

---

# Sachverzeichnis

## A

- Abfahren, 457
- Abgabeleistung
  - elektrisch, 135
- Abhilfemaßnahmen
  - gegen Netzeinwirkungen, 317
  - gegen Netzresonanzen, 317
- Abschattungen, 513
- Abschattungsverluste, 488
- Achse
  - horizontal, 47
  - vertikal, 47
- Änderung
  - der Netzspannung, 161
- Aerodynamische Bremsen, 90
- Aktiv-Stall-Regelung, 25
- Alleinbetrieb, 391
- Amortisationszeit, 506, 523
- Amplitudenspektren der Leistung, 281
- Anfahren, 452
- Anfangskurzschlusswechselstromleistung, 258
- Anforderung an die
  - Blindleistungsbereitstellung, 341
- Anforderungen, 171
  - an Generator, 123
  - an Wandlersysteme, 188
  - zum Generatoreinsatz, 123
- Anisotropie
  - des Läufers, 156
- Anlagen
  - mit Blattverstelleinrichtung, 394
  - mit Verbrauchersteuerung, 395
  - ohne Blattverstelleinrichtung, 392
- Anlagenenergie, 480
- Anlagenflickerbeiwert, 294
- Anlagenkosten, *siehe* Anschaffungskosten
- Anlagenmasse, 115
- Anlagenprüfung, 449
- Anlagenregelung
  - über Bypass, 395
- Anlagenüberprüfung, 451
- Anlagenverlust, 46
- Anlaufeinrichtungen, 162
- Anlaufgeschwindigkeit, 153
- Anlaufmoment, 124, 140
- Anlaufstrom
  - von Asynchronmaschinen, 218
- Annuitätenmethode, 505
- Anpassungsaufgabe, 390
- Anschaffungskosten, 499, 500
  - pro kW, 120
  - pro m<sup>2</sup>, 120
  - pro Nm, 121
- Anstellwinkel, 36
- Anströmung, 35
- Antriebsmoment, 67
  - Generator, 110
  - Windturbine, 25, 36
- Antriebsmomentbestimmung, 32
- Arbeitsbereich
  - Schwachwindgenerator, 181
  - Volllastbetriebsgenerator, 181
- asynchrone Oberwellen-Drehfeldmomente, 145
- Asynchrongenerator, 126, 171
  - 3-phasiger Kurzschluss, 160
  - mit dynamischer Schlupfregelung, 415
  - mit übersynchroner Stromrichter-kaskade, 414
- Asynchronmaschine
  - Anlaufstrom, 218
  - Leerlaufstrom, 218
  - Leistungsfaktor, 219

- mit regelbarer Blindstromliefereinrichtung, 137
- Nennschlupf, 143
- Wirkungsgrad, 219
- Aufbau
  - Asynchronmaschine, 129
  - Synchrongenerator, 131
  - Synchronmaschinen, 130
- Aufnahmeleistung
  - mechanisch, 135
- Auftrieb, 35
- Auftriebsbeiwert, 36
- Auftriebskraft, 35, 69
- Aufwindkraftwerk, 48
- Ausbaupotenziale, 495
- Ausgangsgröße, 30, 387
- Ausgleichsmaßnahmen, 514
- Auslastung, 333
- Auslegungsaspekte, 170
- Auslegungsschnellaufzahl, 52
- Ausschaltvorgänge, 154
- Außenläuferausführungen, 193
- Azimutnachführung, 59
  
- B**
- Bauleitplanung, 515
- Baurecht, 515
- Bauteilbeanspruchung, 401
- Beschäftigtenzahlen, 499
- Beschäftigungsintensität, 498
- Beschleunigung, 59
- Beschleunigungsmoment
  - Generator, 111
  - Triebstrang, 112
  - Windturbine, 111
- Betriebsarten, 389
- Betriebsbereich
  - Asynchrongeneratoren, 132
  - Asynchronmaschine
    - mit Lastkompensation, 138
    - mit Leerlaufkompensation, 138
  - dynamisch, 103
  - Synchrongeneratoren, 132
- Betriebsführung, 3, 387, 388, 449, 450
- Betriebskosten, 500
- Betriebszustände, 449
  - stationär, 449
  - temporär, 449
- Betz, 32
- Beurteilung
  - von Netzzrückwirkungen, 139
- Bewegung
  - drallfreie, 31
- Bewegungsgleichung, 75
  - des Blattes, 75
- Bewegungsvorgänge, 58
- Bildung elektrischer Drehstromnetze, 127
- Biot-Savart, 30
- Bipolar-Transistor, 233
- Blattachse, 68
- Blattdrehachse, 68
- Blatteinstellgeschwindigkeits-Regelkreis, 437
- Blatteinstellwinkel, 53, 68
  - Definition, 34
  - Veränderung, 67
- Blatteinstellwinkel-Regelkreis, 439
- Blatteinstellwinkelregelung, 400
- Blattelementmethode, 32
- Blattkontur, 52
- Blattspitze, 37, 52
- Blattstellung, 33
- Blattumriss, 52
- Blattversteleinrichtung
  - mit rotierenden Massen, 80
- Blattzahl, 52
- Blechflügel, 49
- Blindleistung, 127, 391
- Blindleistungsbedarf eines Kabels, 358
- Blindleistungsbetrieb, 251
- Blindleistungseinstellung, 127
- Blindleistungsfluss, 333
- Blindleistungskompensation, 226, 412
- Blindleistungslieferung, 127
- Blindleistungsregelung, 127, 412
- Blindleistungsstatik, 402, 404
- Blindstromkorrektur, 402
- Blindstromstatik, 404
- Blitzschutz, 464
- Blockschaltbild
  - dynamische Schlupfregelung, 422
- Böigkeit, 476
- BPT, *siehe* Bipolar-Transistor
- Breitentest, 484
- Bypass-Steuerung, 396
  
- C**
- CO<sub>2</sub>-Emission, 522
- Coriolisbeschleunigung, 62

am Rotorblatt, 62  
Coriolismoment, 62

**D**

Dämpferkäfig, 156  
Dämpfung, 72  
  der bewegten Luft, 74  
Dämpfungsbeiwert, 75  
DC/DC-Steller, 245  
Dieselaggregate, 388  
Differentialgleichung, 75  
Dimensionierung von Reglern, 435  
Dimensionierungsfragen, 154  
Direktumrichter, 127, 229  
Doppelgeneratoranordnung, 183  
Doppelluftspalt-Bauformen, 199  
doppeltgespeiste  
  Asynchrongeneratoren, 409  
  Asynchronmaschine, 412  
Drallströmung, 33, 37  
Drehfeld, 126  
Drehfeldmaschine, 126  
Drehmoment, 30  
  blattstellungsabhängig, 45, 46  
  dynamisch, 139, 154  
  Schenkelpolmaschine, 147  
  stationär, 139  
  Vollpolmaschine, 147  
Drehmomentbegrenzung, 148  
Drehmoment-Drehzahl-Kennfeld, 151  
Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie  
  einer Asynchronmaschine, 140  
Drehmomenteinfluss, 105  
Drehmomentkennziffer, 150  
Drehmomentmatrix, 434  
Drehmomentschwankung, 45, 109, 142  
Drehmomentspitzen, 156  
Drehmomentverlauf, 142  
Drehstromasynchronmotor, 93  
Drehstrom-Brückenschaltung, 236  
Drehung  
  der Rotationsebene, 58  
Drehzahleinstellung, 102  
drehzahlfeste Windkraftanlage, 399  
Drehzahlregelung, 391, 394, 405  
Dreiblattanlage, 51  
Dreiblattrotor, 426  
Düseneffekt, 488  
Durchbiegung der Blätter, 70

Durchströmfläche des Windrades, 57  
dynamische Entlastung, 127

**E**

Einblatt-Turbine, 51  
Eingangsgröße, 30  
Einschaltvorgänge, 154  
Einschaltwindgeschwindigkeit, 37  
Eisenverluste, 132  
Elastizitätsgrad, 142  
elektrische Energieübergabe, 225  
elektrische Versorgungssysteme, 388  
Elektrisches Konzept einer 10  
  MW-Windkraftanlage mit  
  Multigenerator- und Kühlsystem, 202  
elektrohydraulische Drehzahlregelung, 395  
Elektromagnetische Verträglichkeit, 254  
elektromotorische  
  Blattverstellereinrichtung, 87  
  Einzelblattverstellung, 88  
  Windrichtungsnachführung, 65  
EMV, *siehe* Elektromagnetische Verträglichkeit  
Energie  
  Maximalwert, 47  
Energieabnahme, 388  
Energieaufbereitung, 227, 255  
Energieeinspeisung, 388, 501  
Energieertrag, 475, 477, 483, 485  
Energieertragsprognose, 477, 480  
Energiefluss, 388, 389  
Energieförderung, 124  
Energiemanagement, 387  
Energieprognose, 477  
Energieübertragung, 388  
Energieumwandlung, 391  
Energieverfügbarkeit, 483  
Energiewandlersysteme, 126  
  mechanisch-elektrisch, 128  
Energie-Wirtschafts-Gesetz (EnWG), 344  
Energiezufuhr, 387  
Entwicklungslinien, 188  
Erhöhung der Kurzschlussleistung, 261  
Erneuerbare Energien Gesetz, 501  
Erntefaktor, 523  
Erregereinrichtung, 130  
Erregermaschine, 132  
Erregerstrom, 132, 133  
Erregerverluste, 124  
Erregungszustand, 135

- Errichtung von Windkraftanlagen, 509, 517  
 Ersatzanlage, 124  
 Ersatzschaltbild, 313  
 Ersatzschaltung  
   Asynchronmaschine, 133  
     vereinfacht, 134  
   Synchronmaschine, 133  
     im Kurzschluss, 187  
     vereinfacht, 134  
 Ersatzschaltung, Auslegung von  
   Kompensationsanlagen, 361  
 Ersatzstromkreis, 132  
 Erzeugerkennlinie, 328  
 Europäischer Windatlas, 488
- F**  
 Fehlerfrüherkennung, 465  
 feldorientierte Ströme, 413  
 Fernabfrage, 390  
 Filter, 317  
 Filterauslegung, 319  
 Flächennutzungsplan, 515  
 Fledermäuse, 523  
 Flicker, 284, 293  
 Flickerstörfaktor, 293  
 flickerwirksame Phasenwinkel, 294  
 Fliehkraftregler, 81, 394  
 Formparameter, 477  
 fremderregte Schenkelpolmaschine  
   mit radialem Luftspaltfeld, 190  
 Frequenz, 127, 391  
 Frequenzhaltung, 391  
 Frequenzregelkreis, 405  
 Frequenzschwankungen, 394  
 frequenzvariabler Betrieb  
   der Windturbine, 152  
 Frequenzverhalten  
   von Windkraftanlagen, 281  
 Froude'sches Theorem, 33  
 Führung, 387  
 Führungsbereich, 388, 397  
 Funktionsstrukturen, 24–26  
 Fuzzy-Regler, 441
- G**  
 Gate-Turn-Off-Thyristor, 232  
 Gauß-Normalverteilung, 478  
 geführte Windenergieeinspeisung, 389  
 Geländestruktur, 488  
 Genehmigung, 515  
 Genehmigungsverfahren, 515  
 Generator, 123  
   mit Stromrichterkopplung, 148  
 Generatordurchmesser, 210  
 Generatordrehmoment, Drehzahl und  
   Torsionswinkel der Generatorwelle, 205  
 Generatordrehmomente und Drehzahl im  
   dynamischen Betriebszustand, 206  
 generatorisch ausgelegte Asynchronmaschine,  
   176, 177  
 Generatorkurzschluss, 154, 159  
 Generatormomente, 150  
 Generatorspannung  
   sinusförmig, 189  
   trapezförmig, 189  
 Gesamtmomente, 431  
 gesteuerter Gleichrichter, 245  
 Gleichrichter, 244  
 Gleichrichterbetrieb, 237  
 globale Windverhältnisse, 475  
 Grenzkurve Spannungseinbruch Typ 1, 306  
 Grenzkurve Spannungseinbruch Typ 2, 306  
 GridCode 2000, 345  
 Grundwelle, 139  
 Grundwellenfeld, 140  
 GTO-Thyristor, *siehe* Gate-Turn-Off-Thyristor  
 Gütekriterium, 444
- H**  
 Häufigkeit  
   der Windgeschwindigkeit, 483  
 Häufigkeitsverteilung, 478, 485  
 Halbleiterdiode, 231  
 Harmonische, 295  
 Hauptmaschine, 130  
 Hauptreaktanzen, 132  
 Hellmann-Exponent, 44, 45  
 Hilferregereinrichtung, 130  
 Hilferregemaschine, 132  
 Hindernisse, 488  
 Hochenergiemagneten im Rotor, 209  
 Hochfahren, 453, 454  
 Hochlaufzeit, 91, 96  
 Hochlaufzeitkonstante, 110, 112, 114  
 Höchstmoment, 160  
 Höhengradient, 45  
 Höhenprofilauswirkungen, 45  
 Holzflügel, 49

hydraulische Blattverstellung, 82–85  
 hydraulisches Windrichtungs-Nachführsystem,  
 64

**I**

IGBT, *siehe* Insulated-Gate-Bipolar-Transistor  
 IGCT, *siehe* Integrated-Gate-Commutated-  
 Thyristor  
 Immissionsschutz, 510  
 Impedanzverlauf, 314  
 Inbetriebnahme, 226  
 Infraschall, 512  
 Innenläuferausführungen, 193  
 Inselbetrieb, 390–392  
 Insulated-Gate-Bipolar-Transistor, 233  
 Integrated-Gate-Commutated-Thyristor, 232  
 Integrationsfähigkeit, 387  
 Investitionskosten, 500  
 isolierter Betrieb, 264  
 I-Umrichter, 231

**J**

Jahresenergieertrag, 481–483, 486, 487  
 Jahresertrag, 485, 502, 503  
 Jahreswindenergieangebot, 477

**K**

kapazitive Erdströme, 184  
 kapazitive Kopplung, 184  
 Kapitalwertmethode, 505  
 Kennfelder aus Messungen, 172  
 Kenngrößenvergleich  
   motorisch und generatorisch ausgelegter  
   Asynchronmaschine, 180  
 Kennlinienanpassung  
   Generatorfrequenzvariation, 153  
 Kennlinienschar, 150  
 Kennwerte von Synchronmaschinen, 219  
 Kippmoment, 140, 142  
 Kippschlupf, 141, 142  
 Klassenertrag, 481, 485  
 Klimaschutz, 522  
 Klirrfaktor, 298  
 Kloß'sche Gleichung, 142  
 Kommutierung, 236  
 komplexe  
   Geländestrukturen, 488  
   Orographie, 488  
 Komponenten  
   tangentiale, 35

Komponentenbelastungen, 401  
 Konzept einer getriebelosen Windenergieanlage  
 mit Multigeneratorausführung, 201

**Kosten**

  von Asynchronmaschinen, 216  
 von Synchronmaschinen, 217  
 von Windkraftanlagen, 120

**Kostenrelation, 215****Kräfte, 35**

  am Rotorblatt, 426  
 antriebsmomentbildend, 35

**Kraftwirkungen an der Turbine, 426****Kurzschlüsse, 460****Kurzschlussläufer, 130****Kurzschlussleistung, 258****Kurzunterbrechung, 154, 161, 264, 460****Kurzzeit-Flickerstärke, 293****Kurzzeitverhalten**

  eines Windparks, 268  
 im Inselverbund, 279

**L****Längsreaktanz**

  von Synchronmaschinen, 221

**Läuferstrom, 132****Lagerkräfte, 72****Lagerströme, 184, 185**

  bei Umrichterbetrieb, 184

**Landschaftsbild, 513****Landschaftsschutz, 513****Landschaftsverbrauch, 522****Langzeit-Flickerstärke, 293****Langzeitverhalten, 275****Lastfluss, 331****Lastkennlinie, 328****Lastmanagement, 388****Lee, 45****Leerlaufollwert, 402****Leerlaufstrom, 133**

  von Asynchronmaschinen, 218

**Leerlaufverluste, 124, 171****Leistung**

  Maximalwert, 47  
 zur Verstellung, 94

**Leistungsanpassung, 102****Leistungsbegrenzung, 57****Leistungsbeiwert, 32, 39, 40, 47, 49, 150**

  Approximation, 43

  Bestimmung, 43

Leistungscharakteristik, 101  
 Leistungsdauerlinie, 276, 483  
 Leistungs-Drehzahl-Kennfeld, 103, 151  
 Leistungs-Drehzahl-Diagramm, 186  
 Leistungsfaktor, 226  
   von Asynchronmaschinen, 219  
 Leistungsgradienten, 268  
 Leistungshalbleiter, 231  
 Leistungskennlinie, 483  
 Leistungsoptimum, 407  
 Leistungsregelung, 57  
 Leistungsreserve, 387  
 Leistungsschwankung, 45, 271  
 Leistungsvergleichmäßigung, 272, 273  
 Leistungsverhalten, 270, 280  
   von Windkraftanlagen, 268  
 Linearisierung, 433  
 lokale Windverhältnisse, 477  
 Luftdämpfung, 73  
 Luftströmung, 31  
 Luftströmungsstörung, 143  
 Luv, 45

## M

Magnetische Lagerung des Generators, 211  
 Magnetisierungsstrom, 132  
 Maschinen  
   bürstenlos, 132  
   konzentrierend, 47  
 Maschinendaten, 215  
 Maschinengondelmasse  
   pro kNm, 116  
   pro kW, 115  
   pro m<sup>2</sup>, 116  
 Maschinenhaus, 2  
 maschinenseitiger Pulswechselrichter, 410  
 Masse  
   von Asynchronmaschinen, 215  
   von Synchronmaschinen, 216  
 Massenträgheitsmoment, 93  
 Masserelation, 215  
 Materialkosten, 198  
 Maximalmoment  
   einer Vollpolmaschine, 159  
 Maximalschallpegel, 510  
 MCT, *siehe* Metall-Oxid-Semiconductor-  
   Controlled-Thyristor  
 mech. Regelungsvorgänge, 401  
 Mesoskala-Modelle, 488

Metall-Oxid-Semiconductor  
   Feldeffekttransistor, 233  
 Metall-Oxid-Semiconductor-Controlled-  
   Thyristor, 232  
 Momente  
   am Rotorblatt, 68, 426  
   dämpfend, 110  
   durch Auftriebskräfte, 70  
   durch Luftdämpfung, 73  
   durch Luftmassenbeschleunigung, 73  
   durch Pendelbewegung, 70, 71  
   infolge Durchbiegung der Blätter, 71  
   innere, 141  
   torsionselastisch, 110  
   zur Rotorblattverstellung, 77  
 Momentenstöße  
   am Triebstrang, 124  
 Montage, 113  
 MOSFET, 233  
 motorischer Hochlauf, 155  
   von Synchrongeneratoren, 156

## N

Nabe  
   Pendel-, 50  
   Schlaggelenk-, 50  
   starre, 50  
 Nabenanordnung, 49  
 Nabennähe, 52  
 Nachbildung von Generatoren, 163  
 Nachführbeschleunigung, 58  
 Nachführeinrichtungen, 63  
 Nachführmomente, 62  
 Nachführsystem, 58  
 Naturschutz, 513  
 Nebenkosten, 500  
 Nennmoment, 140  
 Nennschlupf, 143, 175, 179  
 Netzanbindung, 227  
 Netzanschluss, 162, 226, 492  
   einer Windkraftanlage, 259  
   von Windkraftanlagen, 226  
 Netzanschlussregeln, 342  
 Netzaufschaltung, 157  
 Netzbetrieb, 390, 396  
 Netzeinwirkungen, 267, 401  
 Netzfrequenzschwankungen, 161  
 Netzführung, 237  
 Netzkoppeldauer, 101

- Netzkopplung, 179, 227, 396  
   drehzahlstarr, 416  
   starr, 127  
   statorseitig, 412  
 Netzkurzschluss, 161  
 Netzkurzschlussleistung, 258  
 Netzregelung, 328, 330  
 Netzregelungseinheit, 330, 335  
 Netzurückwirkung, 226  
 Netzschutz, 257  
 netzseitiger Pulswechselrichter, 410  
 Netzspannungssollwert, 402  
 Netzspannungsverlauf, 335  
 netzspezifische Filterauslegung, 323  
 Netzstörfälle, 161  
 Netzstörung, 154  
 Netzstützung, 330, 412  
 Netztrennung, 257  
 Netzüberwachung, 464  
 Netzzustandsgrößen, 391  
 Neuronale Netze, 445  
 Normalverstellvorgänge, 94  
 Normalwindjahr, 479  
 Normierung, 433  
 Notabschaltung, 460  
 Nutzung von Ausgleichseffekten, 325
- O**
- Oberflächenstruktur, 490  
 Oberschwingung, 295  
 Oberschwingungsgehalt, 127  
 Oberschwingungsspannung, 325  
 Oberschwingungsverhalten, 418  
 Oberwellendrehfeld, 139  
 Ökobilanz, 521  
 Offshore, 492  
 Offshoreanlage, 492  
 Offshore-Windenergienutzung, 492  
 OptiSlip®, 420  
 Ordnungszahl, 139  
 Orographie, 477, 483, 490  
 Ortskurven, 172, 179  
   Asynchronmaschine, 134  
   Synchronmaschine, 134  
    $U_i$ -, 172
- P**
- Parallelbetrieb von Umrichtern, 251  
 parasitäre Drehmomente, 146  
 permanenterregte Synchronmaschine  
   mit axialem Luftspaltfeld, 195  
   mit radialem Luftspaltfeld, 190  
 Phasenschieber, 137  
 Pitchregelung, 25  
 Planung, 515  
 Polradspannung, 133  
 Polyphasige Einzelzahnwicklung im Stator, 212  
 Potenziale, 490  
 Potenzialstudien, 492  
 Privilegierung, 515  
 Profilanströmung, 52  
 Profilstellung, 52  
 Prognoseerstellung, 278  
 Prognosemodell, 277  
 Propellermoment, 68, 69, 428  
 Prüfcontainer für Anlagen bis 1,67 MW, 310  
 pulsumrichterbedingte Lagerströme, 184  
 Pulswechselrichter, 248  
 Pulszahl, 235
- R**
- Randbedingung  
   für Generatoreinsatz, 123  
 Randwirbel, 37  
 Randwirbelverlust, 37  
 Rastmomente, 124  
 Rauigkeit, 483  
   der Umgebung, 475  
 Rayleighverteilung, 478  
 Rayleigh-Verteilungsfunktion, 477  
 rechtliche Aspekte, 509  
 Recycling, 523  
 Regeldynamik, 394  
 Regeleigenschaften, 387  
 Regelkreis zur Blattverstellung, 436  
 Regelkreise, 435  
 Regelung, 387  
   doppeltgespeister Asynchrongeneratoren,  
     411  
   drehzahlstarrer Windkraftanlage, 424  
   drehzahlvariabel betriebener Anlagen, 406  
   drehzahlvariabler Windkraftanlage, 408  
   im Inselbetrieb, 402, 403  
   kleiner Windkraftanlage, 406  
   schlupfvariabler Asynchrongeneratoren,  
     407  
 Regelungsbereich, 397  
 Regelungskonzeption, 390, 401

- Regelungsprinzipien, 393
  - Regelungsschema Multi-Generatoranlage, 207
  - Regelungsvorgänge
    - mechanisch, 401
  - Reglerauslegung, 425
  - Reglerparameter, 427
  - Reibmoment
    - an der Blattlagerung, 72
    - lastabhängig, 72
    - lastunabhängig, 72
  - Relativbewegung
    - rotierender Blätter, 58
  - Repowering, 495
  - Resonanzerscheinung, 311
  - Richtlinie, Spannungsstützung durch den Generator, 307
  - Richtlinien
    - FGW, 344
    - VDEW, 343
  - Richtungsnachführung
    - durch Winddruck, 67
  - Richtwerte für Windturbinensysteme, 114
  - rotierender Zeiger, 410
  - Rotorblatt
    - Belastung, 48
    - Transport, 57
    - Verwindung, 55
    - vorgebogen, 56
  - Rotorblattanzahl, 50, 53
  - Rotorblattbeschleunigung, 58
  - Rotorblatffertigung, 56
  - Rotorblattform
    - optimal, 54
    - Rechteckform, 54
    - Trapezform, 54
  - Rotorblattgeometrie, 51
    - optimale, 53
  - Rotorblattmomente, 58
  - Rotorblattsegment, 35
  - Rotorblattverstellrichtung, 79
  - Rotorblattverstellsystem
    - Auslegung, 89
  - Rotorblattverstellung, 67, 78, 79
  - Rotorleistungsbeiwert, 57, 58
  - Rotorspannung
    - feldorientiert, 410
  - Rückstellmoment, 70
  - Rückstell-Torsionsmoment, 430
- S**
- Sättigungszustand, 171
  - Sanftanlauf, 162
  - Sattelmoment, 140
  - Saugkreisfilter, 320
  - Schallausbreitung, 510
  - Schallgrenzwert, 511
  - Schallimmission, 511
  - Schattenwurf, 512
  - Schattenwurfzeiten, 513
  - Schematische Darstellung des Triebstranges als mechanisches
    - Drei-Massen-Ersatzmodell, 203
  - Schenkelpolläufer, 130
  - Schenkelpolmaschine, 160
  - Scherbius-Prinzip, 414
  - Schleifring, 132
  - Schleifringläufer, 130, 178
  - Schlupf, 126
  - Schlupferhöhung, 142
  - Schlupfregelung, 417
    - dynamisch, 145
  - schlupfvariable Asynchrongeneratoren, 182
  - Schnelllaufzahl, 39, 48, 151
  - Schnellstellvorgänge, 94
  - Schräganströmung, 57
  - Schraubverbindungen, 113
  - Schubkraft, 33
    - axiale, 35
  - Schutzeinrichtung, 226
  - Schutzmaßnahme, 255
  - Schwachwindgenerator, 179
  - Schwingungstilger, 148
  - Schwingungsüberwachung, 463
  - Selbsteinstellende Regelung, 442
  - selbstgeführte Systeme, 239
  - Sicherheitssysteme, 79, 462
  - sicherheitstechnische Überwachung, 390
  - Sicherung, 257
  - Sichtbarkeit, 513, 514
  - Sichtbarkeitskarte, 513
  - Simpson-Regel, 38
  - Simulationsergebnisse, 165, 166, 168
  - Skalierungsfaktor, 477
  - Sollwertkorrektur, 405
  - Spannung, 127, 391
    - induziert, 133
  - Spannungsänderung, 171, 284, 286, 290, 292, 331



- Spannungsanhebung, 286
  - Spannungsbildung, 391
  - Spannungsebenen, 282
  - Spannungsführung, 235
  - Spannungsprofil zur LVRT-Anforderung
    - verschiedener Länder, 308
  - Spannungsregelkreis, 405
  - Spannungsregelung, 404
  - Spannungsregelvorgänge, 132
  - Spannungsschwankung, 284
  - Spannungsspektren
    - von Windturbinen, 300
  - Spannungsunsymmetrien, 282
  - Spannungsverhalten
    - bei Netzeinspeisung, 282
  - Spannungsverlauf, 332
  - Speicheranlage, 124
  - spezifischer Jahresenergieertrag, 483
  - Stallbetrieb, 26, 98
  - Standortanalyse, 491
  - Standortgutachten, 477
  - Standortkategorie, 483, 485
  - stationäre Stabilität, 151
  - Statorspannung, 132
  - Statorstrom, 132
    - beim Kurzschluss einer Synchronmaschine, 187
    - Generatorbetrieb, 135
    - Motorbetrieb, 135
  - Stellantrieb
    - Leistung, 95
    - Trägheitsmoment, 91
  - Stellmotor, 67
  - Stellsystem, 67
  - Steuerblindleistung, 238
  - Steuerwinkel, 237
  - Stillsetzen, 457
  - Stillstand, 452
  - Störabschaltung, 459
  - Störfälle, 460
  - Störgröße, 30
  - Störungsmeldung, 390
  - Stoßfaktor, 259
  - Streureaktanz
    - Läufer, 132
    - Statorwicklung, 132
  - Streuzyffer, 141
  - Strömungsabriss, 57
  - Strömungsstörung, 45
  - Strömungsverhältnis am Rotorblatt
    - abgerissene Luftströmung, 99
    - anliegende Luftströmung, 99
  - Strombelagsverlauf entlang eines Seekabels, 361
  - Stromeinspeisungsgesetz, 501
  - Stromgestehungskosten, 504
  - Stromortskurve
    - Asynchronmaschine, 134
    - Synchronmaschine, 134
  - Stromrichter, 229, 234
  - Stromrichterkopplung, 126
  - Struktur
    - mechanischer Triebstrang, 111
    - mechanischer Triebstrang (vereinfacht), 112
    - vereinfacht, 79
    - zur Rotorblattverstellung, 75, 77
  - Stützung elektrischer Drehstromnetze, 127
  - subtransiente Längsreaktanz
    - von Synchronmaschinen, 222
  - Summenertrag, 485
  - Summenhäufigkeit
    - der Windgeschwindigkeit, 478
  - Summenkurve, 481
  - Symmetrisches Optimum, 440
  - synchrone Oberwellen-Drehfeldmomente, 146
  - Synchrongenerator, 126
    - fürtrieblose Anlagen, 185, 188
    - motorischer Hochlauf, 155, 156
    - Vollpolmaschine, 159
  - Synchronisationseinrichtungen, 162
  - System
    - getriebelos, 129
    - netzgeführt, 127
  - Systemanforderungen, 389
  - Systemdaten, 113
  - Systemdienstleistungen und Betriebsführung, 338
  - systemorientierte Reglerauslegung, 444
- T**
- Taktfrequenz, 235
  - Taylor-Entwicklung, 433
  - technisch-wirtschaftliche Potenziale, 491
  - Teillastbetrieb, 453, 456
  - Teilumrichter, 348
  - Theodorsen-Funktion, 74
  - Thermik-Turm-Anlage, 47
  - Thyristor, 232

Thyristor-Wechselrichter, 247  
 Toleranzbandregelung, 249  
 Topographie, 477  
 Torsionsmomente  
   an Rotorblättern, 427  
   infolge Auftriebskräften, 430  
 Torsionssteifigkeit, 110  
 Total Harmonic Distortion, 298  
 totale harmonische Verzerrung, 299  
 Trägheit beschl. Luftmassen, 74  
 transiente  
   Drehmomente, 154  
   Längsreaktanzen von Synchronmaschinen, 221  
   Ströme, 154  
 Transistor, 233  
 Triebstrang  
   getriebelos, 105  
   konventionell, 105  
   mechanisch, 104  
   mit drehzahlvariablen Getriebesystemen, 148  
   Momentenstöße, 124  
 Triebstrangbelastung, 142, 147  
 Triebstrangdaten, 113  
 Triebstrangverlust, 44  
 Triebstrangverzweigungen, 181  
 Trittgrenze, 238  
 Turbinenanordnung, 49  
 Turbinendaten, 113  
 Turbinenleistung, 391  
 Turbinenleistungsschwankung, 143  
 Turbinennachführung, 57  
 Turbinenverhalten  
   Nachbildung, 42  
 Turbinenwirkungsgrad, 47  
 Turbogenerator, 130  
 Turbulenzintensität, 477, 483  
 Turmeinflüsse, 44  
 Turmmasse, 115  
   pro kW, 117, 118  
   pro m, 119  
   pro m<sup>2</sup>, 118  
 Turmschatteneffekt, 45  
 Turmstauereffekt, 45  
 Turmvorstauereffekt, 50

## U

Übertragungskapazität eines unkompenzierten Kabels, 360  
 Überdrehzahl, 461  
 Überlastschutz, 154  
 Überspannung, 267  
 Überspannungsschutz, 412  
 Übertemperatur, 461  
 Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), 344  
 Überwachungsrechner, 464  
 Überwachungssysteme, 462  
 U<sub>i</sub>-Ortskurve, 172  
 Umfangsgeschwindigkeit, 48  
   der Turbine, 52  
 Umrichter  
   selbstgeführt, 127  
 Umrichterbasierte FRT-Testanlage bis 100 kW, 310  
 umrichterbedingte zirkulierende Ströme, 185  
 Umrichterkonzept  
   mit Hochsetzsteller, 253  
   mit sinusförmiger Spannung, 253  
   mit trapezförmiger Spannung, 253  
 Umrichterkonzeption, 239  
 Umrichtersystem, 228, 241  
 Umströmung  
   Blattspitzen, 36  
   Blattwurzel, 36  
 Umwandlungsstufe, 25  
 Umweltverträglichkeitsprüfung, 509  
 unerregte Aufschaltung, 157  
 ungeführte Einspeisung, 388  
 ungesteuerte Diodengleichrichterbrücke, 244  
 unkoordinierte Speisung, 387  
 Unterhaltungskosten, 499  
 U-Umrichter, 231

## V

Verband der Netzbetreiber (VDN), 345  
 Verbesserung der Regeleigenschaften, 440  
 Verbrauchswerte, 388  
 Verbundbetrieb, 390  
 Verbundnetz, 332  
 Verfügbarkeitsfragen, 124  
 Vergleichmäßigung  
   der Leistung, 274  
 Vergütung, 503  
 Verknüpfungspunkt, 286  
 Verlustnachbildung, 46

Versorgungssicherheit, 124  
 Verstellantrieb, 78, 87, 95  
     Auslegung, 95  
 Verstelleinrichtung, 67  
 Stellvorgänge  
     an Rotorblättern, 427  
 Verträglichkeitspegel, 297  
 Verzögerungszeit, 132  
 Viergeneratoranordnung, 183  
 Visualisierung eines Windparks, 514  
 Vogelschlag, 522  
 Vollastbetrieb, 453, 458  
 Vollpol-Synchronmaschine, 130  
 Vollumrichter, 348  
 Vortex-Turbine, 48

**W**

Wartestellung, 452  
 Wartung und Instandhaltung, 500  
 Wartungsaufwand, 132  
 WAsP, *siehe* Wind Atlas Analysis Application Programme  
 Wechselrichterbetrieb, 237  
 Weibull-Häufigkeitsverteilung  
     der Windgeschwindigkeiten, 477  
 Weibullparameter, 483  
 Weibullverteilung, 477, 478, 481, 485  
 Wellenspannungen, 185  
     bei Umrichterbetrieb, 184  
 Widerstand  
     Statorwicklung, 132  
 Widerstandsbeiwert, 36  
 Widerstandsmoment  
     am Asynchrongenerator, 169  
     Generator, 135  
 Wind Atlas Analysis Application Programme, 488  
 Wind-Atlas-Methode, 488, 489  
 Windenergieangebot, 480, 481  
 Windenergienutzung  
     Land, 490  
     Offshore, 492  
 Windfarm-Leistungserfassung, 278  
 Windgeschwindigkeit, 43, 48  
     höhenabhängig, 44  
     resultierend, 69  
     verzögert, 52  
 Windgeschwindigkeitsmessung, 479  
 Wind-Index, 480

Windklasse, 478  
 Windkraftanlage, 1  
     drehzahlfest, 399  
     drehzahlvariabel, 400  
     mit Blattverstellung, 399, 400  
     netzgeführt, 151  
     ohne Blattverstellung, 397, 398  
     Überwachung, 465  
 Windleistungserfassung, 278  
 Windleistungsoptimum, 153  
 Windleistungsprognose, 277  
 Windmeseinrichtungen, 462  
 Windmesssysteme, 479  
 Windpark, 313  
 Windparküberwachung, 466  
 Windprofil, 44  
 Windrad  
     auftriebnutzend, 47  
     Systematik, 47  
 Windradleistung, 31  
 Windradleistungswert (maximal), 32  
 Windrichtungsfahne, 67  
 Windrichtungsnachführung, 58  
 Windrichtungsverteilung, 483  
 Windrive-Systeme, 348  
 Windturbinenmoment, 150  
 Windverhältnis, 475  
 Wirbelfeld  
     turbulent, 37  
 Wirkleistung, 391  
 Wirkleistungsbetrieb, 251  
 Wirkleistungsfluss, 333  
 Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz, 341  
 Wirkleistungsregelung, 127  
 Wirkleistungsstatik, 402, 404, 405  
 Wirkungsbereich, 388  
 Wirkungsgrad  
     von Asynchronmaschinen, 219  
     von Synchronmaschinen, 220  
 Wirkungskette, 25  
 wirtschaftlicher Betrieb, 476  
 Wirtschaftlichkeit, 505  
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, 498  
 Wirtschaftlichkeitseinschätzung, 483  
 Wirtschaftlichkeitspotenzial, 490

**Z**

Zeigerdiagramm  
     Asynchronmaschine, 136

- Synchronmaschine, [136](#)
- Zentripetalbeschleunigung
  - durch Nachführung, [60](#)
  - durch Rotation der Blätter, [61](#)
- Zuleitung, [243](#)
- Zuschaltbedingung, [226](#)
- Zuschaltung
  - phasengleich, [158](#)
  - Phasenopposition, [158](#)
  - unerregt, [158](#)
- Zustandsbeobachter, [445](#)
- Zustandserfassung, [461](#)
- Zustandsgröße, [30](#)
- Zweiachsen-Feldkoordinatensystem, [410](#)
- Zweiblattrotor, [51](#)
- Zwischenharmonische, [295](#)
- Zwischenkreisumrichter, [230](#), [240](#)