

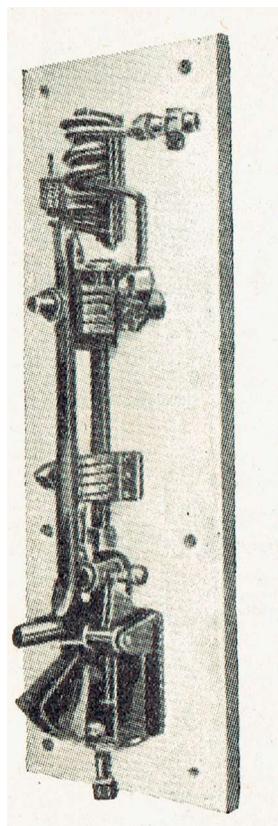
# H1 Geschichte des Überstromzeitschutzes

## Primärschutz

### Primärauslöser

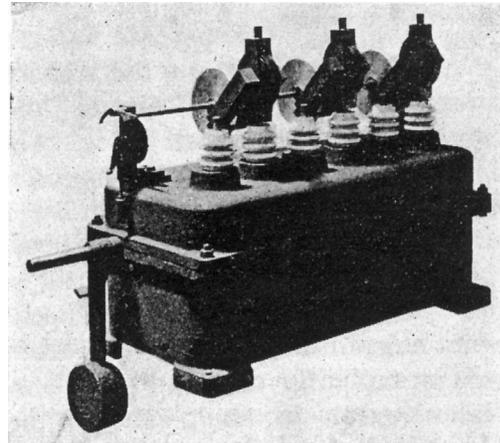
Neben den zweifelsfreien Vorteilen einer Sicherung (Begrenzung des Stoßkurzschlussstromes, geringe Kosten) blieben als Nachteile, dass sie nur einen einzigen Ausschaltvorgang leisten kann, dann der Schmelzeinsatz von Hand aus ersetzt werden muss und mit der Zeit auch sehr kostspielig werden kann. Man suchte deshalb nach einer Möglichkeit, damals schon gefertigte Leistungsschalter so zu ergänzen, dass sie durch strommessende Einrichtungen, Auslöser oder Relais, ausgelöst wurden, wenn der Strom einen bestimmten Wert überschritt.

Bei der Firma Helios, Frotzheim, wurde für die auf der Pariser Weltausstellung 1900 ausgestellte Maschine von 3000 kVA ein Hochspannungsschalter in Form eines Hebelchalters ausgeführt, der mit einer Maximalauslösung versehen war und bei dem der Lichtbogen mit Luft ausgeblasen wurde. In *Bild 1* löste der oben angebrachte Magnet bei Überstrom eine Halteklinke aus und dem Hartgummirohr am Kontaktfuß entströmte bei der Abschaltung Druckluft [1].

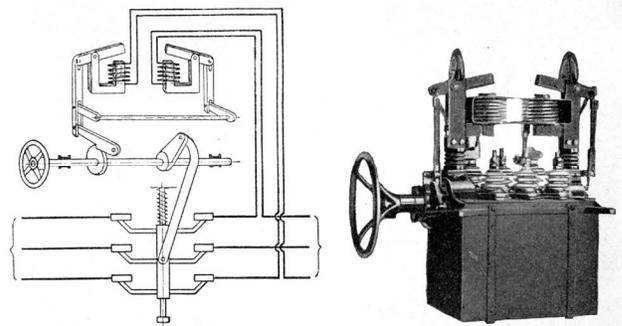


*Bild 1: Schalter mit Maximalauslöser und Druckluftbeblausung, Helios, 1900*

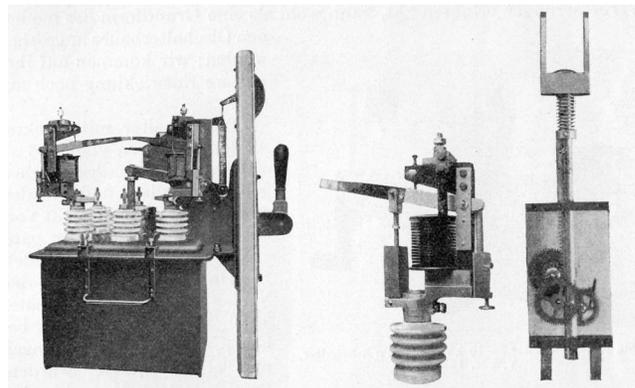
Ebenfalls 1900 konstruierte BBC einen Dreh-Ölschalter, den A. Aichele mit einer Einrichtung zur direkten Maximalstromauslösung versah (*Bild 2*). Beim Einschalten wurde das schwere Gewicht um 180° angehoben und verklinkt. Die Schaltmesser selbst machten nur einen Schaltwinkel von etwa 90°. Der Unterschied musste also im Innern des Schalters durch Mitnehmernocken ausgeglichen werden. Dadurch wurde aber auch erreicht, dass das Gewicht bei der Auslösung zunächst einen erheblichen freien Fall hatte, was für die Auslösesicherheit wichtig war. Die Auslösung erfolgte durch drei Ferrarisscheiben, die gemeinsam auf einer Welle aus Isolationsmaterial aufgesetzt waren. Durch ein Ritzel wurde ein größeres Zahnrädchen angetrieben, an dem als Gegenkraft ein kleines einstellbares Hebelgewicht angebracht war, das bei der Auslösung angehoben werden musste. Gleichzeitig wurde ein Ärm-



*Bild 2: Ölschalter mit direkter Maximal-Zeit-Auslösung, BBC, 1900*



*Bild 3: Ölschalter mit direkter Auslösung, 6 kV, AEG, 1904*



*Bild 4: Ölschalter mit direkter Auslösung, 6 kV, V&H, 1906*

chen mit bewegt, das bei vollem Ablauf die Verklückung das Auslösgewichtes löste. So hatte man bereits eine stromabhängige Auslösung erreicht.

Einen 6-kV-Ölschalter mit direkter Auslösung von AEG aus dem Jahre 1904 zeigt *Bild 3* sowie von V&H von 1906 (*Bild 4*). In diesem Zusammenhang sei auch auf den auf

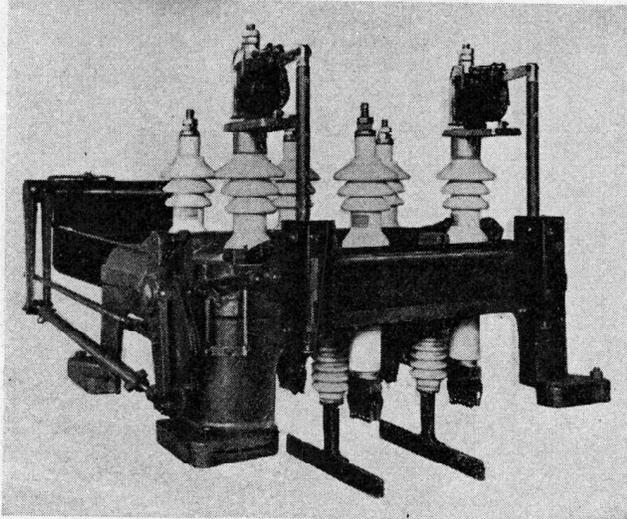


Bild 5: RWE-Schalter, 5–10 kV, V&H, 1908

Anregung von *Goldenberg*, Direktor der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke, 1908 von V&H geschaffenen RWE-Schalter (Bild 5) hingewiesen.

Bei den Primärauslösern, die grundsätzlich unter Hochspannung betrieben und in der Regel an den Schalterpol-durchführungen befestigt wurden, wurde die Wicklung der Stromspule direkt in den zu überwachenden Stromkreis geschaltet und das Schaltschloss über eine Isolierstange auf elektrischem Wege entklinkt oder rein mechanisch betätigt (Bild 6) [2].

BBC bezeichnete den 1915 gefertigten Primärauslöser mit „Hauptstrom-Zeitrelais, Bauart H“. Bild 7 zeigt eine verbesserte „hochkurzschlussfeste Bauart HB4“ von 1936.

Primärrelais

Während beim Primärauslöser die Leistungsschalterauslösung rein mechanisch vorgenommen wird, erfolgt beim Primärrelais die Ausimpulsübertragung durch eine vom Wandlerstrom gewonnene oder externe Hilfsspannung. Als Beispiel sei hier das Primärrelais MUT mit thermischer Überlast- und Kurzschlussstromfunktion von *Sprecher + Schuh* aus dem Jahre 1969 (Bild 8).

Alle Einstellvorrichtungen und Skalen sind auf der Frontplatte der Relais angeordnet und Einstellungen oder Änderungen können während des Betriebes mit einer isolierten Bedienungsstange vorgenommen werden.

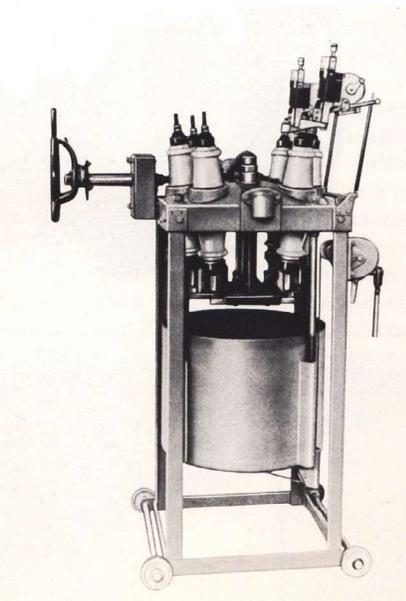


Bild 6: Ölschalter, Sachsenwerk Dresden, um 1918

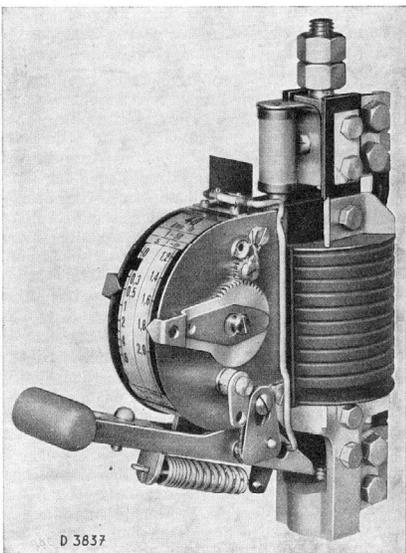


Bild 7: Hochkurzschlussfestes Hauptstromrelais HB4, BBC, 1936

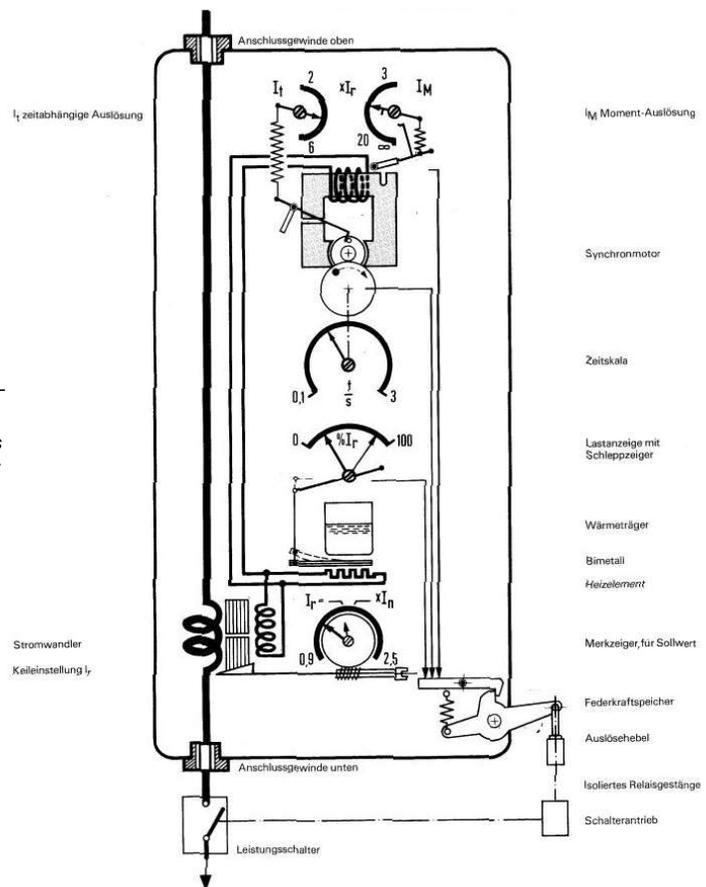


Bild 8: Funktion Primärrelais MUT1, *Sprecher + Schuh*, 1969

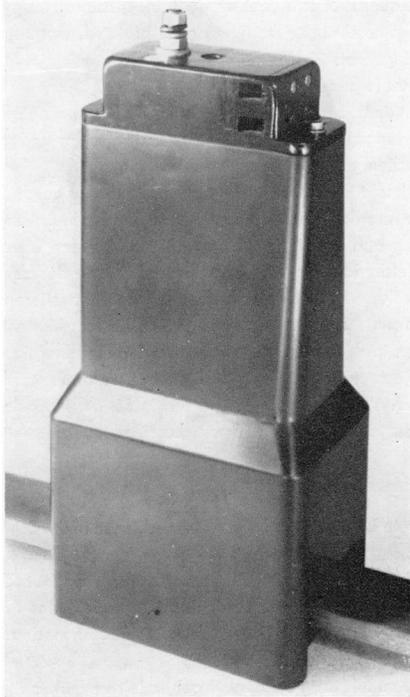


Bild 9: Primärrelais RSp20, IFE, 1968

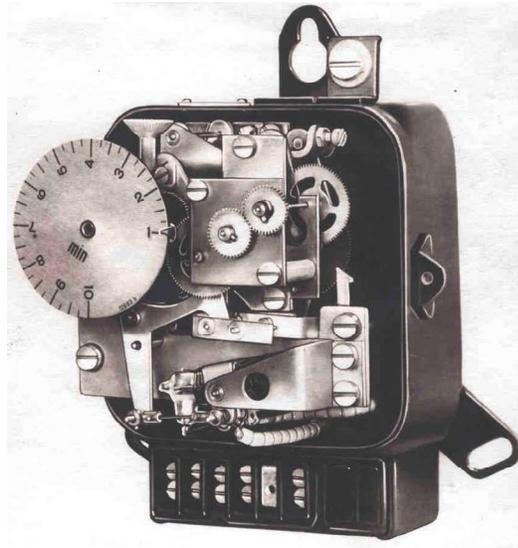


Bild 11: Zeitrelais mit Uhrwerk Rs104, S&H

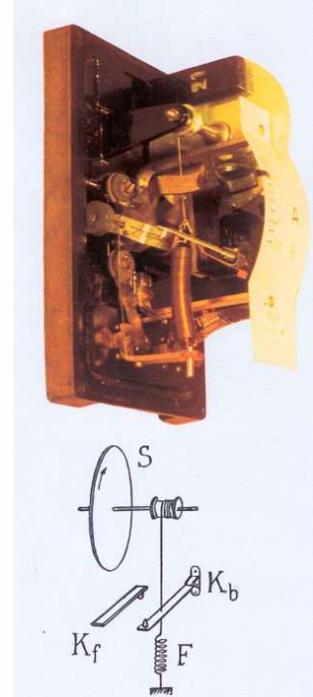


Bild 12: Überstromrelais RA1, S&H, 1925

Das IFE Leipzig entwickelte 1968 das Primärrelais RSp20 (Bild 9) [3]. Es wird in Mittelspannungsschaltzellen direkt auf die Schiene aufgesetzt. Ein durch Gießharz isolierter Schutzgaskontakt wird durch das Magnetfeld des Primärleiters betätigt. Der Einstellbereich der Überstromanregung ist 300 bis 1800 A.

In Zusammenhang mit einem Kondensatorauslöserelais, Fa. Kröber, Radebeul (Bild 10), ist ein Überstromzeitschutz realisiert.

**Sekundärschutz**

**Überstromzeitschutz**

Aus Selektivitätsgründen machte sich die Einführung einer Zeitverzögerung erforderlich. Den Ausdruck „Selektivität“ kannte man in dieser Zeit zwar schon, wurde allerdings

zunächst nur in der Fernsprechtechnik zur Unterscheidung von intermittierenden und dauernden Strömen verwandt. Im Jahre 1901 erfolgt die Einführung des Überstromschutzes noch ohne Zeitstafelung. Die spätere starre Zeiteinstellung wurde durch ein nachgeschaltetes getrenntes Zeitglied in Form eines Uhrhemm- oder Windflügelwerkes, Ökolben, Lederbalg o.ä. erreicht, das im Störfall von einem Elektromagneten über eine durchgespannte Zugfeder mit konstanter Geschwindigkeit zum Ablaufen gebracht wurde (Bild 11 und 12).

Kuhlmann schlägt 1908 in der ETZ zum ersten Mal die Ausdrücke „unabhängig“ und „abhängig“ für Auslöser und Relais [4]. Die – auch heute noch verwandten – Arten des Überstromzeitschutzes sind in Tabelle 1 und Bild 13 zusammengestellt.

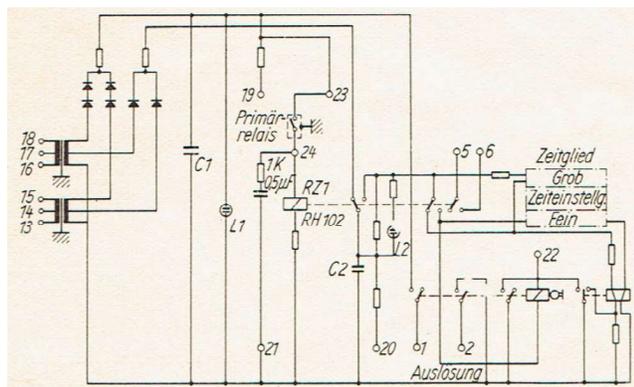


Bild 10: Primärrelais RSp20, IFE, mit Kondensatorauslösegerät KAZ, Kröber

Schutzart	deutsch	englisch
Thermischer Überstromzeitschutz	AMZ Abhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	IT Inverse Time Relay
Unabhängiger Überstromzeitschutz	UMZ unabhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	DT Definite Time Relay
Thermischer Überstromzeitschutz mit begrenzter Zeit	BMZ Begrenzt abhängiges Maximalstrom-Zeitrelais	IDMT Inverse-time-relay with Definitive Minimum Time Relay

Tabelle 1: Arten des Überstromzeitschutz

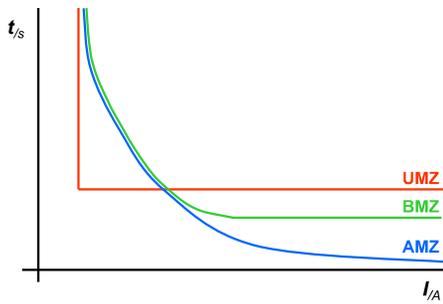


Bild 13: Kennlinien des Überstromzeitschutzes

1905 konstruiert und installiert ASEA das erste Schutzrelais, den Überstromzeitschutz Typ TCB (Bild 14).

Es ist bemerkenswert, dass es sich bei den ersten Überstromrelais um AMZ-Relais handelte, die von einer Ferrarischeibe angetrieben wurden. Damit sollte eine Anpassung an die Kennlinien der bis dahin benutzten Bleistreifensicherungen erreicht werden. Bei der Drehstromausführung dieses ersten AEG-Relais wirkten zwei von den Strömen verschiedener Leiter durchflossenen Triebssysteme auf eine gemeinsame Aluminiumscheibe ein. Durch das kreisförmige Magnetjoch ergab sich die für alle Relais eingeführte kreisrunde Form des Gehäuses (Bild 15) [5].

Ein Überstromrelais mit Verzögerung wurde 1902 von Charles Brown vorgeschlagen (Bild 16). Hierbei wurde ebenfalls eine Ferrarischeibe benutzt, welche ein Gewicht bei der Drehung anhebt. Mit der Änderung des Gewichtes 7 konnte der Ansprechwert und mit der Länge des sich auf der Trommel 5 aufspulenden Fadens 6 die Zeit des Schließens des Kontaktes 8 erreicht werden.

Auch beim Unabhängigen Überstromzeitrelais RAS4, S&H (Bild 17), wird die vom Strom unabhängige Laufzeit durch ein Ferraristriebwerk mit synchronisierter Laufscheibe erzielt. Ein im Streufeld liegender Anker, der unterhalb des Ansprechwertes die Laufscheibe festhält, gibt diese bei Überschreitung des Einstellwertes frei und kuppelt gleichzeitig den Kontaktarm mit der Laufscheibe. Durch Änderung der Federgegenkraft des Streuankers ist der Ansprechstrom einstellbar (obere Skala), durch Änderung des Kontaktweges die Laufzeit (untere Skala). Nach Verschwinden des Kurzschlussstromes fällt der Kontaktarm augenblicklich in seine Ausgangslage. Gegen einen Mehrpreis



Bild 14: Überstromzeitschutz TCB, ASEA, 1905

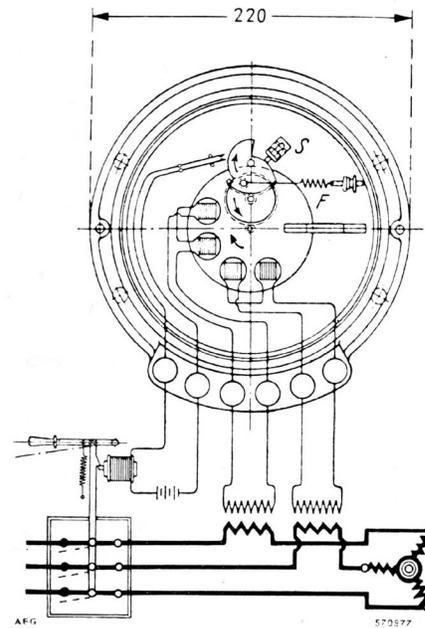


Bild 15: Zweipoliges Überstromzeitrelais. AEG., 1903

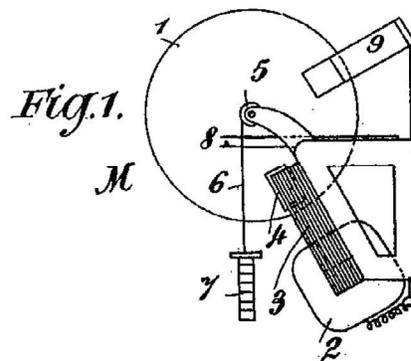


Bild 16: Überstromrelais mit Verzögerung, BBC, 1902

wurde ein von außen rückstellbarer Schleppzeiger beim Ablauf über die Sekundenskala mitgeführt und blieb nach dem Rückfallen des Relais stehen, wodurch die Dauer der Störung und Fehlerort angezeigt wurde [6].

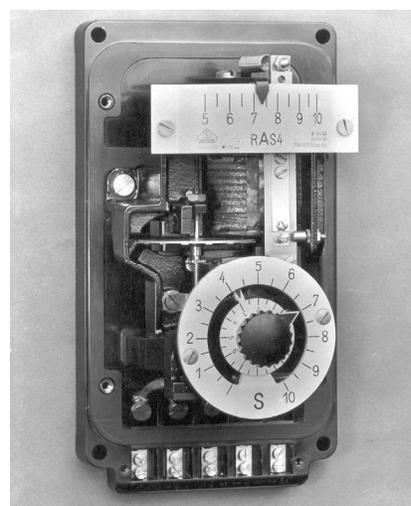


Bild 17: Unabhängiges Überstromzeitrelais RAS4, S&amp;H, 1934

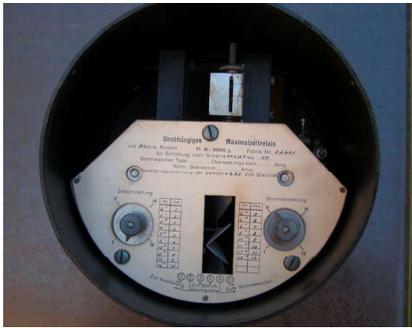


Bild 18: UMZ-Relais PI Nr. 69036G, AEG, 1914



Bild 19: AMZ-Relais PI Nr. 69007, AEG, 1916



Bild 20: AMZ-Relais PI Nr. 69043, AEG, 1923

Die runde Gehäuseform bei Bild 18 bis 20 lässt erkennen, dass die bei Messgeräten verwandten Messsysteme bzw. Gehäuse bei den Schutzgeräten zum Einsatz gelangten.

Die Sekundärrelais benötigten zu ihrer eigenen Funktion und zur Betätigung des Hilfsauslösers (AUS-Spule) des (damals meist Ölkessel-)Schalters eine netzunabhängige Hilfsenergie. Diese wurde auch damals schon nach einem Patent aus dem Jahre 1886 von *Henri Owen Tudor* (L) aus dem Jahr 1886 aus einem Akkumulator bereitgestellt.

In unbedeutenden Anlagen wurde die Wandlerstromauslösung zur Betätigung des Relais und des Leistungsschalters benutzt. Interessant ist, dass bei den ersten Wandlerstromlösungen pro Phase zwei vollwertige Stromwandler eingesetzt wurden, von denen einer das Relais und der andere den Auslöser speiste. In Deutschland verwendet man etwa 1908 die Wandlerstromauslösung, die darin bestand, dass der Auslöser für das Schaltschloss am Stromwandler elektrisch angeschlossen war und nur von diesem mit Strom beschickt wurde (Bild 21). Um auch hier eine verzögerte Auslösung zu erhalten, schaltete man parallel zum Auslöser eine Zeitsicherung, die nach Abschmelzen dem Überstrom den Weg in die Stromspule des Auslösers freigab (Cleveland-Schaltung) [7]. Man erhielt auch hier eine Kennlinie analog der Sicherung.

Zur wesentlichen Herabsetzung der Auslösezeiten bei diesem Schutzverfahren wurde 1934 von *Michael Walter*, AEG, ein Ergänzungsvorschlag unterbreitet. Beim Überschreiten eines bestimmten Stromwertes wird sprunghaft die Kommandozeit kleiner (Bild 22). Die Relaischaltung ist im Prinzipschaltbild einpolig dargestellt [8].

Die Wärmerelais mit Bimetallstreifen (Bild 23, zwei Metalle mit unterschiedlicher Wärmeausdehnung betätigen den Kontakt) kamen erst in den zwanziger Jahren zum Einsatz. Mit ihnen erreichte man ein thermisches Abbild der Wicklungserwärmung und somit ein gutes Kriterium zum Schutz gegen gefährliche Überlast.

Als Zeitstaffelschutz hatte der AMZ-Schutz den Nachteil, dass die Auslösezeiten stark mit dem Maschineneinsatz schwankten. Dies wäre eigentlich erwünscht. Die damals zur Verfügung stehenden Relais verringerten jedoch die Auslösezeit nicht genau umgekehrt proportional dem Strom, sondern eher schneller. Es konnte dann der Fall ein-

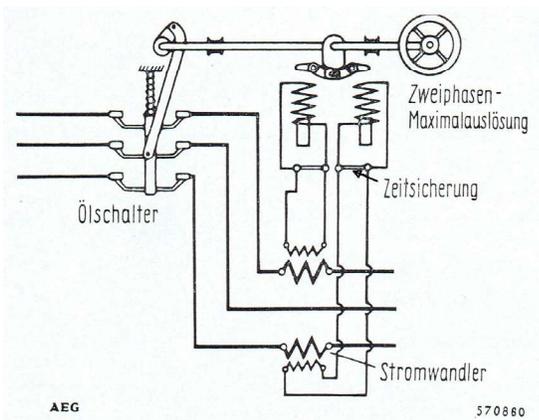


Bild 21: Wandlerstromauslösung mit Cleveland-Zeitsicherung, etwa 1908

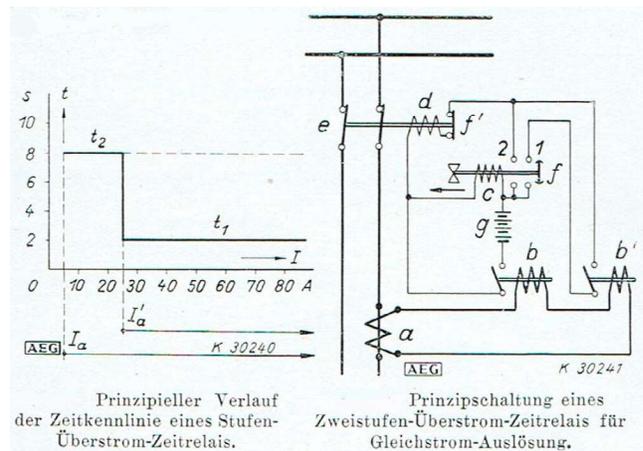


Bild 22: Zweistufen-Überstromzeitschutz, Walter, AEG, 1934



treten, dass die Staffelzeiten zu klein wurden und die Selektivität nicht mehr gegeben war.

Ein besonderes Problem stellte der Ölschalter dar. Ein heute für uns klingendes Kuriosum war, dass 1919 vorgeschrieben war, dass Ölkesselschalter erst nach einer Verzögerung von 1 s zur Auslösung gebracht werden sollen, da dann der Kurzschlussstrom auf einen niedrigeren Ausschaltstrom abgeklungen ist. Damit sollten die Schalter geschont und ihre Zerstörungen vermieden werden.

In einer Einstellvorschrift wurde 1919 eine Zeitverzögerung von 1 s gefordert [9].

In Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke Nr. 276 von 1920 [10] ist zu lesen:

**Tritt ein Fehler auf der Leitung auf (Erd- oder Kurzschluß), so wird die große Zeiteinstellung der Auslöser auf das zulässige Mindestmaß ( $\frac{3}{4}$  bis 1 Sekunde mit Rücksicht auf den plötzlichen Kurzschlußstrom) gebracht. Die Auslöser werden, wie wir sagen, „geweckt“.**

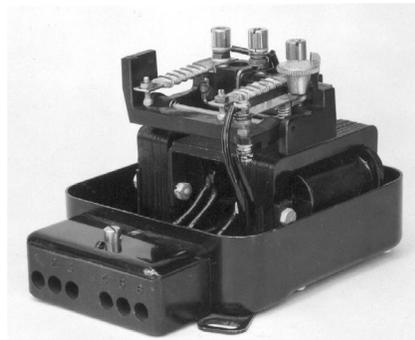


Bild 23: Bimetal-Sekundärrelais R1325, SSW, 1932

*Schutzrelaisplan der 20er Jahre*

Mit der Entstehung von Verbundnetzen als vermaschtes Netz mit verteilten Kraftwerken Anfang der 20er Jahren treten Probleme auf, mit dem Überstromzeitschutz eine Selektivität bei Leitungsfehlern zu erreichen. Durch Erhöhung der Kommandozeit in Kraftwerksnähe versuchte man das Problem zu lösen. Die dabei sich ergebenden Kommandozeiten für den Kurzschlusschutz zeigt Bild 24 für das 100-kV-Netz des Bayernwerkes von 1925 [11]. In Bild 25 ist aus dem Schutzrelaisplan von 1922 (links vergrößert) die Einstellung im KW Zschornowitz, Feld 5 und 6, 110-kV-Leitung Berlin Friedrichsfelde, der Überstromanregewert von 200 A und die Kommandozeit von 10 s erkennbar.

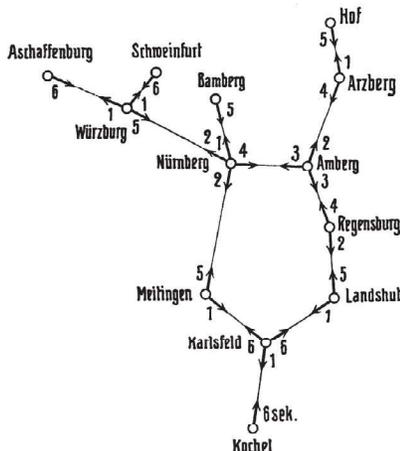


Bild 24: Kommandozeiten Kurzschlusschutz, 100-kV-Netz, BAG, 1925

*Ein- und mehrpolige Schutzrelais*

Da im isolierten oder kompensierten Netz bei Kurzschlüssen wenigstens zwei Leiter beteiligt sein müssen, setzte man aus Kostengründen gern nur in zwei Leitern, R(L1) und T(L3), Stromwandler und einpolige Relais bzw. Schutzrelais mit nur zwei Anregegliedern ein.

Aus Redundanzgründen bei Versagen eines Wandlers oder Anregeglieders ging man doch häufig auf dreipoligen Schutz über (Bild 26 und 27).

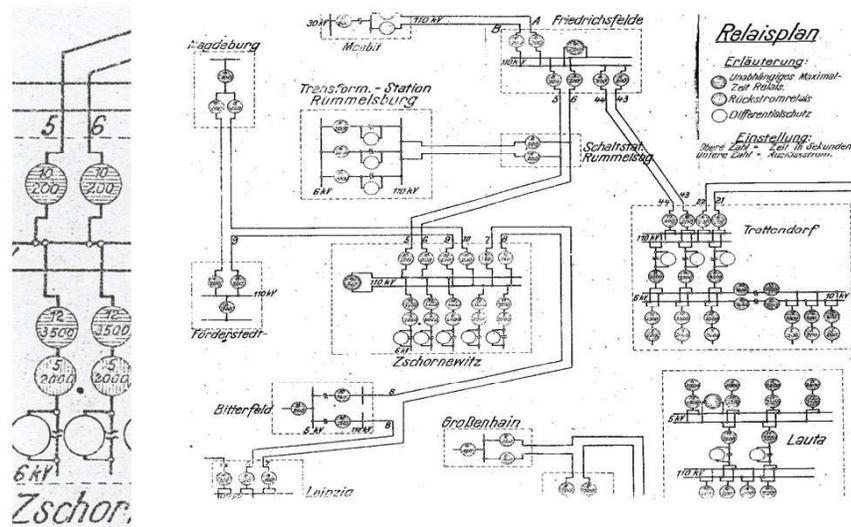


Bild 25: Auszug 110-kV-Schutzrelaisplan, 1922

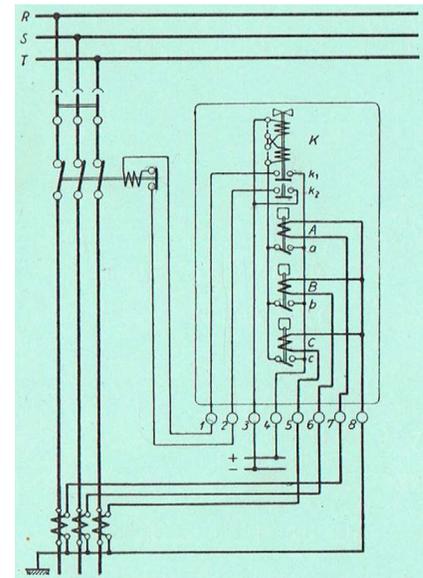


Bild 26: UMZ-Relais RS23f, AEG, 1935

## Quellen

- [1] Vogelsang, M.: Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik. Zweiter Band, Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. 176 S.; Verlag von Julius Springer, Berlin: 1929
- [2] Schöllhorn, G.: Elektrotechnik in Nordbayern. Eine Dokumentation. 75 Jahre VDE Bezirksverein Nordbayern e. V., Hrsg. VDE Bezirksverein Nordbayern e. V. 1985
- [3] Ulbricht, R.: Ein neuartiges Primärrelais für Mittelspannungsschaltanlagen. *Energietechnik* 19(1969)1,35-38
- [4] Kuhlmann: Besondere Schutzzeineinrichtungen gegen gefährbringende Ströme in elektrischen Netzen. *ETZ* (1908) S. 316
- [5] Schweder, B.: Forschen und Schaffen. Beiträge der AEG zur Entwicklung der Elektrotechnik bis zum Wiederaufbau nach dem zweiten Weltkrieg. Band 1, 472 S.; Band 2, 472 S. u. Band 3, 520 S., Hrsg. AEG, Berlin 1965
- [6] Ein neues unabhängiges Überstrom-Zeitrelais. *ETZ* (1934)48,1178
- [7] Walter, M.: Die Entwicklung des selektiven Kurzschlußschutzes, *Elektrizitätswirtschaft* 66(1967)11,317-323
- [8] Walter, M.: Neue Verfahren beim Überstrom-Zeitschutz. Erweiterter Sonderdruck aus *ETZ* 55(1934)9,206-208, AEG, Rs/V 1218, März 34
- [9] Biermanns, J.: Über den Schutz elektrischer Verteilungsanlagen gegen Überströme. *ETZ* 40(1919)47,593-597; 48,612-617 u. 50,648-653
- [10] Petersen: Ueberstrom- und Ueberspannungsschutz. Mitteilung der Vereinigung der Elektrizitätswerke. XIX(1920) I.November-Nummer, Nr. 276, S.275-281
- [11] Menge, A.: Das Bayernwerk und seine Kraftquellen. Berlin: 1925, Verlag von Julius Springer
- [12] Schossig, W.: Generations of Protection. The Beginning of electromechanical Overcurrent Protection (Die Schutzgenerationen. (Der Beginn des elektromechanischen Überstromschutzes). *PAC*.June.2012, p.70-76  
[www.pacw.org/previous-magazines-2012-flippable](http://www.pacw.org/previous-magazines-2012-flippable)

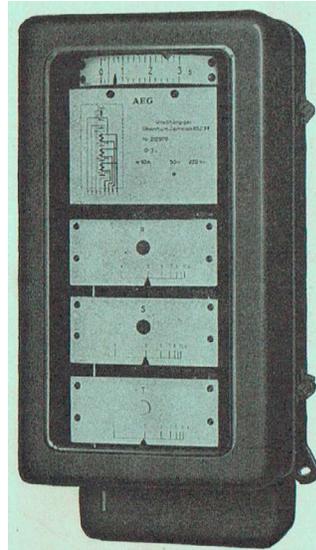


Bild 27:  
RZZ3f, AEG, 1935

Bilder: Autor



Dipl.-Ing. Walter Schossig  
VDE Thüringen  
VDE AK07 „Relais- und Schutztechnik“ und  
Mitarbeit Ausschuss „Geschichte der  
Elektrotechnik“  
[info@walter-schossig.de](mailto:info@walter-schossig.de)  
[www.walter-schossig.de](http://www.walter-schossig.de)