

Inhalt

Grundlagen der Selektivschutztechnik

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. *Herbert Stimmer*, Technische Universität Wien

1	Fehler und Fehlerursachen	17
2	Fehlerarten	18
2.1	Spannungsbezeichnungen im Drehstromsystem	19
2.2	Sternpunktbehandlung im Drehstromsystem	20
2.2.1	Niederohmige Sternpunktterdung	20
2.2.2	Erdschlußlöschung, Erdschlußkompensation	20
2.3	Isolationsfehler im Drehstromsystem	21
2.3.1	Symmetrische Fehler	22
2.3.2	Unsymmetrische Fehler	23
2.3.2.1	Zweipoliger Kurzschluß ohne Erdberührung	23
2.3.2.2	Zweipoliger Kurzschluß mit Erdberührung im Netz mit Erdschlußkompensation	23
2.3.2.3	Zweipoliger Erdkurzschluß im Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung	24
2.3.2.4	Einpoliger Erdschluß im Netz mit Erdschlußkompensation	25
2.3.2.5	Einpoliger Erdkurzschluß im Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung	26
2.3.2.6	Bauchsches Paradoxon	26
3	Auswirkungen von Isolationsfehlern	27
4	Aufgabe von Schutzeinrichtungen	27
5	Grundsätzliche Wirkungsweise von Schutzeinrichtungen	28
6	Grundbegriffe der Selektivschutztechnik	29
6.1	Begriffsbestimmungen	29
6.2	Funktionsdiagramme	34
7	Anforderungen an Schutzeinrichtungen	37
7.1	Selektivität	38
7.1.1	Fehlerortselektivität mittels Zeitstaffelung	39
7.1.1.1	Unabhängige Zeitkennlinie	39
7.1.1.2	Abhängige Zeitkennlinie	40

7.1.2	Fehlerortselektivität mittels Vergleichsmessung	41
7.1.3	Fehlerartselektivität	42
7.2	Schnelligkeit	42
7.3	Genauigkeit und Empfindlichkeit	43
7.4	Zuverlässigkeit	44
7.5	Elektromagnetische Verträglichkeit	44
7.6	Wirtschaftliche Angemessenheit	45
8	Meßverfahren der Selektivschutztechnik	45
8.1	Direkte Messung einer elektrischen Größe	46
8.2	Bildung einer abgeleiteten elektrischen Größe	47
8.2.1	Distanzmessung	47
8.2.2	Richtungsmessung	50
8.2.3	Bildung einer symmetrischen Komponente	51
8.3	Vergleichsmessung einer elektrischen Größe	51
8.4	Messung einer Pilotgröße	53
9	Statische Schutzeinrichtungen	53
10	Weitere Entwicklungen	55
11	Schlußbemerkung	55
12	Literatur	56
12.1	Allgemein	56
12.2	Kurzschlußberechnung	56
12.3	Schutztechnik	56

Sternpunktbehandlung

Dipl.-Ing. *Rolf Requa*, RWE AG, Brauweiler

1	Netze mit isoliertem (freiem) Sternpunkt	57
2	Netze mit Erdschlußlöschung (Erdschlußkompensation)	59
3	Netze mit niederohmiger Sternpunkterdung	62
4	Netze mit strombegrenzenden Sternpunktwideständen	65
5	Probleme, die sich aus der gleichzeitigen Beschaltung verschiedener Sternpunkte eines Transformators ergeben	69

6	Spezielle Probleme, die sich aus der unterschiedlichen Sternpunktbehandlung der Netze ergeben	69
7	Zusammenfassung	72
8	Literatur	72

Der Schutz von Leitungen und Kabeln

Dipl.-Ing. *Horst Hauser*, AEG Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M.

1	Einleitung	73
2	Zeitstaffelschutzeinrichtungen	73
2.1	Überstromschutz	74
2.2	Distanzschutz	76
2.2.1	Unterimpedanzanregungen	85
2.2.2	Kurzunterbrechung	89
2.2.3	Mitnahmeverfahren	90
3	Vergleichsschutzeinrichtungen	93
3.1	Signalvergleichsschutz	93
3.2	Meßwertvergleichs-Schutzeinrichtungen	95
3.2.1	Leitungsdifferentialschutz	96
3.2.2	Phasenvergleichsschutz	98
4	Reserveschutz	100
5	Schutzeinrichtungen in Digitaltechnik	101

Der Schutz von Transformatoren

Dipl.-Ing. Dr.-techn. *Lothar Fickert*, Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke, Wien

1	Einleitung	103
2	Elektrische Fehler	103
2.1	Elektrische Fehler im Innern des Transformators	103
2.2	Elektrische Fehler außerhalb des Transformators	105
2.3	Nichtelektrische Fehler	106
2.4	Auswirkungen	106

3	Sicherungen als Transformatorschutz	107
4	Buchholzschutz	108
5	Überlastschutz	109
6	Differentialschutz	110
6.1	Ansprechniveau und Stabilisierung	111
6.2	Phasendrehung und Zwischenwandler	113
6.3	Rush-Strom	114
7	Reserveschutz	116
8	Spezielle Schutzeinrichtungen	117
9	Literatur	119

Der Schutz von Sammelschienen

Ing. *Ludwig Zimmerl*, Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke, Wien

1	Sammelschienenschutz	121
1.1	Einleitung	121
1.2	Gründe für den Einsatz eines Sammelschienenschutzes	122
1.2.1	Stabilität des Netzbetriebs	122
1.2.2	Sicherheit bei Sammelschienenfehlern	122
1.2.3	Torsionsbeanspruchung der Wellen sehr großer Maschinensätze	123
1.2.4	Beeinflussungs- und Berührungsspannungen	123
1.3	Anforderungen an den Sammelschienenschutz	123
1.3.1	Selektivität	123
1.3.2	Kommandozeiten	123
1.3.3	Zuverlässigkeit	123
1.3.4	Freizügigkeit in der Betriebsführung	123
1.3.5	Mitnahmeschaltung	123
1.3.6	Überwachungseinrichtung	124
1.3.6.1	Dauerüberwachung	124
1.3.6.1.1	Summenstromüberwachung	125
1.3.6.2	Trennerstellungsnachbild	125
1.3.6.3	Prüfeinrichtung	125
1.3.7	Sicherheit gegen Störbeeinflussung	125
1.4	Meßprinzipien von Sammelschienenschutzeinrichtungen für die Hoch- und Höchstspannungsebene	125
1.4.1	Meßverfahren	125
1.4.1.1	Stromgrößenvergleich	125

1.4.1.2	Hochimpedanzschutz	127
1.4.1.3	Phasenvergleich	127
1.4.1.4	Verknüpfung von Abgangsschutzeinrichtungen	128
1.4.2	Meßprinzip der Kupplungen	128
1.4.2.1	Kupplung mit zwei Hauptstromwandlersätzen	128
1.4.2.2	Kupplung mit einem Hauptstromwandlersatz	130
1.5	Anforderungen des Schutzes	130
1.5.1	Trennersteuerung	130
1.5.2	Kuppelschalter	130
1.5.3	Auslösungen	130
1.5.4	Batteriekapazität	130
1.5.5	Stromwandler	131
1.6	Sammelschienen-schutzeinrichtungen für die Mittelspannungsebene	131
1.6.1	Abfrage der Anregungen	131
1.6.2	Phasenvergleich	131
1.6.2.1	Freigabekriterien	131
1.6.2.2	Funktion der Nulldurchgangs-Erfassungseinrichtung	133
2	Relais- und Schalterversagerschutz	134
2.1	Allgemeines	134
2.2	Relaisversagerschutz	134
2.3	Schalterversagerschutz	135
3	Sammelschienen-Erdschlußschutz (ESS)	135
3.1	Gründe für den Einbau	135
3.2	Selektivität	135
3.3	Meßprinzip – Arbeitsweise	135
3.3.1	Auswertung des Einschwingstroms und des stationären Stroms der fünften Oberschwingung	135
3.3.2	Hochimpedanz-Differentialmessung	137

Erdschlußortung in induktiv geerdeten Netzen

Dipl.-Ing. *Wilhelm Hadick*, Energie-Versorgung Schwaben AG, Wendlingen

1	Vorgänge im Netz während eines Erdschlusses und mögliche Kriterien zu seiner Ortung	139
2	Verfahren der Erdschlußortung	146
2.1	Unsymmetriespannung als Erdschlußsuchkriterium	146
2.2	Summenstrom als Erdschlußsuchkriterium	147

2.3	Unsymmetriespannung in Verbindung mit dem Summenstrom als Erdschlußsuchkriterium	154
3	Zusammenfassung	163
4	Literatur	163

Kurzunterbrechung im Freileitungsnetz

Dipl.-Ing. (FH) *Gerhard Aldinger*, Ueberlandwerk Jagstkreis AG, Ellwangen

1	Allgemeines	165
2	VDEW-Störungs- und Schadensstatistik	165
3	Kurzunterbrechung	167
4	Voraussetzungen für erfolgreiche Kurzunterbrechung	170
5	Kurzunterbrechung und Netzschutz	174
6	Aufgaben und Ausführungsformen der KU-Einrichtung	177
7	Sonderanwendungen	180
7.1	Gruppenschaltung	180
7.2	Zwei- oder mehrstufige Kurzunterbrechung	181
7.3	Erdschlußsuche mittels Kurzunterbrechung	182
8	Auswirkungen der Kurzunterbrechung auf Netz und Verbraucher	183
9	Literatur	185

Fehlerortung in Hochspannungsnetzen

Dipl.-Ing. *Erwin Zurowski*, Siemens AG, Erlangen

1	Bedeutung des Fehlerorters für den Netzbetrieb	187
1.1	Fehlerortungsverfahren	187
2	Off-line-Fehlerortung in Kabelnetzen	188
12		

2.1	Vorortung	188
2.2	Punktgenaue Nachortung	189
3	Off-line-Fehlerortung in Freileitungsnetzen	191
4	On-line-Fehlerortung in Freileitungsnetzen	191
4.1	Vergleich On-line-Fehlerorter und Distanzschutz	192
5	Einflüsse der Primär-Betriebsmittel	193
6	Gegenseitige Beeinflussung bei Doppelleitungen	195
7	Einfluß der zweiseitigen Speisung bei Erdkurzschlüssen	196
8	Ausführungsvarianten des Fehlerorters im Rahmen des analogen Netzschutzes	198
9	Meßschaltung	198
10	Fehlerortung im Rahmen des digitalen Abzweigschutzes und der mikroprozessorgeführten Leittechnik für Schaltanlagen	199
10.1	Meßverfahren	102
11	Optimierungsmöglichkeiten durch die Netzleitstelle	205
12	Literatur	206

Anforderungen an Wandler für den Selektivschutz

Dr.-Ing. *Willi Müller*, Siemens AG, Berlin

1	Einleitung	207
2	Induktive Stromwandler	207
2.1	Allgemeines	207
2.2	Induktive Stromwandler zur Übertragung stationärer Kurzschlußströme	209
2.3	Induktive Stromwandler zur Übertragung verlagertener Kurzschlußströme	210
2.3.1	Stromwandler mit geschlossenem Eisenkern	211
2.3.2	Stromwandler mit Antiremanenzluftspalt	211
2.3.3	Stromwandler mit Linearkern	212
2.4	Frequenzbandbreite induktiver Stromwandler	214

3	Unkonventionelle Stromwandler	214
3.1	Gründe für die Entwicklung	214
3.2	Magneto-optischer Stromwandler	215
4	Induktive Spannungswandler	216
4.1	Allgemeines	216
4.2	Frequenzbandbreite	218
4.3	Fremdfeldbeeinflussung	218
4.4	Ein- und Ausschalten induktiver Spannungswandler	219
5	Kapazitives Meßprinzip	220
5.1	Kapazitive Wandler mit induktivem Basisteil	220
5.2	Kapazitiver Teiler mit Verstärker	221
6	Stand der Entwicklung	223
6.1	Stromwandler	223
6.2	Spannungswandler	224
7	Literatur	224

Störwerterfassung in elektrischen Netzen

Dipl.-Ing. (FH) *Helmut Hubensteiner*, Bayernwerk AG, München

1	Einführung	225
2	Aufgaben der Störwerterfassung	225
3	Anforderungen an die Störwerterfassung	225
4	Einrichtungen zur Störwerterfassung	226
4.1	Elektromechanische Störschreiber	226
4.1.1	Konventionelle Störschreiber mit Papieraufzeichnung	226
4.1.2	Perturbograph	228
4.1.3	Magnetbandstörschreiber mit Analogaufzeichnung	228
4.2	Statische Störwerterfassungssysteme	229
4.2.1	Störwerterfassung mit digitalem Datenspeicher und örtlicher Dokumentation	229
4.2.2	Störwerterfassung mit digitalem Speicher und zentraler Dokumentation	232

5	Informationen aus dem digitalen Schutz	237
6	Hinweise für den praktischen Einsatz	237
6.1	Mittelspannungsnetze	237
6.2	Hochspannungsnetze	238
6.3	Höchstspannungsnetze	239

Frequenzabhängige Lastanpassung

Dr.-Ing. *Günther Brauner*, AEG Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M.

1	Einleitung	241
2	Wahrscheinlichkeit von Leistungsdefiziten	241
3	Zeitbereiche der Leistungsbereitstellung	242
3.1	Kinetik der Schwungmassen	243
3.2	Primärregelung	244
3.3	Sekundärregelung	249
4	Maßnahmen bei Großstörungen	250
4.1	Netzentkupplung	250
4.2	Gezielte Lastanpassung	250
4.3	Gleichmäßige Lastanpassung	251
4.3.1	Frequenzbereich	251
4.3.2	Frequenzstufung	252
5	Auslösekriterien	252
5.1	Diskrete Frequenzstufung	252
5.2	Kontinuierliche Frequenzstufung	252
5.3	Frequenzgradient	254
5.4	Zeitverzögerung	256
6	Eigenschaften moderner Frequenzrelais	256
7	Spannungshaltung und Blindleistungsprobleme	258
8	Schlußfolgerung	258
9	Literatur	258

Entwicklungstendenzen in der Selektivschutztechnik

Dipl.-Ing. (FH) *Helmut Hubensteiner*, Bayernwerk AG, München

1	Einführung	261
2	Rückblick	261
3	Heutiger Stand der Schutztechnik	262
4	Entwicklungen in der Digitaltechnik	265
4.1	Frequenzrelais	265
4.2	Motorschutzrelais	267
4.3	Distanzschutz	268
4.4	Stationsleittechnik	270