

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Aufgabe des Fehlerschutzes	1
B. Die Meßgrößen für den Fehlerschutz und die Selektionsmöglichkeiten	2
I. Die Meßgrößen bei Kurzschluß und Doppelerdschluß	3
a) Der Strom	3
1. Anwurf	3
2. Der Strom in Staffelschutzsystemen	4
3. Der Strom in Vergleichsschutzsystemen	7
4. Sonstige Anwendungen	8
5. Stromauswahl	8
b) Die Spannung	9
c) Die Leistung	11
1. Die Leistung in Staffelschutzsystemen	11
2. Die Leistung in Vergleichsschutzsystemen	12
3. Zuordnung von Spannung und Strom	13
α) Einpolige Messung	13
β) Mehrpolige Messung	16
γ) Messung der Gegenkomponente der Leistung	16
d) Der Widerstand	18
1. Impedanz und Reaktanz als Meßgrößen	19
α) Impedanz	19
β) Reaktanz	19
γ) Impedanz mit verminderter Lichtbogenempfindlichkeit	20
1. Spannungs- oder Stromzusatz	20
2. Impedanzvergleich (Drehfeldrelais)	21
δ) Vergleich des Impedanz- und Reaktanzprinzipes	22
2. Widerstand als Meßgröße für den Anwurf	23
3. Staffelschutzsysteme	24
4. Widerstand als Richtungsentscheid	26
5. Zuordnung von Strom und Spannung	28
α) Beim Staffelschutz	28
β) Für den Anwurf	35
6. Darstellung der Widerstandsmeßgrößen im RX-Diagramm	37
e) Die Zeit als Meßgröße	40
1. Für Staffelschutzsysteme	40
2. Andere Anwendungen	42
f) Weitere nicht elektrische Meßgrößen	42
1. Die Temperatur	42
α) Direkter Wärmeschutz	43
β) Indirekter Wärmeschutz	43
2. Mechanische Meßgrößen	45
II. Die Meßgröße beim Erdschluß	45
a) Die Nullspannung	46
1. Leitungen	46
2. Maschinen	46
3. Künstliche Verlagerung des Erdpotentials	47
4. Bestimmung des erdgeschlossenen Leiters	48
b) Der Nullstrom	48
1. Leitungen	49
2. Maschinen	49

	Seite
c) Die Nulleistung	50
1. Leitungen	50
2. Maschinen	51
3. Zuordnung von Spannung und Strom	52
d) Verhalten des Erdschlußschutzes bei anderen Fehlern, insbesondere Doppelerdschlüssen	53
III. Die Meßgrößen bei Pendelungen	54
a) Der Einfluß von Pendelungen auf den Kurzschlußschutz	54
b) Möglichkeiten der Verhinderung von Falschauslösungen	56
c) Die Meßgrößen für Pendelsperren	57
d) Netzauftrennung	58
IV. Die Meßgrößen beim Rotorerdschluß	58
V. Die Meßgrößen bei einem Windungsschluß	59
C. Die Gewinnung der elektrischen Meßgrößen	59
I. Der Primärschutz	60
II. Der Sekundärschutz	61
a) Die Wandler	61
1. Die Spannungswandler	62
a) Die Eigenschaften	63
1. Transformatorische Spannungswandler	63
2. Kapazitive Spannungswandler	64
β) Aufbau von Spannungswandlern	66
γ) Schaltung von Spannungswandlern	67
δ) Anschluß von Spannungswandlern	69
2. Die Stromwandler	70
a) Die Eigenschaften	70
1. Ströme und Spannungen	70
2. Magnetisierungsstrom	71
3. Sekundärspannung und Bürde	72
4. Fehlergrenzen	72
5. Überstromziffer	73
6. Kurzschlußfestigkeit	73
β) Der Aufbau von Stromwandlern	74
γ) Schaltung der Stromwandler zur Gewinnung der Meßgrößen	74
1. Gewinnung der Leiter- und Dreieckströme	76
2. Gewinnung des Nullstromes	78
3. Gemeinsame Gewinnung von Leiter- und Nullströmen	80
4. Differenzbildung von Strömen	80
a) Längsvergleichsschaltung von Wandlern	81
b) Quervergleichsschaltung von Wandlern	88
δ) Anschluß und Schutz von Stromwandlern	89
b) Der Shunt	90
c) Hilfsmittel zur Gewinnung und Veränderung von Meßgrößen	90
1. Die künstliche Phasenverschiebung	90
2. Drehfeldschneider	92
3. Die künstliche Gewinnung der Meßgrößen beim Erdschluß	92
a) Erdungs-Widerstände	92
β) Spannungsabhängige Erdschlußwiderstände	93
γ) Künstliche Spannungsverlagerungen	94
δ) Isolierung der Erdleitung in der Schaltanlage	96
4. Spannungsabhängige Widerstände	96
D. Relais-Arten	97
I. Allgemeine Eigenschaften der Relais	98
a) Genauigkeit	98
b) Halteverhältnis	98
c) Eigenzeiten	100

	Seite
d) Temperaturabhängigkeit	101
e) Frequenz- und Oberwellenabhängigkeit	101
f) Kontakt-Eigenschaften	102
g) Verbrauch	103
h) Nennwerte	104
i) Überlastungsfähigkeit	104
II. Strom- und Spannungsrelais	104
a) Die Meßsysteme	104
1. Elektromagnetische Relais	105
2. Permanent-dynamische Relais	106
3. Induktionsrelais	107
4. Polarisierete Relais	110
b) Primär-Relais (Hauptstromrelais).	112
1. Unverzögerte Hauptstromrelais	112
2. Verzögerte Hauptstromrelais	112
a) Abhängig verzögerte Hauptstromrelais	112
β) Unabhängig verzögertes Hauptstromrelais	114
c) Sekundäre Strom- und Spannungsrelais	114
1. Unverzögerte Strom- und Spannungsrelais	115
2. Verzögerte Strom- und Spannungsrelais	116
a) Abhängige Verzögerung	116
1. Relais mit Hemmwerken	116
2. Induktionsrelais	117
β) Unabhängige Verzögerung	119
1. Mit getrennten Zeitwerken	119
2. Mit Hemmwerken	119
3. Induktionsrelais mit unabhängiger Verzögerung	120
4. Elektrische Zeitverzögerung	120
3. Stromvergleichsrelais	121
a) Prozentrelais	121
β) Sperr- und Freigaberelais	123
4. Spezielle Stromrelais	124
a) Momentanwert-Relais	124
β) Einschaltstoßsichere Stromrelais	125
III. Leistungsrelais	126
a) Die Meßsysteme	126
1. Induktionssystem	126
2. Dynamometrische Systeme	127
b) Richtungsrelais und Richtungsglieder	128
c) Selbständige Leistungsrelais (Erdschlußrelais)	132
IV. Widerstandsrelais	134
a) Unverzögerte Widerstandsrelais	135
1. Widerstandsanwurfrelais	135
2. Widerstands-Betätigungsrelais	137
b) Verzögerte Widerstandsrelais	142
1. Widerstandszeitrelais	143
a) Weg konstant, Geschwindigkeit variabel	143
β) Weg variabel, Geschwindigkeit konstant	144
γ) Weg und Geschwindigkeit variabel	146
2. Widerstandsstufenrelais	148
V. Thermische Relais	150
a) Direkte thermische Relais	150
b) Indirekte thermische Relais	151
1. Primäre Thermorelais	151
2. Sekundäre Thermorelais	152
a) Thermische Überlastrelais	152
β) Thermische Überstromzeitrelais	153

	Seite
VI. Mechanische Relais	153
E. Der Anwurfkreis	155
I. Schutz gegen Kurzschluß und Doppelerdschluß	155
a) Staffelschutzsysteme	155
1. Überstromschutz	155
α) Ungerichteter Überstromschutz	155
β) Gerichteter Überstromschutz	157
2. Spannungsschutz	157
3. Leistungsschutz	158
4. Widerstandsschutz	159
α) Der Stromanwurf	159
β) Widerstandsanwurfsschaltungen	160
γ) Widerstandszeitrelaisschaltungen	162
1. Drei- und Sechs-Relais-Schaltungen	162
2. Zwei-Relais-Schaltungen	166
3. Ein-Relais-Schaltungen	167
δ) Schaltungen des Richtungsgliedes	171
b) Vergleichsschutzsysteme	172
1. Der eigentliche Differentialschutz (Differenz-Meßgrößen)	172
α) Der Längsdifferentialschutz	172
β) Der Querdifferentialschutz	176
2. Stromrichtungsvergleichsschutz (Meßgrößenvergleich)	178
3. Leistungsvergleichsschutz (Betätigungsvergleich)	183
II. Schutz gegen Erdschluß	184
a) Erdschlußschutz für Leitungen	184
1. Zentrale Erdschlußmeldung	184
2. Selektive Erdschlußanzeige	186
3. Selektive Erdschlußabschaltung	186
b) Erdschlußschutz für Maschinen	187
1. Erdschlußschutz für Transformatoren	187
2. Erdschlußschutz für Generatoren	188
α) Der Generator arbeitet über Transformator auf ein Netz (Blockschaltung)	188
β) Der Generator arbeitet auf ein Netz mit großem Erdschlußstrom	189
γ) Der Generator arbeitet direkt auf ein Netz, Erdschlußstrom künstlich erzeugt	191
δ) Erdschlußschutz der abgeschalteten Maschine	193
3. Rotor-Erdschlußschutz	193
III. Schutz gegen Windungsschluß	194
IV. Schutz gegen Pendelungen	196
a) Pendelsperren	196
b) Pendelschutz	198
F. Der Betätigungskreis	199
I. Direkte Betätigung	199
a) Das Ausbrennen	200
b) Die Sicherung	200
1. Niederspannungssicherungen	200
2. Hochspannungssicherungen	203
c) Die Schutzschalter	205
1. Die Kleinautomaten	205
2. Motorschutzschalter	207
3. Spannungswandler-Schutzschalter	208
d) Die Primärauslöser	209
e) Auslösesicherung	210

Seite

II. Indirekte Betätigung	210
a) Die Stromquellen.	211
1. Gleichstrombetätigung	211
a) Schaltung und Auslegung	211
β) Überwachung	211
2. Wechselstrombetätigung	213
3. Wandlerstrombetätigung	213
b) Die Betätigungsarten	215
1. Die Abschaltung	216
2. Die Signalisierung	217
a) Signalisierung der Abschaltung	217
β) Reine Signalisierung	218
3. Die Feldschwächung	219
4. Inbetriebhaltung	221
5. Die Wiederezuschaltung	222
a) Wiederezuschaltung von fehlerfreien Anlagenteilen	222
β) Wiedereinschaltung fehlerhafter Leitungen	223
6. Sonstige Betätigungsarten	228
c) Übertragungskanäle für Vergleichsschutzsysteme (Betätigungs- vergleich)	228
1. Übertragungsarten	229
a) Arbeitsstromschaltungen	230
β) Ruhestromschaltungen	231
γ) Mitnahmeschaltungen	231
2. Übertragungsmittel.	233
a) Gleichstrom	233
β) Niederfrequenter Wechselstrom	234
γ) Mittelfrequenter Wechselstrom	235
δ) Hochfrequenzkanäle	236
ε) Kurzwellenkanal, drahtlos	238
3. Die Überwachung der Kanäle	239
G. Die Projektierung von Schutzanlagen	239
I. Wahl der Schutzart	240
a) Der Schutz von Generatoren	241
1. Großgeneratoren	241
a) Generator-Transformator-Gruppe (Blockschaltung)	241
β) Generator arbeitet direkt auf die Sammelschiene	244
2. Mittlere Generatoren	245
3. Kleinere Generatoren.	246
b) Der Schutz der Transformatoren.	247
1. Großtransformatoren	247
2. Mittlere Transformatoren	248
3. Netztransformatoren	249
4. Spannungswandler	250
c) Der Schutz von Motoren	250
d) Der Sammelschienenenschutz	252
e) Der Netzschutz	252
1. Höchstspannungsnetze	252
2. Hoch-(Mittel-)Spannungsnetze	253
3. Niederspannungsnetze	255
4. Kupplungen	255
II. Der Gang der Projektierung	257
a) Die Fehlerberechnung	257
b) Ansprechwerte	258

	Seite
1. Staffelschutz	258
2. Vergleichs- und Fehlerschutz	259
3. Richtungsglieder	261
c) Der Staffelplan	261
d) Auswahl der Wandler	265
e) Veränderungen während des Fehlers	267
f) Mehrfachfehler	269
H. Prüfung und Betrieb	271
I. Einbauprüfung und Inbetriebnahme	271
II. Laufende Prüfungen	272
III. Generalüberholung	273
IV. Relaisprüfeinrichtungen	273
a) Prüfschaltungen im eingeschalteten Netz	273
1. Netzversuche	274
2. Prüfung im normalen Betrieb mit Netzwerten	275
3. Überwachungseinrichtungen	275
b) Prüfungen mit Hilfsstromquellen	276
1. Primärprüfungen im abgeschalteten Zustande	276
2. Sekundärprüfungen	276
V. Störungskklärung	280
Schlußbetrachtung und Ausblick	282
Literaturverzeichnis	285
Sachverzeichnis	295
Berichtigungen zu Band I	302