

Inhalt

Vorwort	IX
1 Heißt es Windmühle, Windrad, Windkraftanlage oder Windenergieanlage?	1
2 Was sind die wesentlichen Bestandteile einer Windenergieanlage?	11
3 Mit welchen Systemen stehen Windenergieanlagen in Interaktion und was sind die wesentlichen Herausforderungen?	14
4 Wie ist der Ablauf der Zertifizierung?	21
5 Windenergieanlagen – mit oder ohne Getriebe?	24
6 Welche Türme werden verwendet?	33
7 Wie viel Energie erzeugt eine Windenergieanlage?	42
8 In welche Windklassen werden Windenergieanlagen eingeteilt? ...	50
9 Wie viel Energie kann der Rotor dem Wind entnehmen?	53
10 Wie schnell können sich Windenergieanlagen drehen?	56
11 Welche Betriebszustände kann eine Windenergieanlage haben? ..	58
12 Welche Betriebsbereiche hat eine Windenergieanlage?	63
13 Was ist die Schnelllaufzahl?	65
14 Wie kann die tatsächliche Leistung bestimmt werden, die eine Windenergieanlage dem Wind entnimmt?	67
15 Wie funktioniert ein Rotorblatt?	71
16 Warum sind Rotorblätter verwunden?	74

17	Warum haben die meisten Windenergieanlagen drei Rotorblätter?	79
18	Wie kann die tangentielle Windkomponente bei der Rotorauslegung berücksichtigt werden?	85
19	Welche Kräfte und Momente werden vom Rotor erzeugt?	90
20	Wie sind Rotorblätter aufgebaut?	97
21	Welche Maßnahmen werden ergriffen, um Rotorblätter aerodynamisch zu optimieren?	101
22	Welche Beanspruchungen treten bei Windenergieanlagen auf? ...	108
23	Können Windenergieanlagen schwingen?	112
24	Was macht ein Azimutsystem?	118
25	Was sind die Anforderungen an ein Pitchsystem?	122
26	Wie sind Pitchsysteme aufgebaut?	127
27	Wie wird ein Pitchsystem ausgelegt?	135
28	Wie wird eine Notverstellung realisiert?	139
29	Welche Energiespeicher werden in Pitchsystemen verbaut?	142
30	Welche wesentlichen Regelkreise zur Anlagenregelung existieren?	146
31	Wie funktioniert der Pitchregler im Produktionsbetrieb einer Windenergieanlage?	149
32	Was ist die optimale Steuerkurve?	154
33	Welchen Einfluss haben die Anlagenparameter auf die optimale Steuerkurve?	160
34	Was sind „reduzierte Modi“?	164
35	Wie funktioniert eine direkte Drehzahlregelung?	167
36	Wie funktioniert eine Triebstrangdämpfung?	170
37	Wie können Turmschwingungen reduziert werden?	174
38	Was ist der Stall-Effekt?	183
39	Was ist IPC?	185

40	Wie ist das Steuerungssystem einer Windenergieanlage aufgebaut?	190
41	Was sind sicherheitsrelevante Funktionen?	192
42	An welche Versorgungsnetze werden Windenergieanlagen angeschlossen?	197
43	Was sind die wesentlichen Aufgaben eines Netzbetreibers?	200
44	Welche Richtlinien und Normen gelten für den Netzanschluss? ...	204
45	Was ist Blindleistung und warum ist sie so wichtig?	207
46	Was sind FACTS und STATCOM?	214
47	Wann muss eine Windenergieanlage vom Netz getrennt werden?	218
48	Wie wird die Netzfrequenzstabilisierung unterstützt?	223
49	Wie funktioniert das Prinzip Virtual Inertia Control bei Windenergieanlagen?	226
50	Was ist ein FRT?	230
51	Welche Aufgaben hat ein Windparkregler?	234
52	Was ist ein SCADA-System?	239
53	Was bedeuten die Netzanschlusskriterien für die Windenergieanlage?	244
54	Welche Konzepte des elektrischen Triebstrangs haben sich durchgesetzt?	248
55	Wozu braucht man Koordinatentransformationen?	253
56	Wie können die Frequenz und der Phasenwinkel von Drehgrößen bestimmt werden?	257
57	Wie können Netzfehler detektiert werden?	259
58	Welche Funktionen hat der netzseitige Umrichter in Windenergieanlagen?	262
59	Wie funktioniert ein Umrichter?	270
60	Was passiert in einem Umrichter während eines FRTs?	279

61	Wie ist ein Synchrongenerator aufgebaut?	286
62	Wie lässt sich das Verhalten eines Synchrongenerators beschreiben?	293
63	Wie wird ein permanenterregter Synchrongenerator geregelt?	302
64	Wie wird ein fremderregter Synchrongenerator geregelt?	309
65	Wie ist ein Asynchrongenerator aufgebaut?	312
66	Wie lässt sich das Verhalten eines Asynchrongenerators beschreiben?	316
67	Wie verhält sich ein Asynchrongenerator in Käfigläuferausführung?	320
68	Wie wird ein Asynchrongenerator in Käfigläuferausführung geregelt?	328
69	Wie verhält sich ein doppelt gespeister Asynchrongenerator?	332
70	Wie werden doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren geregelt? ..	339
	Literaturverzeichnis	347
	Bildquellen	351
	Index	353