

Die Bibel der **G**enerator- Schutztechnik

Das Inbetriebsetzungs-Buch der Profis

ALEXANDER MUTH



SAREX Communications e.K. ist ein Einzelunternehmen
des Inhabers Alexander Muth
© 2018, alle Rechte vorbehalten
4. Auflage: Juli 2018

Autor:
Dipl.- Ing. (FH) Alexander Muth (VDE) / (VGB)

Lektor:
Dr.-Ing. Udo Drechsler

Designkonzept:
Sarah Schulze

Bildbearbeitung:
Martin Vehma

Herausgeber:
SAREX Communications

www.schutztechnik.com info@schutztechnik.com

ISBN 978-3-00-050485-3

Die Bibel der Generator-Schutztechnik

Das Inbetriebsetzungs-Buch der Profis

von Alexander Muth

Hinweis:

Dieses E-Book ist für Sie persönlich lizenziert und mit einem digitalen Wasserzeichen versehen. Sie können es auf beliebig viele Endgeräte laden. Bitte beachten Sie, dass Ihr E-Book nur für den eigenen, persönlichen Gebrauch bestimmt ist und nicht weitergegeben werden darf. Mithilfe des Wasserzeichens ist es uns möglich, Rückschlüsse auf die Herkunft des E-Books zu ziehen.

HERZlichen Dank für Ihr Verständnis.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort		S. 7
Kapitel 1	Stromwandlerprüfung	S. 13
Kapitel 2	Spannungswandlerprüfung	S. 37
Kapitel 3	Funktionsprüfung	S. 58
Kapitel 4	Sekundärprüfung	S. 62
Kapitel 5	Ständererdschlussschutz 90 %	S. 76
Kapitel 6	Ständererdschlussschutz 100 %	S. 91
Kapitel 7	Läufererdschlussschutz	S. 109

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 8	Primärprüfung - Stromfahrt	S. 121
Kapitel 9	Primärprüfung - Spannungsfahrt	S. 158
Kapitel 10	Primärprüfung - Erdschlussfahrt	S. 168
Kapitel 11	Primärprüfung - Synchronisierung	S. 175
Kapitel 12	Last- und Rückleistungsfahrt	S. 177
Kapitel 13	Zusätzliche Formeln und Fakten	S. 182
Kapitel 14	Prüf-Checklisten	S. 193
Kapitel 15	Platz für deine Notizen	S. 197
Kapitel 16	Index	S. 206
Nachwort und Danksagung		S. 223

Vorwort

Dieses Handbuch ist die Plug and Play Bibel für alle, die sich das Inbetriebsetzen komplexer Generatorschutzsysteme zum beruflichen Lebensinhalt machen und auch für alle, die nur zeitweise mit der Inbetriebsetzung von Generatorschutzsystemen zu tun haben, sei es als Anlagenbetreiber oder als Experte für benachbarte Gewerke.

Der Generatorschutz ist und bleibt die unangefochtene Königsdisziplin der elektrischen Schutztechnik, die Geheimnisse seiner Inbetriebsetzung — der heilige Gral — werden hiermit gelüftet, denn in diesem kleinen Buch steckt unser gesamtes Wissen darüber, was für Inbetriebsetzungen wirklich wesentlich ist.

Das Buch dient als kompakter Vor-Ort-Begleiter im Hosentaschenformat, als schnell verfügbares Nachschlagewerk für den Profi, aber vor allem auch als How-To-Do-Guide für Anlagenbetreiber, die aufgrund

k(l)einer werdender Projekt- und Instandhaltungsbudgets immer häufiger selbst Hand anlegen müssen. Darüber hinaus erhalten Studenten und Berufsanfänger tiefe Einblicke in die „geheimnisvolle Welt“ der Generatorschutztechnik.

Wir erklären die erforderlichen Prüfungen für Strom- und Spannungswandler, den Binde- und Trenngliedern zwischen den primären Messgrößen und der im Schutz verarbeiteten sekundären Messsignale. Was müssen wir tun, um Ständer- und Läufererdschlussschutz in Betrieb zunehmen? Wie werden Primär- und Sekundärschutzprüfungen durchgeführt? Was müssen wir bei der Inbetriebsetzung einer Synchronisiereinrichtung beachten? In diesem kleinen Buch sind alle zur Generatorschutz-Inbetriebsetzung erforderlichen Prüfungen enthalten und detailliert beschrieben. In der Regel starten wir mit den Vorprüfungen aller vorhandenen Stromwandlerkreise (Kapitel 1).

Oft ist es in der Schutztechnik die Kunst sehr komplexe Sachverhalte auf das Wesentliche zu reduzieren.

Mein damaliger Hochschulprofessor Alfred Tempel sagte es einmal so:

Jede Lösung muss auf einen Bierdeckel passen !

Wir hoffen, euch mit diesem „etwas anderen“ Fachbuch zu inspirieren, den Mut und das Vertrauen zu finden, die Dinge selbst in die Hand zu nehmen, und den bei der Inbetriebsetzung definitiv immer vorhandenen Spaß für euch zu entdecken.

P.S.: Da jeder immer nur so gut ist wie sein Team, schreibe ich in der Wir-Form.

Alexander Muth

Sicherheitshinweis

Nichtbeachtung der folgenden Hinweise kann Tod, Körperverletzung oder erheblichen Sachschaden zur Folge haben!

Bei allen im Buch beschriebenen Prüfungen können gefährliche Spannungen auftreten. Die Sicherheitsregeln und Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen sind bedingungslos einzuhalten. Für Arbeiten an der Primäranlage muss sich der Generator immer im Stillstand befinden und es sind geeignete Erdungs- und Kurzschlussmaßnahmen an den jeweiligen Arbeitsstellen vorzusehen. Im Rahmen einer Primärprüfung an einem Turbosatz ist darauf zu achten, dass es zu keiner Überhitzung der Turbine kommt.

Die beschriebenen Arbeiten dürfen nur durch qualifiziertes Personal durchgeführt werden. Dieses muss gründlich mit den einschlägigen Sicherheitsvorschriften und Sicherheitsmaßnahmen sowie den Warn-

hinweisen aus den Handbüchern der Lieferanten der verwendeten Komponenten vertraut sein. Die im Buch beschriebenen Inhalte stellen keine Arbeitsanweisungen dar. Sie müssen in jedem einzelnen Punkt hinsichtlich der Sicherheitsregeln und Sicherheitsvorschriften durchdacht werden. Die beschriebenen Inhalte erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

„ Erfahrung nennt man die Summe aller unserer Irrtümer. “

Thomas Alva Edison

Kapitel 1 - Stromwandlerprüfung

Was ist hier Phase ?

Generell sind bei der Inbetriebsetzung von Stromwandlern immer zwei Dinge zu prüfen:

- **die Sekundärkreisverdrahtung** inklusive angeschlossener Geräte
- **der Wandler** selbst

Dabei ist die hier beschriebene Reihenfolge entscheidend, da vor der Übersetzungsmessung des Wandlers geschlossene und einwandfrei bebürdete Sekundärkreise nachgewiesen werden müssen.

Wie überall in der Welt der Schutztechnik gibt es insbesondere bei der Prüfung von Stromwandlern keine Kompromisse. Hier ist Schluss mit lustig und wir müssen mit der höchstmöglichen Sorgfalt an die Dinge herangehen.

Der Sekundärkreis eines in Betrieb befindlichen Wandlers muss immer kurzgeschlossen bzw. geschlossen sein. Im Betrieb offene Wandlerkreise können zur Beschädigung der Wandler selbst und darüber hinaus zu lebensgefährlichen Sekundär-Spannungen im Kilovoltbereich führen. Das Öffnen eines Stromwandlerkreises ist nur bei außer Betrieb befindlicher und gegen Wiedereinschalten gesicherter Primäranlage zulässig (siehe Sicherheitshinweis).

Prüfung der Sekundärkreisverdrahtung

Die Prüfung der Sekundärkreisverdrahtung läuft in den 3 Schritten ab:

- ★ Isolationsmessung
- ★ Verdrahtungsprüfung
- ★ Betriebsbürdenmessung

Zunächst legen wir eine Klemmleiste fest, von der aus unsere Prüfungen in Richtung Schutzgeräte oder Messumformer durchgeführt werden. Hier bieten sich in erster Linie die Klemmleisten im Wandlerklemmkasten oder Vorortsteuerschrank an. Ideal ist immer ein erreichbares Wandlerklemmbrett, denn je näher wir am Wandler sind, um so besser. Diese Klemmen werden dann aufgeschoben und zum Wandler hin kurzgeschlossen.

Isolationsmessung

Zum Schutz der Geräte und um Messbeeinflussungen zu vermeiden, klemmen wir die Adern des Stromwandlerkreises an dem entsprechenden Feldgerät aus und schützen sie mit Isoliertüllen bis 1 kV.

Zur Messung geben wir mit einem Isolations-Prüfgerät ca. 1 kV DC auf die LE- und LL-Schleifen der ersten erreichbaren Klemmleiste des Klemmkastens oder Vorortsteuerschranks und bestimmen und bewerten den gemessenen Isolationswiderstand. Die DIN VDE sowie

die ÖNORM verlangen hier einen Wert $\geq 1 \text{ M}\Omega$. Nach abgeschlossener Prüfung klemmen wir die Adern des Schutzgerätes wieder ein und die Isolationsmessung findet sich im großen Buch der Geschichte wieder.

Verdrahtungsprüfung

Mit Hilfe eines geeigneten Sekundärprüfgerätes speisen wir ein symmetrisches Drehstromsystem mit unterschiedlichen Amplituden in Richtung Feldgerät ein. Dadurch wird eine phasenselektive Zuordnung möglich. Die Wahl der nachstehenden Prüfgrößen ermöglicht eine „messtechnische Beschriftung“ der Phasen:

$$IL1 = 0,1 \text{ A} / 0^\circ \qquad IL2 = 0,2 \text{ A} / -120^\circ \qquad IL3 = 0,3 \text{ A} / 120^\circ$$

Die Prüfgrößen müssen nicht wesentlich größer gewählt werden, die Höhe der Anreageschwellen angeschlossener Schutzgeräte sollten dabei im Auge behalten werden. Im Rückleiter stellt sich im Idealfall ein Strom von $0,1 \text{ A} \cdot \sqrt{3} / 150^\circ$ (173 mA) ein.

Bei vorhandenen Zwischenwandlern erhöhen wir die Amplituden der Prüfströme jeweils um den Faktor des Übersetzungsverhältnisses. Die Prüfströme können nun entweder direkt abgelesen oder mit einer Stromzange im Schutz- oder Messschrank überprüft werden. Es macht immer Sinn, vor allem wenn wir auf Fehlverdrahtungen stoßen, die Prüfung ebenfalls vom Schutz- oder Messschrank aus durchzuführen. Dadurch sieben wir Phasendreher zwischen diesen Klemmpunkten aus.

Es ist von großem Vorteil die Prüfgrößen mit einem modernen Prüfgerät der Firma Omicron© einzuspeisen. Unter Verwendung des CPol-Tools© kann so bereits vor der Stromfahrt die Stromrichtung ab Einspeiseklemmleiste „vorgeprüft“ werden.

Sollte nur ein einphasiges Prüfgerät zur Hand sein, können wir die Phasen selbstverständlich auch hintereinander prüfen. Das nachstehende Bild zeigt den klassischen Prüfaufbau für die Verdrahtungsprüfung:

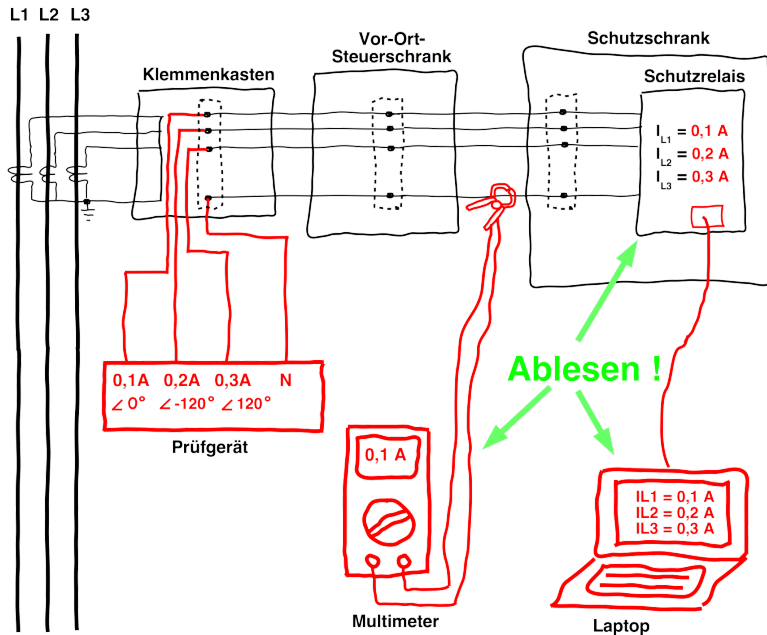


Abbildung 1: Prüfaufbau für die Verdrahtungsprüfung

Betriebsbürdenmessung

Das Ziel der Betriebsbürdenmessung ist der Nachweis, dass die Bürde des angeschlossenen Sekundärkreises die Nennbürde des Stromwandlers nicht übersteigt. Wir wollen also eine „Überbürdung“ des Stromwandlers ausschließen, denn nur dann können wir davon ausgehen, dass der Wandler auch das hält, was er laut Typenschild verspricht.

Dazu wird der sekundäre Stromwandlernennstrom, in der Regel 1 A oder 5 A, in die LE-Schleifen der Klemmleiste des Wandlerklemmkastens eingespeist und die über den Klemmen abfallende Spannung mittels Multimeter gemessen. Sollte es nicht möglich sein, direkt ab dem Klemmbrett zu messen, verwenden wir einfach die nächste Klemmleiste z.B. im Vorortsteuerschrank. Die dadurch vernachlässigte Strecke schätzen wir rechnerisch ab und addieren sie zum Messergebnis. Die nachstehende Tabelle liefert schnell Werte für die nicht messbare Strecke und dient darüber hinaus zur Plausibilitätsprüfung für die gemessenen Werte und die Gesamtergebnisse.

Durch die „Schutzkisten“ selbst kommt nicht mehr viel dazu, digitale Relais haben in der Regel Innenbürden von unter 100 mΩ.

Tabelle 1: Betriebsbürde P / VA (Funktion von Nennstrom, Querschnitt bei einfacher Leiterlänge)

	Sekundärer Wandlernennstrom = 1 A						Sekundärer Wandlernennstrom = 5 A					
	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²
5 m	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,7	2,2	1,4	0,9	0,6	0,3
10 m	0,3	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	7,4	4,4	2,8	1,8	1,1	0,7
20 m	0,6	0,4	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1	14,7	8,8	5,5	3,7	2,2	1,4
30 m	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	22,1	13,2	8,3	5,5	3,3	2,1
40 m	1,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	29,4	17,7	11,0	7,4	4,4	2,8
50 m	1,5	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1	36,8	22,1	13,8	9,2	5,5	3,4
60 m	1,8	1,1	0,7	0,4	0,3	0,2	44,1	26,5	16,6	11,0	6,6	4,1
70 m	2,1	1,2	0,8	0,5	0,3	0,2	51,5	30,9	19,3	12,9	7,7	4,8
80 m	2,4	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2	58,9	35,3	22,1	14,7	8,8	5,5
90 m	2,6	1,6	1,0	0,7	0,4	0,2	66,2	39,7	24,8	16,6	9,9	6,2
100 m	2,9	1,8	1,1	0,7	0,4	0,3	73,6	44,1	27,6	18,4	11,0	6,9
150 m	4,4	2,6	1,7	1,1	0,7	0,4	110,4	66,2	41,4	27,6	16,6	10,3
200 m	5,9	3,5	2,2	1,5	0,9	0,6	147,1	88,3	55,2	36,8	22,1	13,8
250 m	7,4	4,4	2,8	1,8	1,1	0,7	183,9	110,4	69,0	46,0	27,6	17,2
300 m	8,8	5,3	3,3	2,2	1,3	0,8	220,7	132,4	82,8	55,2	33,1	20,7
350 m	10,3	6,2	3,9	2,6	1,5	1,0	257,5	154,5	96,6	64,4	38,6	24,1
400 m	11,8	7,1	4,4	2,9	1,8	1,1	294,3	176,6	110,4	73,6	44,1	27,6
450 m	13,2	7,9	5,0	3,3	2,0	1,2	331,1	198,6	124,2	82,8	49,7	31,0
500 m	14,7	8,8	5,5	3,7	2,2	1,4	367,9	220,7	137,9	92,0	55,2	34,5
Die hier angegebenen Werte gelten für Kupferkabel bei 80°C Betriebstemperatur												

Für alle exotischen Anlagenkonfigurationen, die nicht in der Tabelle zu finden sind, und für Verdrahtungen zwischen Erde und Mars liefert die nachstehende Gleichung eine überschlägige Abschätzung:

$$P = I_n^2 \cdot \frac{l}{A} \cdot 0,044 \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \quad (1-1)$$

P - Betriebsbürde bei 80° [VA]
 I_n - sekundärer Wandlernennstrom [A]
 l - einfache Leitungslänge [m]
 A - Aderquerschnitt [mm²]

Für die Länge l wird die einfache Leitungslänge eingesetzt, das berechnete Ergebnis entspricht natürlich der Betriebsbürde der gesamten Leiterschleife inklusive Hin- und Rückleiter.

Nach dem Abschluss der Verdrahtungsprüfungen werden die bei Beginn der Prüfung geöffneten Klemmen zugeschoben und der Kurzschluss zum Wandler hin wieder entfernt.

Haben wir die Sekundärkreisverdrahtung geprüft, geht's mit der Prüfung des Wandlers weiter.

Prüfung des Stromwandlers

Die Prüfung des Stromwandlers besteht aus den Schritten:

- ★ Sichtkontrolle
- ★ Messung des Innenwiderstandes
- ★ Isolationsmessung
- ★ Überprüfung von Wandlernennleistung und Nennüberstromziffer
- ★ Wickelsinnprüfung (Polarität)
- ★ Kontrolle der Erdung
- ★ Überprüfung der Kernzuordnung
- ★ Messung des Übersetzungsverhältnisses

Kapitel 16 Index:

Symbole

1 bis 3 Hz-Methode, Läufererdschlussschutz 109

3. Harmonische 91, 164, 188

20-Hz 85, 91, 100, 164, 169, 171

90%-Ständererdschlussschutz 76, 180, 188, 189, 195

100%-Ständererdschlussschutz 91, 100, 180, 189, 195

150-Hz 92, 99, 164

A

ANSI Codes 188

Ansprechsicherheitsfaktor 192

Ansprechwert 62, 69, 82, 88, 98, 107, 114, 118, 142, 170, 173, 177, 179, 192

Außertrittfallschutz 72, 73, 139, 189

Auslösematrix 58, 63, 127, 137, 140, 142

Aussenliegender Erdschluss 172

B

Bandpass 91, 164

Berechnung der Stromverteilung 128

Berechnung Trafoimpedanzen 133

Betriebsbürdenmessung, Spannungswandler 55, 57

Betriebsbürdenmessung, Stromwandler 19

Bierdeckel 9, 192

Blockschaltung 76, 79, 158, 173

British Standard 3938 28

Bürstenwiderstand 116, 117

C

Checklisten 193

CPC100©, Omicron© 31

CPolTool©, Omicron© 17, 33

Kapitel 16 - Index

D

Dämpfungswiderstand 80, 87, 88, 90

Differentialschutz 72, 128, 139, 145, 151, 189

DIN VDE 15, 27, 45, 132, 135

Drehfeldmessung 163

Dreieckswicklung 37, 40, 42, 45, 49, 52, 76, 78, 163, 168

E

en-Spannung 52, 145, 162, 163

en-Wicklung 49, 52

Entregung 61, 141, 166

Entsymmetrierung 183

Erdschlussfahrt 76, 82, 87, 90, 98, 108, 168

Erdung 10, 80, 106, 172

Erdung, Spannungswandler 23, 24, 33, 41

Erdung, Stromwandler 23, 24, 33, 152

Erdungsbürste 110

Erdungstrafo 78, 80, 82, 85, 88, 91, 106

Erregerspannung 116, 165, 185

Erregung 115, 120, 127, 141, 144, 164, 166, 170, 173

F

Fehlersuche bei Diffschutzproblemen 150

Feldschalter 62, 142, 143, 145

Funktionsprüfung 58, 127

G

Gegensystem 49, 71, 183

Genauigkeitsklasse, Spannungswandler 39

Genauigkeitsklasse, Stromwandler 23, 25

Generatorleistungsschalter 140, 148, 158, 165, 169

Grenz-EMK 31

GSC power engineering 75

Kapitel 16 - Index

I

Impedanzschutz 72, 138, 139, 146, 147

Innenliegender Erdschluss 168

Innenwiderstand 27, 30

Isolationsmessung, Sekundärkreis Spannungswandler 42, 44

Isolationsmessung, Sekundärkreis Stromwandler 14

Isolationsmessung, Stromwandler 27

Isolationswiderstand 15, 27

K

Kniepunktspannung 28, 29, 30

Kommandorelais 65, 140

Kurzschlusskennlinie 122, 125, 147

Kurzschlussspannung 133, 134, 135, 138, 145, 147

L

Lastfahrt 97, 177

Läufererdschlusschutz 109, 143, 164, 177, 189

Läuferstrom 148, 166, 167

Leerlaufkennlinie 166

M

Magnetisierungskennlinie 28, 29, 31

Matrixprotokoll 60, 61

Maximaler Kurzschlussstrom über einen Trafo 192

Messkreisüberwachung 112, 115

Messung des Innenwiderstandes, Stromwandler 27

Messung des Übersetzungsverhältnisses, Stromwandler 35

Minimaler Kurzschlussstrom 192

Mitsystem 183

N

Nennüberstromziffer 23, 25, 28, 30

Notizen 197

Nullkapazität 78, 105

Nullpunkttransformator 80, 101

Kapitel 16 - Index

Nullspannung 37, 76, 80, 81, 88, 104, 168, 172

Nullstrom 78, 89, 104, 105, 170, 174

Nullsystem 68, 79, 80, 92, 95, 183

O

Omicron© 33

Open-Delta 50

P

Parallelschaltgerät 158, 164, 175

Phasenzuordnung 49

Platz für deine Notizen 197

Polarität, Stromwandler 32

Prüf-Checklisten 193

Prüfprogramm 126, 128, 137, 140

Prüfspannung 27, 42, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 55

Prüfung der Sekundärkreisverdrahtung 14

Pulsrampe 72

R

Rampe 67

Rechteckspannung 111, 112

Rückfallwert 67, 69

Rückleistungsfahrt 177

Rückleistungsschutz 71, 139, 177, 188

S

Sammelschienenschaltung 77, 146, 158, 169, 170, 174

Schalterversagerschutz 139, 188

Schieflast 71, 72, 75, 188

Schleppeistung 177, 178

Schutzmatrix 58, 63, 127, 137, 140, 142

Sekundärprüfung 62

Sicherheitshinweis 10

Sicherheitsmaßnahmen 10, 137, 157, 160

Sichtkontrolle, Spannungswandler 39

Sichtkontrolle, Stromwandler 23

Kapitel 16 - Index

Softwarematrix 169, 172

Spannungsfahrt 38, 109, 115, 120, 146, 158, 175

Spannungswandler 37, 63, 100, 115, 143, 145, 158, 162, 175

Spannungswandlerprüfung 37

Sprühflut 61, 63, 143

Ständererdschlussschutz 90 % 76, 180, 188, 189, 195

Ständererdschlussschutz 100 % 91, 180, 189, 195

Ständerwicklung 82, 92, 95, 103

Sternpunkt 95, 98, 101, 106, 107, 152

Sternpunktbehandlung 77

Sternpunkterdung 84

Sternwicklung 46, 52

Stromfahrt 17, 34, 121, 161

Stromflussrichtung 153, 154, 155

Stromteilerregel 130, 131

Stromtragfähigkeit 128, 148

Stromverteilung 128, 129, 130

Stromwandler 13, 121, 127, 137, 139, 144, 161

Stromwandlerprüfung 13
Symmetrierung 183
Symmetrische Komponenten 183
Synchronisierung 37, 72, 164, 175

T

Teststörschrieb 113
Testsynchronisierung 175
TPS 24
TPX 24
TPY 25, 26
TPZ 25, 26
Turbinenschnellschlussventil 59, 61, 64
Typenschild 19, 23, 26, 39
Typische Generatordaten 186
Typische Größenordnung des Einschalttrush 191
Typische Impedanzen im Energiesystem 190
Typische Transformatordaten 187

Kapitel 16 - Index

U

Übererregung 71, 165, 168

Überfrequenz 71, 189

Überprüfung der Kernzuordnung, Stromwandler 33

Übersetzungsprüfung 39

Übersetzungsverhältnis 17, 35, 137, 154, 162, 168

Überspannungsschutz 68, 71, 95, 141, 166, 188

Überstromschutz 71, 188, 189

Überstromziffer 22, 25, 28, 30

Übersetzung Kurzschlüsse über Blocktrafo 184

Untererregung 71, 139, 165, 180, 188

Unterfrequenz 71, 139

Unterspannungsschutz 71, 188, 189

V

Verdrahtungsprüfung, Spannungswandler Open-Delta 50

Verdrahtungsprüfung, Spannungswandler Sternwicklung 46

Verdrahtungsprüfung, Stromwandler 16

Vorschaltgerät 111, 115, 143

W

Wandlernennleistung, Stromwandler 27, 28, 30

Wickelsinnprüfung, Stromwandler 32

Winkelfehler 32, 177, 178

Tabellen

Tabelle 1: Betriebsbürde f (Nennstrom und Querschnitt) 20

Tabelle 2: Prüfgrößen Verdrahtungsprüfung Sternwicklung 48

Tabelle 3: Prüfgrößen Verdrahtungsprüfung Dreieckswicklung 52

Tabelle 4: Sekundäre Messgrößen Übersetzungsprüfung 2 kV AC 55

Tabelle 5: Matrixprotokoll Funktionsprüfung Auslöseorgane 61

Tabelle 6: Selektive Erdschlusserfassung 78

Tabelle 7: Berechnungsdaten 88

Tabelle 8: Läufererdschlusschutz Messtabelle 112

Tabelle 9: Deaktivierung von Schutzfunktionen bei Stromfahrt 139

Tabelle 10: Fehlersuche bei Diffschutzproblemen 151

Kapitel 16 - Index

Tabelle 11: Deaktivierung Schutzfunktionen Spannungsfahrt 161

Tabelle 12: Typische Generatordaten 186

Tabelle 13: Typische Transformatordaten 187

Tabelle 14: ANSI Codes 188

Tabelle 15: Typische Impedanzen im Energiesystem 190

Abbildungen

Abbildung 1: Prüfaufbau Verdrahtungsprüfung 18

Abbildung 2: Stromwandlertypenschild 26

Abbildung 3: Magnetisierungskennlinie 29

Abbildung 4: Polarität 32

Abbildung 5: Erdung Spannungswandler 41

Abbildung 6: Isolationsmessung 44

Abbildung 7: Verdrahtungsprüfung Sternwicklung 47

Abbildung 8: Verdrahtungsprüfung Open-Delta 51

Abbildung 9: Übersetzungsprüfung 54

Abbildung 10: Betriebsbürdenmessung 57

Abbildung 11: Omicron CMC256 62

Abbildung 12: Prüfaufbau Sekundärschutzprüfung	66
Abbildung 13: Rampenprüfung	68
Abbildung 14: Aussertrittfallschutz Prüf-Ortskurve	73
Abbildung 15: Koppelkapazität	79
Abbildung 16: Nullspannungsverlauf im Generator	81
Abbildung 17: Beispielanlage 90% SES	83
Abbildung 18: 150-Hz-Komponente, Sinus	93
Abbildung 19: 150-Hz-Komponente, Zeiger	94
Abbildung 20: 150-Hz-Komponente, Erdschluss	96
Abbildung 21: 150-Hz-Komponente, Messfahrt	99
Abbildung 22: 100% SES, Prinzip	101
Abbildung 23: 100% SES, Schaltung	102
Abbildung 24: LES 1-3 Hz, Prinzip	111
Abbildung 25: LES 1-3 Hz, Umladung	113
Abbildung 26: LES netzfrequent, Prinzip	116
Abbildung 27: Stromfahrt auf Kurzschluss K1 bis Kx	123
Abbildung 28: Stromfahrt auf Kurzschluss K1	124
Abbildung 29: Stromfahrt Kurzschlusskennlinie	125

Kapitel 16 - Index

Abbildung 30: Stromfahrt, Stromverteilung	129
Abbildung 31: Stromfahrt, Ersatzschaltbild	130
Abbildung 32: Stromfahrt, Zerlegung Dreiwickler	133
Abbildung 33: Stromfahrt, Transformation Dreiwickler	135
Abbildung 34: Generator-Kurzschlusskennlinie	149
Abbildung 35: Überprüfung Stromflussrichtung	155
Abbildung 36: Spannungsfahrt, Schaltzustand	159
Abbildung 37: Spannungsfahrt, Leerlaufkennlinie	167
Abbildung 38: Rückleistungsfahrt, Messpunkte	179
Abbildung 39: Übertragung Kurzschlüsse über Blocktrafo	184
Abbildung 40: Impedanzen im Energiesystem	190
Abbildung 41: Einschalttrush = $f(S_n_Trafo)$	191

Literaturverzeichnis:

- 1 Herrmann, Hans-Joachim: Digitale Schutztechnik, VDE Verlag 1997
- 2 IEEE Power Engineering Society: Guide for AC Generator Protection, IEEE Std C37.102™-2006
- 3 Weßnigk: Kraftwerkselektrotechnik, VDE-Verlag 1993
- 4 Siemens: Handbuch Siprotec 7UM62, Multifunktionaler Maschinenschutz, Release 4.10.01
- 5 Clemens/Rothe: Schutztechnik in Elektroenergiesystemen, VDE Verlag 1991
- 6 Ziegler, Gerhard: Digitaler Differentialschutz - Grundlagen und Anwendung, Publics Corporate Publishing 2004
- 7 British Standard 3938: Current Transformers, 1982
- 8 DIN VDE 0102: Kurzschlussströme in Drehstromnetzen, Teil 0: Berechnung der Ströme, 2002-07 (EN60909—0:2001)

Literaturverzeichnis

- 9 VGB Standard elektrischer Blockschutz: VGB-S-025-00-2012-11-DE, 2012
- 10 IEC 6004-1 (1996-12): Instrument Transformers, Part 1: Current Transformers
- 11 Prof. Pundt: Elektroenergiesysteme 1. Lehrbrief, 3. Auflage, Technische Universität Dresden 1983
- 12 Ziegler, Gerhard: Numerical Distance Protection, Principles and Applications, 3rd Edition, Siemens AG, Publics Corporate Publishing, Erlangen 2008
- 13 Doemeland: Handbuch der Schutztechnik, 8. überarbeitete Auflage, Huss-Medien GmbH 2007

Besten **Dank** an

Dr.-Ing. Udo Drechsler für das unzählige Gegenlesen, die unermüdliche Ausdauer, den kühlen Kopf bei schwierigen Fragen und die langjährige Freundschaft.

Martin Vehma für die großartige Unterstützung bei der Erstellung der „technischen Skizzen“ und Abbildungen, für das Gegenlesen des Manuskriptes und für fachliche Gespräche in Endlosschleife.

Sarah Schulze für die liebevolle Unterstützung, richtungsweisende Ideen und jede Menge Inspirationen.

Maria Schneider für fleißiges Lesen, geduldiges Korrigieren und die Qualitätssicherung bezüglich der letzten 10 Rechtschreibreformen.

Meine Familie

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Muth
(Jahrgang 1978) ist Gründer und Eigentümer
der SAREX Communications und der Plattformen
SCHUTZTECHNIK.COM & PROCONPLANET.COM.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Studiums der
Elektrotechnik an der BTU Cottbus- Senftenberg mit dem
Prädikat „hervorragend“ und Auszeichnung der Diplomarbeit
durch den VDE startete er als internationaler Inbetriebsetzer
für elektrische Schutzsysteme durch.

„Er versteht es, komplexe Sachverhalte auf den Punkt zu
bringen.“ (Dr.-Ing. Udo Drechsler)

ISBN 978-3-00-050485-3



9 783000 504853