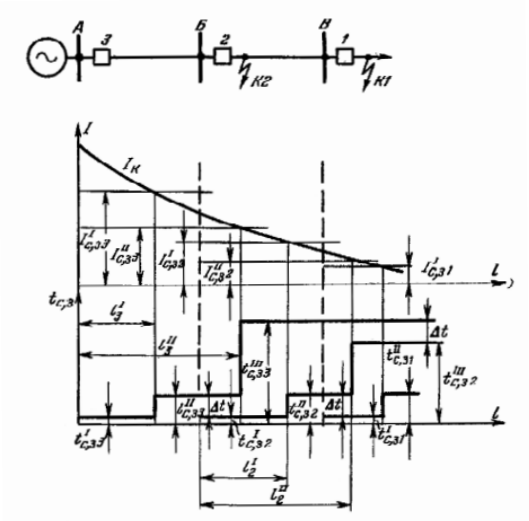
OMICRON Museum

Stromrelais PT-40/2

Das PT-40 gelangt vielseitig zum Einsatz. So z.B. als Überstromanregeglied beim Überstrom- oder Nullstromzeitschutz, aber auch als Messglied beim Leitungs- und Transformator-Diff.-Schutz. Ein spezieller Anwendungsfall ist der Mehrstufen-Überstrom-Zeitschutz. Hier wird auf eine Zeitselektion verzichtet und die Stromeinstellung nach dem im zu schützenden Objekt auftretenden Kurzschlussstrom so vorgenommen, dass nur Fehler auf einem Teil der zu schützenden Strecke schnell abgeschaltet werden. Die Auslösekennlinie ähnelt dann der des Distanzschutzes.

Hersteller	Cheboksary Electric Apparatus Plant, Tscheboksary (RU)
Fertigungsbeginn	1965
Technische Daten	
$I_n = 3{,}8\,A$ bzw. $7{,}6\,A$, $f_n = 50 \ldots 60\,Hz$	
Einstellbereich $0{,}5 \ldots 1\ I_n$, Einpolig, 1 Öffner und 1 Schließer	
Erworben von	Evaldas Oleskevicius, OMICRON

Kennlinie



Einsatzgebiet

Überstromschutz in Mittelspannungsnetzen

Quellenangabe und weiterführende Literatur

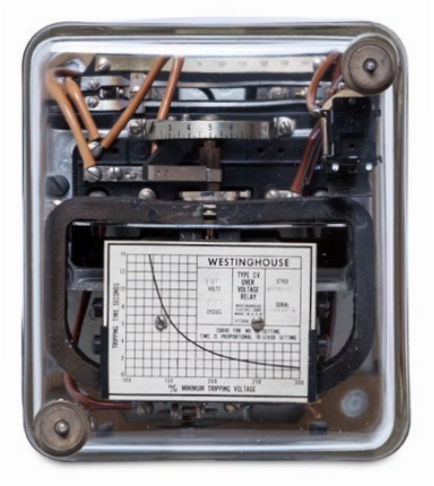
- Федосеев, А.М.: Релейная Защита Електрических Систем. Енергия. Москва 1976 (Relaischutz in Elektrischen Systemen. Energija, Moskau: 1976
- Fedossejew, A.M.: Relaisschutz von elektrischen Netzen und Anlagen. Band 1 u. 2, Verlag Technik Berlin, 1955
- Засыпкин, АС.: Релейная Защита Трансформаторов. Москва Енергомиздат 1989 (Relaischutz von Transformatoren. Energomizdat, Moskau: 1989)

Einpolige elektromechanische Strom- und Spannungsrelais

OMICRON Museum

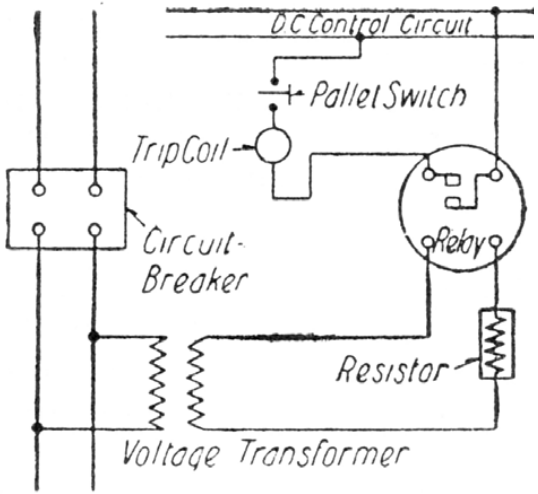
Über-/Unterspannungsrelais CV

Eine Anwendung ist der Über- bzw. Unterspannungsschutz bei Generatoren, Motoren und elektrischen Anlagen. Bei Über- bzw. Unterschreitung des eingestellten Ansprechwertes wird ein Ausimpuls direkt oder über ein nachgeschaltetes externes Zeitrelais an den Leistungsschalter gegeben. Weitere Einsatzfälle sind in der Netzautomatisierung, wie z.B. Umschaltautomatiken, anzutreffen.



Hersteller	Westinghouse Electric & Manufacturing Co. , East Pittsburgh (USA)
Fertigungsbeginn	um 1920
Technische Daten	
$U_n = 110\,V$, $f_n = 60\,Hz$	
Arbeitsbereich 125...300 % von U_n und $t = f(U_>)$ 1...14 s	
Erworben von	Will Knapek, OMICRON

Schaltbild



Einsatzgebiet

Abhängiger Überspannungsschutz für Motoren, Generatoren und Transformatoren

Quellenangabe und weiterführende Literatur

- Sanderson, C.H.; Crichton, L.N.; Traver, O.C.; Allen, A.J.; Taylor, D.W.; Hester, A.E.; Harvey, H.G.; Brown, H.W.; Cook, J.A.; Hamdi, A.F.; Braley, H.D.: Relay Handbook. National Electric Light Association. First Edition, February 1926, N.E.L.A. Publication No. 25-3, Charles Francis Press, New York

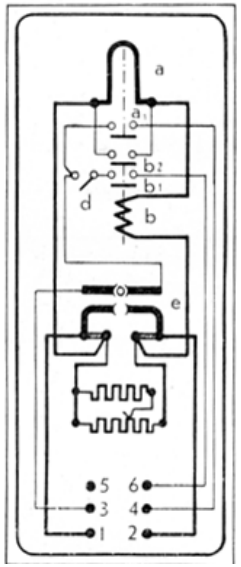
Thermisches Überstromzeitrelais ST

BBC BROWN BOVERI

Das thermische Überstromzeitrelais ermöglicht durch seine zwischen 20 und 110 Minuten in Stufen wählbare Erwärmungs-Zeitkonstante einen vollkommenen Überlastschutz für elektrische Betriebsmittel, da sich damit so einstellen lässt, dass es in jedem Augenblick die gleiche Temperatur wie der Schützling hat und diesen nur abschaltet, wenn die zulässige Endübertemperatur überschritten wird.

Hersteller	Brown, Boveri & Cie. AG, Mannheim (Deutschland)
Fertigungsbeginn	1943
Technische Daten	
$I_n = 5\,A$, $f_n = 50/60\,Hz$, $I_{60°}$ für 60 °C	
Kurzschlussfestigkeit 1 s	200 A
Einstellbare Werte	
Erwärmungs-Zeitkonstante T	20, 30, 40, 60, 80, 110 min
Übertemperaturanzeige	einstellbar 4…5 A
Auslöseübertemperatur	20…120 °C
Grenzstrommomentauslösung	3…10 $I_{60°}$ und ∞
Erworben von	Walter Schossig, VDE Thüringen

Schaltbild



Einsatzgebiet

Thermisch abhängiger Überlastschutz für Motoren, Generatoren, Transformatoren und Kabel und Kurzschlussschutz durch Grenzstrom-Momentauslösung.

Quellenangabe und weiterführende Literatur

- Sekundär-Thermorelais, Bauart ST für Wechselstrom 40 bis 60 Hz. Liste AN6c2, Februar 1950. Brown, Boveri, Cie, Mannheim
- Happoldt, H., Meinhardt, H.: Generatorschutz-Einrichtungen, BBC-Druckschrift C 1009a/p (460.3R)

Distanzrelais R3Z24a

SIEMENS

Die Einführung des Distanzschutzes verringerte die Auslösezeiten. Für die erweiterten Funktionalitäten des Relais wie Shunts zur Messung, Unterimpedanzanregung, Richtungserkennung und automatische Wiedereinschaltung wurden zusätzliche Gehäuse benötigt.

Kurzbeschreibung der Funktion

Die über Stromnebenwiderstand gewonnenen stromproportionalen Spannungen sowie die Wandlerspannung werden den Anrege- und Messgliedern des elektromechanischen Distanzrelais zugeführt. Parallel zur Überstromanregung wirkt in Schwachlastzeiten eine Unterimpedanzanregung. Eine Messkreisverschiebung in *R*-Richtung sorgt für eine Lichtbogenkompensation und eine Pendelsperre verhindert ein Fehlverhalten bei Netzpendelungen. Impedanzabhängig erfolgt zeitverzögert die Erteilung des Auslöseimpulses.

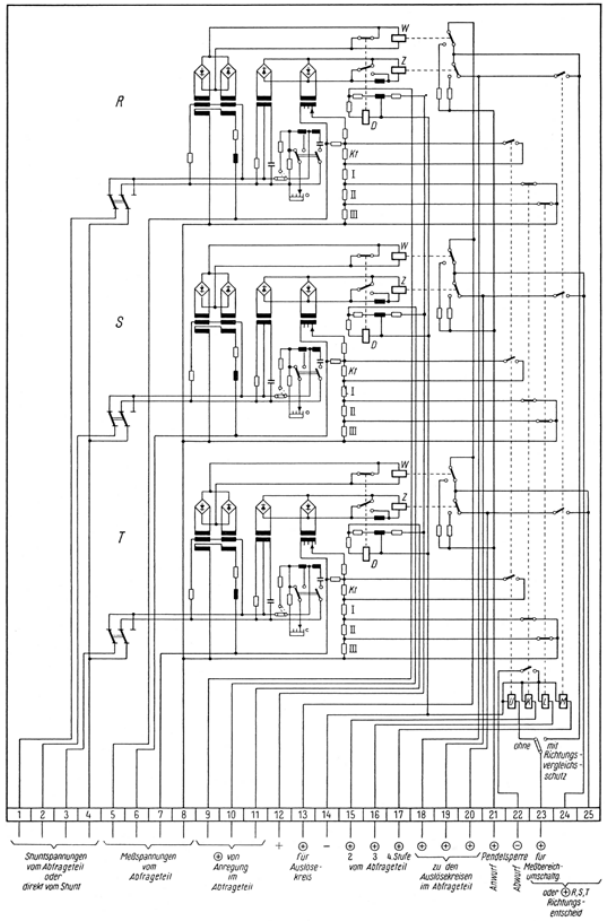
Einsatzgebiet

Leitungsschutz für Hoch- und Höchstspannungsnetze unabhängig von der Sternpunktbehandlung der Transformatoren.

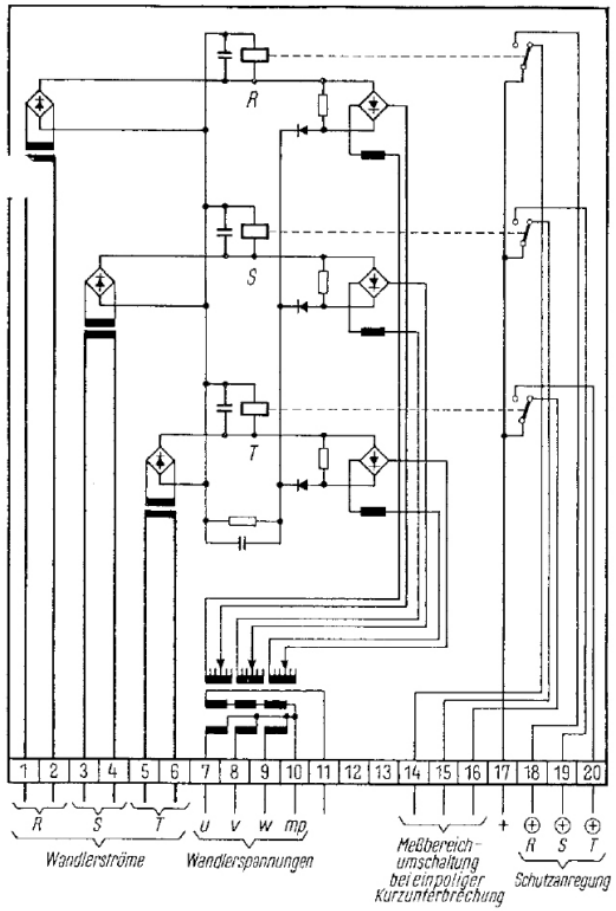
Hersteller	Siemens & Halske (S & H) (Deutschland)
Fertigungsbeginn	um 1950
Technische Daten	
$I_n = 5\,A$ oder $1\,A$, $f_n = 50\,Hz$	
Überstromanregung	$1 - 2\,I_n$, umschaltbar auf $2 - 4\,I_n$
Messgrößenumschaltung	$0{,}4 - 0{,}8\,I_n$
Rückfallverhältnis	etwa 0,85
Nennspannung	$U_n = 100\,V$ / $110\,V$
Leistungsaufnahme im Strompfad	einschließlich Shunt: Bei $I_n = 1\,A$ etwa 2 VA, bei 5 A etwa 6 VA
Leistungsaufnahme im Spannungspfad	im Normalbetrieb 0 VA; nach Anregung 10 VA – 42 VA
Widerstandsmessung	kleinster Einstellbereich: $Z = 0{,}05\,\Omega$ / Leiter bei 5 A I_n $Z = 0{,}25\,\Omega$ / Leiter bei 1 A I_n
Kürzeste Auslösezeit	35 ms für alle Fehlerarten Einstellung: in fünf Stufen; stetig bis 7,4 s oder ∞
Genauigkeit	Streuung von max. 0,1 s
Richtungsempfindlichkeit	< 1 ‰ der Nennspannung bei Nennstrom
Belastbarkeit	1 s mit 100 I_n; 10 s mit 30 I_n; dauernd 4 I_n
Erworben von	Elektrothek Osterath, Deutschland

OMICRON Museum

Schaltbilder



Messteil



Unterimpedanzanregung

Quellenangabe und weiterführende Literatur:

- Distanzschutz R3Z24. Technische Angaben. 21 S., Siemens-Schuckert Aktiengesellschaft, Berlin – Erlagen, TS 12 R/512.324/Ga. Erlangen, Juli 1960, 4 TS R B2 4445, TS Rel. 4177 Bl. 1-21
- Distanzschutz R3Z24. Technische Angaben. 40 S., Siemens-Schuckert Aktiengesellschaft

Distanzrelais SD36

AEG

Die neu entwickelten statischen Distanzschutzrelais waren in der Lage, den Abstand zu Fehlern zu messen und die exakte Fehlerposition zu bestimmen. Im Vergleich zu früheren Modellen wurden mechanische Komponenten durch erste Mikroprozessoren ersetzt, die den Wartungsaufwand erheblich minimierten und die Kommunikation mit Stationsleittechnik ermöglichten.

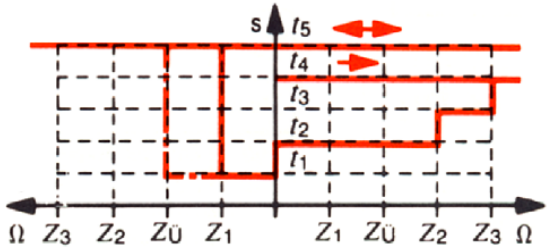
Hersteller	AEG (Deutschland)
Fertigungsbeginn	1985

Technische Daten

$I_n = 1\,A$ oder $5\,A$ (je nach Bestellung)

$U_n = 100\,V$; $f_n = 50\,Hz$ oder $60\,Hz$

Impedanzeinstellbereich	0,1 – 99,99 Ω bei 1 A 0,02 – 19,998 Ω bei 5 A
Fünf Zeitstufen einstellbar von 0 – 9,95 s in Stufen von 0,05 s	
Nennverbrauch im Stromwandlerkreis	bei Hilfsstromversorgung < 1 VA je Leiter bei I_n, bei Wandlerversorgung < 1 VA je Leiter bei I_n, 57 VA im Leiter L2 bei dreipoligem Fehler und U_{12}, U_{23}, $U_{31} \leq 50\,V$
Erworben von	Manfred Dohmann, OMICRON



Auslösekennlinie

Kurzbeschreibung der Funktion

Einsystemiges, statisches und teildigitalisiertes Distanzrelais nach dem Prinzip der entfernungsabhängigen Zeitstaffelung.

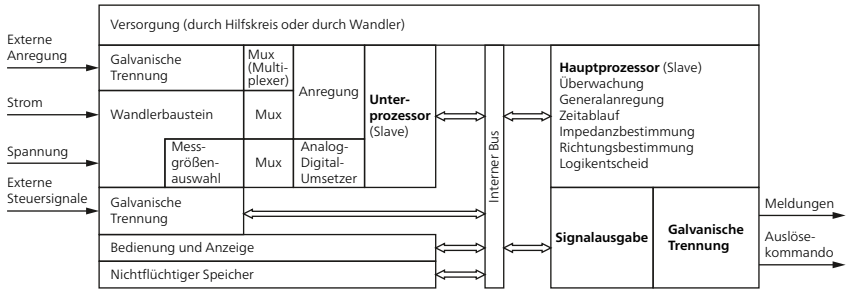
Einsatzgebiet

Distanzschutz für Mittel- und Hochspannungsleitungen unabhängig von der Sternpunktbehandlung der Transformatoren.

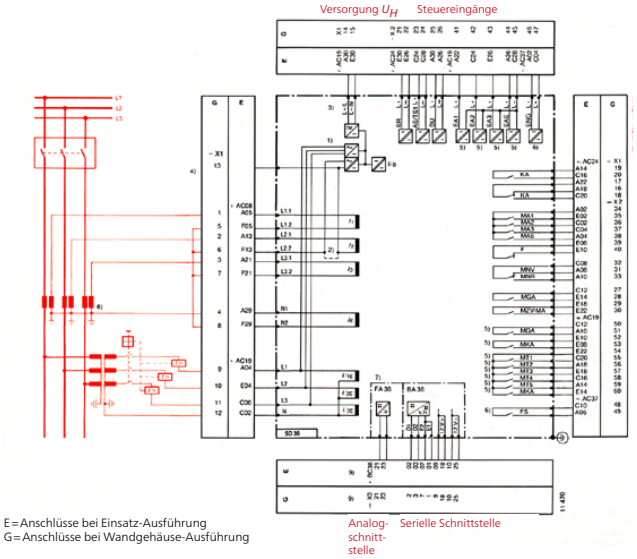
Statischer Distanzschutz – die ersten digitalen Relais

OMICRON Museum

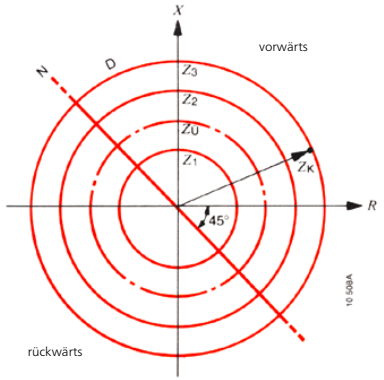
Grundstruktur



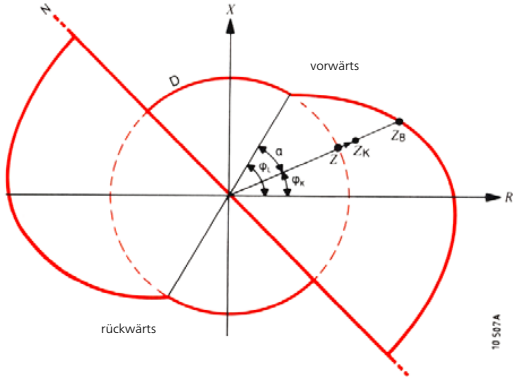
Schaltbild



Kennlinien



Impedanz- und Richtungskennlinie



Lichtbogenkompensation

Quellenangabe und weiterführende Literatur:

- Distanzschutzeinrichtung SD 36. Betriebsanleitung. AEG, A232.12.1057/0390 DE
- Offhaus, W.; Schegner, P.: Entwicklungstendenzen beim digitalen Leitungsschutz. AEG-Sonderdruck aus etz (1992) 17, A232.14.424/11.92

Tragbare Relaisprüfeinrichtung 7VP4800-0 und 7VP4900-0

SIEMENS

Durch die fortlaufende Entwicklung von neuen Relais waren die Anbieter von Prüftechniklösungen gefordert, ihre Prüfsysteme zu überarbeiten und an die neue Relaisgeneration anzupassen. Die erhöhte Präzision und Genauigkeit der Relais stellte komplett neue Anforderungen an die Prüfgeräte.

Kurzbeschreibung der Funktion

Die Prüfgrößen Strom, Spannung, Impedanz und Winkel werden manuell an den Bedienelementen eingestellt. Die gemessenen Ansprech- und Abfallwerte sowie die Auslösezeit werden notiert und zum Nachweis in ein Prüfprotokoll eingetragen.

Einsatzgebiet

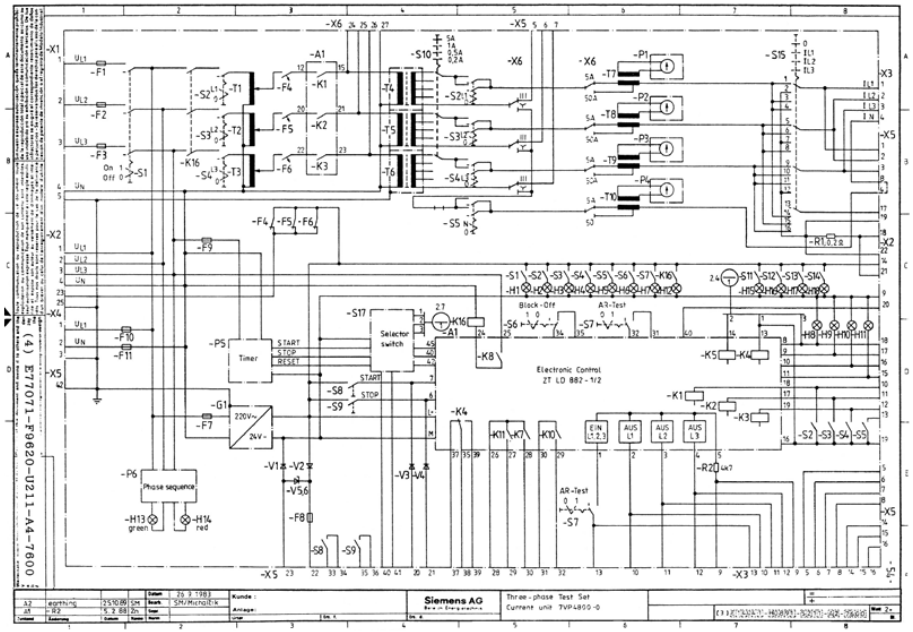
Dreipolige Prüfung von elektromechanischen und statischen Überstromzeit-, Richtungs- und Distanzschutzrelais.

Hersteller	Siemens Nürnberg
Fertigungsbeginn	1984
Technische Daten	
Stromeinheit	
Prüfleistung	3 x 300 VA 20 A oder 4 A Dauerbelastung 50 A oder 10 A, 20 s
Stromversorgung	3 x 380 V AC, max. 3 A; 50 – 60 Hz
Gewicht	43 kg
Spannungseinheit	
Spannungsbereich	0,03 – 70 V
Genauigkeit	3 %
Prüfleistung	3 x 90 VA
Winkeleinstellung	0° – 360°
Gewicht	35 kg
Transportkoffer	
Gewicht	6,5 kg
Zubehör	Anschluss- und Prüfkabel, Aluminiumbox
Erworben von	Siemens

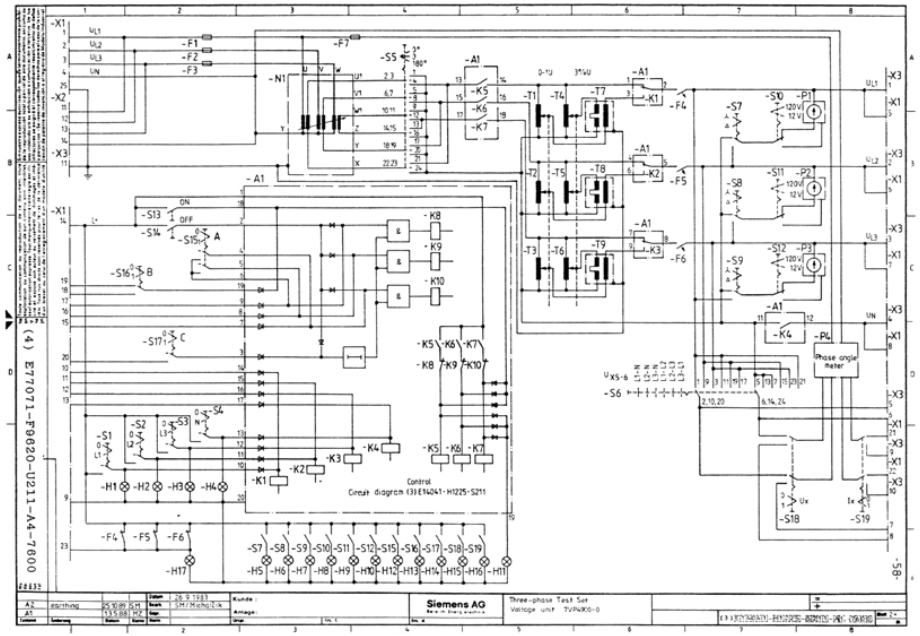
Prüfen in den 80er Jahren

OMICRON Museum

Schaltbilder



Stromeinheit 7VP48



Spannungseinheit 7VP49

Quellenangabe und weiterführende Literatur:

- Protective Relaying. Three-Phase Portable Test SET for Protection. 7VP48 Current Unit, 7VP49 Voltage Unit. Siemens, Order No. E771/319-101, (4) E77071-F9620-U211-A4-7600

Tragbare Relaisprüfeinrichtung CMC 56

Mit der Einführung von digitalen Schutzrelais und hochpräzisen Messwertumformern wurde ebenfalls eine neue Prüf- und Testphilosophie benötigt. Die innovative Hard- und Softwarelösung von OMICRON war ursprünglich nur für das Testen von Messwertumformern ausgelegt. Weitere Entwicklungsschritte machten schon bald das Prüfen verschiedenster Schutzrelais (Distanzrelais, Überstromrelais, Frequenzrelais) möglich, was in der Prüf- und Messtechnik einen neuen Standard setzte. Mit dieser Neuentwicklung hat OMICRON innerhalb kurzer Zeit die Weltmarktführung übernommen.

Kurzbeschreibung der Funktion

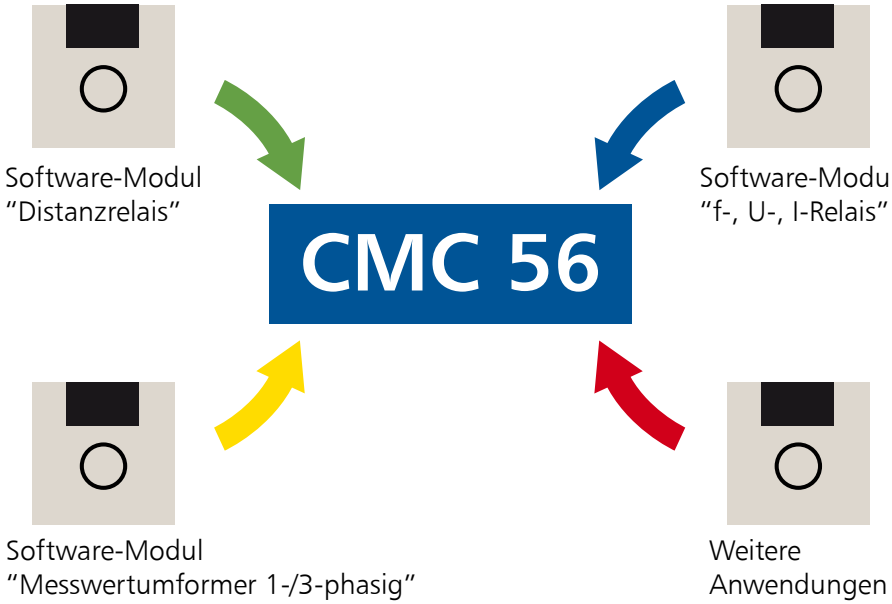
Ein- und mehrpolige Prüfung von Messwertumformern und Schutzrelais. Lieferumfang beinhaltete Softwarelösungen für Distanzrelais, *I*-, *U*-, *f* – Relais und Messwertumformer.

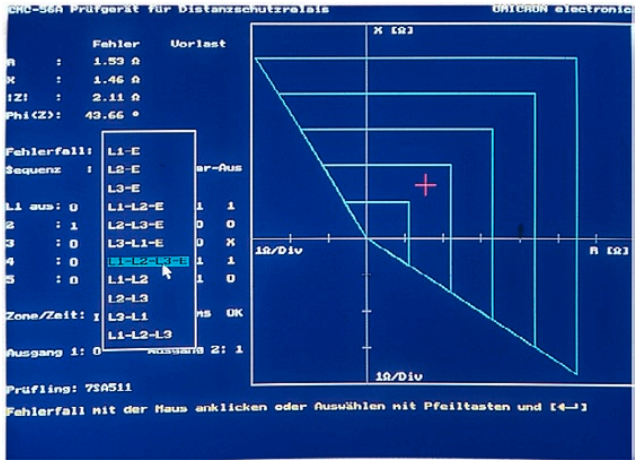
Einsatzgebiet

Primär- und Sekundärprüfung von Auslösern und Schutzrelais insbesondere Überstrom-, Überspannungs- und Unterspannungsrelais, später auch Richtungs-, Distanz- und Differenzialrelais.

Hersteller	OMICRON electronics
Fertigungsbeginn	1991
Technische Daten	
3 Stromgeneratoren	
Einstellbereich	0 – 10 A
Leistung	3 x 15 VA
Auflösung	< 500 µA
3 Spannungsgeneratoren	
Einstellbereich	0 – 250 V
Leistung	1 x 100 VA; 2 x 10 VA
Auflösung	< 12 mV
Generatoren allgemein	
Genauigkeit	< 0,1 % Fehler
Phasenfehler	< 0,1 %
Frequenzauflösung	< 5 µHz
Frequenzgenauigkeit	< 100 ppm
Winkelfehler	< 0,1°
Winkelauflösung	< 0,001°
Sonstiges	
DC Eingänge	1 x 0 – 20 mA; 1 x 0 – 10 V
Gewicht	15 kg
Erstes CMC 56 (1990/91)	
Binäreingänge	4 (< 100 µs)
Abmessungen	460 x 160 x 370 mm
Erstes Seriengerät CMC 56 (1991)	
Binäreingänge	10 (< 100 µs)
Binärausgänge	2

Software-Module





Software-Benutzeroberfläche (1992)

Quellenangabe und weiterführende Literatur:

- CMC-56. 3-Phasen-AC-Leistungskalibrator. Applikationsheft 1. Beispiel: Wirkleistungsumformer-Prüfung. OMICRON electronic, 1991
- Aberer, R.; Ferstl, H.: Selektivschutz in EVU – schnelles, einfaches und zuverlässiges Vor-Ort-Prüfen von Distanzrelais mit dem Prüfsystem CMC-56. Veranstaltung OMICRON electronic, Bereich Energietechnik in Sigmarszell, 1992
- Software-Modul: Distanzrelais-Prüfung. CMC 56 Datenblatt. 1992, OMICRON electronic

OMICRON ist ein weltweit tätiges Unternehmen, das innovative Prüf- und Diagnoselösungen für die elektrische Energieversorgung entwickelt und vertreibt. Der Einsatz von OMICRON-Produkten bietet höchste Zuverlässigkeit bei der Zustandsbeurteilung von primär- und sekundärtechnischen Betriebsmitteln. Umfassende Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Inbetriebnahme, Prüfung, Diagnose und Schulung runden das Leistungsangebot ab.

Kunden in mehr als 150 Ländern profitieren von der Fähigkeit des Unternehmens, neueste Technologien in Produkte mit überragender Qualität umzusetzen. Servicezentren auf allen Kontinenten bieten zudem ein breites Anwendungswissen und erstklassigen Kundensupport. All dies, zusammen mit einem starken Netz von Vertriebspartnern, ließ OMICRON zu einem Marktführer der elektrischen Energiewirtschaft werden.

www.omicronenergy.com

© OMICRON
Änderungen vorbehalten.