

# Inhalt

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Vorwort zur 9. Auflage ..... | 5 |
|------------------------------|---|

|   |   |
|---|---|
| Mitarbeiter des DKE-Komitees K 311 „Drehende elektrische Maschinen“<br>im Zeitraum der Bearbeitung dieser Erläuterungen ..... | 7 |
|---|---|

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 IEC 60034-1 Bemessung und Betriebsverhalten .....</b>   | <b>23</b> |
| 1.1 Begriffe (3) .....   | 23        |
| 1.2 Betrieb (4) .....  | 26        |
| 1.3 Bemessung (5) .....  | 27        |
| 1.3.1 Bemessung für gleichwertige Belastung (5.2.6) .....  | 27        |
| 1.3.2 Bemessungsspannung (5.6) .....   | 28        |
| 1.3.3 Zuordnung von Spannungen und Leistungen (5.7) .....  | 28        |
| 1.3.4 Maschinen mit mehr als einer Bemessung (5.8) .....   | 28        |
| 1.4 Betriebsbedingungen am Aufstellungsort (6) .....   | 29        |
| 1.4.1 Aufstellungshöhe (6.2) .....   | 29        |
| 1.4.2 Maximale Umgebungstemperatur der Luft (6.3) .....  | 29        |
| 1.4.3 Minimale Umgebungstemperatur der Luft (6.4) .....  | 29        |
| 1.4.4 Reinheit von Wasserstoff als Kühlmittel (6.7) .....  | 30        |
| 1.5 Elektrische Betriebsbedingungen (7) .....  | 31        |
| 1.5.1 Stromversorgung (7.1) .....  | 31        |
| 1.5.2 Kurvenform und Symmetrie von Spannungen und Strömen<br>bei Wechselstrommotoren (7.2.1) .....     | 31        |
| 1.5.3 Kurvenform und Symmetrie von Spannungen und Strömen<br>bei Wechselstromgeneratoren (7.2.2) ..... | 32        |
| 1.5.4 Kurvenform von Spannungen und Strömen bei Synchronmaschinen<br>(7.2.3) .....                     | 32        |
| 1.5.5 Spannungs- und Frequenzschwankungen (7.3) .....  | 32        |
| 1.5.6 Betrieb an nicht geerdeten Netzen (7.4) .....  | 33        |
| 1.5.7 Spannungsfestigkeit (7.5) .....  | 33        |
| 1.6 Thermisches Verhalten und Prüfungen (8) .....  | 33        |
| 1.6.1 Thermische Klassifizierung (8.1) .....   | 33        |
| 1.6.2 Referenzkühlmittel (8.2) .....   | 34        |
| 1.6.3 Temperatur vor der Erwärmungsprüfung (8.3.2) .....   | 34        |
| 1.6.4 Messung der Kühlmitteltemperatur während der Prüfung (8.3.4) .....                               | 34        |
| 1.6.5 Verfahren zur Messung der Temperatur (8.5) .....   | 35        |
| 1.6.6 Widerstandsverfahren (8.5.2) .....   | 35        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 1.6.7    | Verfahren mit eingebauten Temperaturfühlern (ETF) (8.5.3) . . . . .  | 36        |
| 1.6.8    | Thermometerverfahren (8.5.4). . . . .  | 37        |
| 1.6.9    | Wahl des Verfahrens (8.6.1). . . . .   | 37        |
| 1.6.10   | Bemessung für Dauerbetrieb (8.7.1) . . . . .   | 37        |
| 1.6.11   | Messung der Lagertemperatur (8.9) . . . . .  | 38        |
| 1.6.12   | Grenzwerte für Temperatur und Übertemperatur (8.10) . . . . .  | 38        |
| 1.6.13   | Kommutatoren und Schleifringe, offen oder geschlossen,<br>und ihre zugehörigen Bürsten und Bürstenhalter (8.10.5). . . . .                               | 39        |
| 1.7      | Sonstiges zu Betriebsverhalten und Prüfungen (9) . . . . .   | 39        |
| 1.7.1    | Stückprüfungen (9.1). . . . .  | 39        |
| 1.7.2    | Spannungsprüfung (9.2) . . . . .   | 39        |
| 1.7.3    | Motoren (ausgenommen Kommutatormotoren<br>und permanentmagneterregte Motoren) (9.3.3). . . . .   | 40        |
| 1.7.4    | Sichere Betriebsdrehzahl (9.6). . . . .  | 40        |
| 1.7.5    | Schleuderdrehzahl (9.7). . . . .   | 40        |
| 1.7.6    | Stoßkurzschlussstrom von Synchronmaschinen (9.8). . . . .  | 41        |
| 1.7.7    | Stoßkurzschlussprüfung von Synchronmaschinen (9.9) . . . . .   | 41        |
| 1.7.8    | Gesamt-Verzerrungsfaktor ( <i>THD</i> ) für Synchronmaschinen (9.11) . . . . .   | 42        |
| 1.8      | Leistungsschilder (10) . . . . .   | 43        |
| 1.9      | Sonstige Anforderungen (11). . . . .   | 43        |
| 1.9.1    | Schutzerdung von Maschinen (11.1). . . . .   | 43        |
| 1.10     | Toleranzen (12) . . . . .  | 45        |
| 1.11     | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) (13). . . . .   | 45        |
| <b>2</b> | <b>IEC 60034-2-x Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrads. . . . .</b>  | <b>46</b> |
| 2.1      | IEC 60034-2-1 Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste<br>und des Wirkungsgrads aus Prüfungen . . . . .   | 47        |
| 2.1.1    | Begriffe (3), Formelzeichen und Abkürzungen (4) . . . . .  | 48        |
| 2.1.2    | Grundlegende Anforderungen (5) . . . . .   | 48        |
| 2.1.3    | Prüfverfahren zu Wirkungsgradbestimmung. . . . .   | 49        |
| 2.1.4    | Mehrphasen-Induktionsmaschinen (6) . . . . .   | 50        |
| 2.1.4.1  | Bevorzugte Prüfverfahren . . . . .   | 50        |
| 2.1.4.2  | Weitere Prüfverfahren . . . . .  | 52        |
| 2.1.5    | Synchronmaschinen (7) . . . . .  | 53        |
| 2.1.5.1  | Bevorzugte Prüfverfahren . . . . .   | 53        |
| 2.1.5.2  | Weitere Prüfverfahren . . . . .  | 55        |
| 2.1.6    | Gleichstrommaschinen (8). . . . .  | 56        |
| 2.2      | IEC 60034-2-2 Besondere Verfahren zur Bestimmung der<br>Einzelverluste großer elektrischer Maschinen aus Prüfungen<br>in Ergänzung zu Teil 2-1 . . . . . | 58        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.2.1    | Prüfung mit kalibrierter Maschine . . . . .  | 58        |
| 2.2.2    | Auslaufprüfung . . . . .   | 58        |
| 2.2.3    | Kalorimetrisches Verfahren . . . . .   | 59        |
| 2.3      | IEC 60034-2-3 Spezielle Verfahren zur Bestimmung der<br>Verluste und des Wirkungsgrads von umrichter-<br>gespeisten Wechselspannungsmotoren . . . . .                    | 60        |
| <b>3</b> | <b>IEC 60034-3 Besondere Anforderungen an Synchrongeneratoren,<br/>die von Dampf- oder Gasturbinen angetrieben werden,<br/>und an synchrone Phasenschieber . . . . .</b> | <b>63</b> |
| 3.1      | Anwendungsbereich . . . . .  | 63        |
| 3.2      | Allgemeines (4) . . . . .  | 63        |
| 3.2.1    | Bemessungswerte (4.2) . . . . .  | 63        |
| 3.2.2    | Erregerstrom und Erregerspannung (4.2) . . . . .   | 64        |
| 3.2.3    | Spannungs-/Frequenzbereich (4.6) . . . . .   | 64        |
| 3.2.4    | Ständerwicklung (4.8) . . . . .  | 65        |
| 3.2.5    | Stehspannungs-Prüfungen (4.9.2) . . . . .  | 65        |
| 3.2.6    | Isolierung gegen Lagerströme (4.10) . . . . .  | 65        |
| 3.2.7    | Schleuderprüfung (4.11) . . . . .  | 66        |
| 3.2.8    | <i>P-Q</i> -Leistungsdiagramm (4.13) . . . . .   | 66        |
| 3.2.9    | Anforderungen an die Überlastbarkeit (4.14) . . . . .  | 68        |
| 3.2.10   | Belastung mit unsymmetrischen Strömen und mit Stromharmonischen<br>(4.15) . . . . .  | 69        |
| 3.2.11   | Stoßkurzschluss (4.16) . . . . .   | 69        |
| 3.2.12   | Synchronisierung (4.17) . . . . .  | 70        |
| 3.2.13   | Leerlauf-Kurzschluss-Verhältnis (4.18) . . . . .   | 70        |
| 3.2.14   | Transiente und subtransiente Längsreaktanzen (4.19) . . . . .  | 71        |
| 3.2.15   | Grenزابweichungen für Leerlauf-Kurzschluss-Verhältnis<br>sowie transiente und subtransiente Längsreaktanzen (4.20) . . . . .   | 72        |
| 3.3      | Luftgekühlte Generatoren (5) . . . . .   | 72        |
| 3.3.1    | Generatorkühlung (5.2) . . . . .   | 72        |
| 3.4      | Wasserstoff- oder flüssigkeitsgekühlte Generatoren (6) . . . . .   | 73        |
| 3.4.1    | Maschinengehäuse und Abschlussteile (6.3) . . . . .  | 73        |
| 3.4.2    | Generatorklemmen (6.4) . . . . .   | 73        |
| 3.4.3    | Kühlmitteltemperaturen, Temperaturen und Übertemperaturen<br>von Maschinen (6.5) . . . . .   | 74        |
| 3.4.4    | Temperaturfühler (6.6) . . . . .   | 75        |
| 3.4.5    | Hilfseinrichtungen (6.7) . . . . .   | 75        |
| 3.5      | Generatoren zum Antrieb durch Gasturbinen oder für Kombiprozesse<br>(7) . . . . .  | 76        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.5.1    | Temperatur des primären Kühlmittels (7.2.2) . . . . .  | 76        |
| 3.5.2    | Bemessungsleistung (7.3) . . . . .   | 76        |
| 3.5.3    | Grundleistungsbereich (7.4.2) . . . . .  | 76        |
| 3.5.4    | Temperaturanstieg und Temperaturen im Grundlastbereich (7.4.3) . . . . .   | 77        |
| 3.6      | Vorsichtsmaßnahmen beim Einsatz von Generatoren mit Wasserstoff<br>als Kühlmittel (Anhang A). . . . .  | 77        |
| 3.6.1    | Schutzmaßnahmen für Schleifringe und angebaute Erregermaschinen<br>(A.4). . . . .  | 77        |
| 3.6.2    | Hilfseinrichtungen (A.5) . . . . .   | 78        |
| 3.6.3    | Betrieb des Generators und seiner Hilfseinrichtungen (A.6). . . . .  | 79        |
| <b>4</b> | <b>IEC 60034-4-1 (VDE 0530-4-1) Verfahren zur Ermittlung der<br/>Kenngrößen von elektrisch erregten Synchronmaschinen durch<br/>Messungen</b> . . . . .    | <b>80</b> |
| 4.1      | Einleitende Bemerkungen . . . . .  | 80        |
| 4.2      | Begriffe (3) . . . . .   | 82        |
| 4.2.1    | Synchron-Längsreaktanz $X_d$ (3.2) und Synchron-Querreaktanz $X_q$ (3.5) . . . . .   | 82        |
| 4.2.2    | Transient-Längsreaktanz $X'_d$ (3.3) und Subtransient-Längsreaktanz $X''_d$<br>(3.4) . . . . .   | 82        |
| 4.2.3    | Transient-Querreaktanz $X'_q$ (3.6) und Subtransient-Querreaktanz<br>$X''_q$ (3.7) . . . . .   | 82        |
| 4.2.4    | Synchronreaktanz (3.8) und Synchronwiderstand $R_{(1)}$ (3.15) . . . . .   | 83        |
| 4.2.5    | Inversreaktanz $X_{(2)}$ (3.9) und Inverswiderstand $R_{(2)}$ (3.16) . . . . .   | 83        |
| 4.2.6    | Nullreaktanz $X_{(0)}$ (3.10) und Nullwiderstand $R_{(0)}$ (3.17) . . . . .  | 84        |
| 4.2.7    | Potier-Reaktanz $X_p$ (3.11) . . . . .   | 84        |
| 4.2.8    | Gleichstromwiderstand der Ankerwicklung $R_a$ (3.13)<br>und Gleichstromwiderstand der Erregerwicklung $R_f$ (3.14) . . . . .                               | 84        |
| 4.2.9    | Leerlauf-Kurzschluss-Verhältnis $K_c$ (3.18) . . . . .   | 85        |
| 4.2.10   | Transient-Leerlaufzeitkonstante der Längsachse $\tau'_{d0}$ (3.19)<br>und Subtransient-Leerlaufzeitkonstante der Längsachse $\tau''_{d0}$ (3.21) . . . . . | 85        |
| 4.2.11   | Transient-Kurzschlusszeitkonstante der Längsachse $\tau'_d$ (3.20)<br>und Subtransient-Kurzschlusszeitkonstante der Längsachse $\tau''_d$ (3.22) . . . . . | 85        |
| 4.2.12   | Transient-Leerlaufzeitkonstante der Querachse $\tau'_{q0}$ (3.23)<br>und Subtransient-Leerlaufzeitkonstante der Querachse $\tau''_{q0}$ (3.25) . . . . .   | 85        |
| 4.2.13   | Transient-Kurzschlusszeitkonstante der Querachse $\tau'_q$ (3.24)<br>und Subtransient-Kurzschlusszeitkonstante der Querachse $\tau''_q$ (3.28) . . . . .   | 86        |
| 4.2.14   | Anker-Kurzschlusszeitkonstante $\tau_a$ (3.29). . . . .  | 86        |
| 4.3      | Übersicht über die Messverfahren (5, A). . . . .   | 86        |
| 4.4      | Prüfverfahren (6) . . . . .  | 87        |
| 4.4.1    | Prüfbedingungen (6.1.3) . . . . .  | 87        |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 4.4.2  | Bezugsgrößen (6.1.4) . . . . .  | 87  |
| 4.4.3  | Vereinbarungen und Annahmen (6.1.5) . . . . .   | 88  |
| 4.4.4  | Leerlaufversuch (6.4) . . . . .   | 88  |
| 4.4.5  | Leerlaufkennlinie (6.4.2) . . . . .   | 88  |
| 4.4.6  | Kurzschlusskennlinie (6.5.2) . . . . .  | 89  |
| 4.4.7  | Übererregungsversuch bei Leistungsfaktor null (6.7) . . . . .   | 89  |
| 4.4.8  | Gegenerregungsversuch (6.8) . . . . .   | 89  |
| 4.4.9  | Messung des Polradwinkels unter Last (6.9) . . . . .  | 89  |
| 4.4.10 | Versuch mit kleinem Schlupf (6.10) . . . . .  | 90  |
| 4.4.11 | Dreiphasiger Stoßkurzschluss (6.11) . . . . .   | 90  |
| 4.4.12 | Versuch mit wiederkehrender Spannung (6.12) . . . . .   | 91  |
| 4.4.13 | Gleichstrom-Abklingversuch der Ankerwicklung bei Stillstand (6.14) . . . . .  | 91  |
| 4.4.14 | Versuch mit angelegter Spannung bei Läuferstellung in Längs-<br>und in Querachse (6.15) . . . . .                                       | 91  |
| 4.4.15 | Versuch mit angelegter Spannung und beliebiger Winkelstellung<br>des Läufers (6.16) . . . . .   | 92  |
| 4.4.16 | Versuch mit Einphasen-Spannung an den drei Wicklungssträngen<br>(6.17) . . . . .  | 92  |
| 4.4.17 | Unsymmetrischer zweipoliger Dauerkurzschlussversuch (6.18) . . . . .  | 93  |
| 4.4.18 | Dauerkurzschlussversuch mit zwei untereinander und mit dem<br>Sternpunkt kurzgeschlossenen Wicklungssträngen (6.19) . . . . .           | 93  |
| 4.4.19 | Feldstrom-Abklingversuch mit offener Ankerwicklung (6.21) . . . . .   | 93  |
| 4.4.20 | Auslaufversuch im Leerlauf (6.23) . . . . .   | 94  |
| 4.4.21 | Asynchroner Betrieb mit reduzierter Spannung (6.25) . . . . .   | 94  |
| 4.4.22 | Versuch mit einer Spannung variabler Frequenz im Stillstand (6.27) . . . . .  | 94  |
| 4.5    | Bestimmung der Kenngrößen (7) . . . . .   | 95  |
| 4.5.1  | Dreiphasiger Stoßkurzschlussversuch (7.1.2) . . . . .   | 95  |
| 4.5.2  | Versuch mit wiederkehrender Spannung (7.1.3) . . . . .  | 99  |
| 4.5.3  | Synchron-Querreaktanz aus dem Gegenerregungsversuch (7.5.1) . . . . .   | 100 |
| 4.5.4  | Synchron-Querreaktanz aus dem Versuch mit kleinem Schlupf (7.5.2) . . . . .   | 102 |
| 4.5.5  | Synchron-Querreaktanz aus der Messung des Polradwinkels<br>unter Last (7.5.3) . . . . .   | 102 |
| 4.5.6  | Bestimmung der Nullreaktanz aus dem Versuch mit Einphasen-<br>Spannung an den drei Wicklungssträngen (7.8.1) . . . . .                  | 102 |
| 4.5.7  | Inversreaktanz (7.9.1) und Inverswiderstand (7.14.1)<br>aus unsymmetrischem zweipoligem Dauerkurzschluss . . . . .                      | 103 |
| 4.5.8  | Potier-Reaktanz (7.11) . . . . .  | 104 |
| 4.5.9  | Transient-Leerlaufzeitkonstante aus dem Feldstrom-Abklingversuch<br>bei offener Ankerwicklung bei Bemessungsdrehzahl (7.17.1) . . . . . | 104 |
| 4.5.10 | Anker-Kurzschlusszeitkonstante (7.24) . . . . .   | 104 |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.5.11    | Anlauf- und Trägheitszeitkonstante aus dem Auslaufversuch<br>im Leerlauf (7.25) . . . . .                                    | 105        |
| 4.5.12    | Bemessungserregerstrom mit Potier-Diagramm (7.26.2) . . . . .  | 106        |
| 4.5.13    | Bemessungserregerstrom mit ASA-Diagramm (7.26.3) . . . . .   | 107        |
| 4.5.14    | Bestimmung des Bemessungs-Erregerstroms aus dem Schweden-<br>Diagramm (7.26.4). . . . .                                      | 107        |
| <b>5</b>  | <b>IEC 60034-5 Schutzarten aufgrund der Gesamtkonstruktion<br/>von drehenden elektrischen Maschinen (IP-Code).</b> . . . . . | <b>108</b> |
| 5.1       | Schutzgrade – erste Kennziffer (5, 9) . . . . .  | 109        |
| 5.2       | Schutzgrade – zweite Kennziffer (6, 10) . . . . .  | 110        |
| 5.3       | Offene, wettergeschützte Maschinen (11) . . . . .  | 110        |
| <b>6</b>  | <b>IEC 60034-6 Einteilung der Kühlverfahren (IC-Code)</b> . . . . .  | <b>111</b> |
| 6.1       | Bezeichnungssystem (3) . . . . .   | 111        |
| 6.1.1     | Vereinfachte Bezeichnung . . . . .   | 112        |
| 6.1.2     | Vollständige Bezeichnung . . . . .   | 112        |
| 6.2       | Angabe auf dem Leistungsschild. . . . .  | 113        |
| <b>7</b>  | <b>IEC 60034-7 Klassifizierung der Bauarten, der Aufstellungsarten<br/>und der Klemmenkastenlage (IM-Code)</b> . . . . .     | <b>114</b> |
| 7.1       | Anwendungsbereich (1) . . . . .  | 114        |
| 7.2       | Begriffe (1.2) . . . . .   | 114        |
| 7.3       | Code I (alphanumerische Bezeichnung) (2) . . . . .   | 114        |
| 7.4       | Code II (numerische Bezeichnung) (3) . . . . .   | 115        |
| 7.5       | Lage des Klemmenkastens . . . . .  | 116        |
| <b>8</b>  | <b>IEC 60034-8 Anschlussbezeichnungen und Drehsinn</b> . . . . .   | <b>117</b> |
| 8.1       | Gültigkeit, Anwendung und Zweck der Norm (1) . . . . .   | 117        |
| 8.2       | Begriffe, Definitionen, Symbole, Regeln und Darstellungen (3) . . . . .  | 118        |
| <b>9</b>  | <b>IEC 60034-9 Geräuschgrenzwerte</b> . . . . .  | <b>119</b> |
| <b>10</b> | <b>IEC 60034-11 Thermischer Schutz.</b> . . . . .  | <b>122</b> |
| 10.1      | Schutz gegen langsame thermische Überlastung (5) . . . . .   | 123        |
| 10.2      | Schutz gegen schnelle thermische Überlastung (6) . . . . .   | 124        |
| <b>11</b> | <b>IEC 60034-12 Anlaufverhalten von Drehstrommotoren mit<br/>Käfigläufer ausgenommen polumschaltbare Motoren.</b> . . . . .  | <b>126</b> |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>12</b> | <b>IEC 60034-14 Mechanische Schwingungen von bestimmten Maschinen mit Achshöhen von 56 mm und höher – Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke</b> . . . . . | 129 |
| 12.1      | Messgrößen und Messbedingungen. . . . .   | 130 |
| 12.2      | Maschinenaufstellung . . . . .  | 133 |
| 12.3      | Grenzwerte der Lagergehäuseschwingungen . . . . .   | 135 |
| <b>13</b> | <b>IEC 60034-15 Steh-Stoßspannungspegel von Formspulen im Ständer drehender Wechselstrommaschinen</b> . . . . .   | 137 |
| 13.1      | Anwendungsbereich (1). . . . .  | 139 |
| 13.2      | Normative Verweisungen (Bibliografie) . . . . .   | 139 |
| 13.3      | Stichprobenprüfung (2.1). . . . .   | 140 |
| 13.4      | Stückprüfung (2.2). . . . .   | 140 |
| 13.5      | Bemessungsstoßspannungen (3) . . . . .  | 140 |
| 13.6      | Stoßspannungsprüfung der Windungsisolierung (4.2) . . . . .   | 141 |
| 13.7      | Blitzstoßspannungsprüfung der Hauptisolierung (4.3) . . . . .   | 142 |
| 13.8      | Wechselspannungsprüfung der Hauptisolierung (4.4). . . . .  | 142 |
| 13.9      | Direkte Prüfung von Maschinenwicklungen (Anhang A). . . . .   | 143 |
| <b>14</b> | <b>IEC 60034-16-x Erregersysteme für Synchronmaschinen</b> . . . . .  | 144 |
| <b>15</b> | <b>IEC/TS 60034-17 Umrichtergespeiste Induktionsmotoren mit Käfigläufer – Anwendungsleitfaden</b> . . . . .   | 145 |
| <b>16</b> | <b>IEC 60034-18-x Funktionelle Bewertung von Isoliersystemen</b> . . . . .  | 146 |
| 16.1      | IEC 60034-18-1 Allgemeine Richtlinien. . . . .  | 148 |
| 16.1.1    | Einleitung. . . . .   | 148 |
| 16.1.2    | Begriffe (3) . . . . .  | 149 |
| 16.1.3    | Allgemeine Feststellungen zur funktionellen Bewertung (4) . . . . .   | 150 |
| 16.1.4    | Thermische Funktionsprüfungen (5) . . . . .   | 152 |
| 16.1.5    | Elektrische Funktionsprüfung (6) . . . . .  | 154 |
| 16.1.6    | Mechanische Funktionsprüfung (7). . . . .   | 156 |
| 16.1.7    | Funktionsprüfungen zu Umgebungseinflüssen (8) . . . . .   | 156 |
| 16.1.8    | Funktionsprüfungen mit mehreren Einflussgrößen (9) . . . . .  | 156 |
| 16.2      | IEC 60034-18-21 Prüfverfahren für Runddrahtwicklungen – thermische Bewertung und Klassifizierung. . . . .   | 157 |
| 16.3      | IEC 60034-18-22 Prüfverfahren für Runddrahtwicklungen – Klassifizierung von Änderungen und Substitutionen von Systemkomponenten. . . . .                                | 159 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 16.4      | IEC 60034-18-31 Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Thermische Bewertung und Klassifizierung von Isoliersystemen für Maschinen . . . . .  | 159        |
| 16.4.1    | Allgemeine Feststellungen. . . . .  | 159        |
| 16.4.2    | Prüfobjekte und Prüflinge . . . . .   | 160        |
| 16.4.3    | Thermischer Alterungs-Unterzyklus . . . . .   | 160        |
| 16.4.4    | Diagnostischer Unterzyklus. . . . .   | 161        |
| 16.5      | IEC 60034-18-32 Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Elektrische Bewertung von Isoliersystemen für drehende elektrische Maschinen . . . . .  | 162        |
| 16.6      | IEC/TS 60034-18-33 Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Multifunktionelle Bewertung von Isoliersystemen für drehende Maschinen bei gleichzeitiger thermischer und elektrischer Beanspruchung . . . . . | 163        |
| 16.7      | IEC 60034-18-34 Prüfverfahren für Wicklungen mit vorgeformten Elementen – Bewertung der thermomechanischen Belastbarkeit von Isoliersystemen . . . . .  | 164        |
| 16.8      | IEC 60034-18-41 Bewertung und Qualifizierung von Typ-I-Isoliersystemen (teilentladungsfrei) für drehende elektrische Maschinen, gespeist von Spannungs-Zwischenkreisumrichtern. . . . .                                     | 166        |
| 16.9      | IEC 60034-18-42 Bewertung und Qualifizierung von Typ-II-Isoliersystemen (teilentladungsbeständig) für drehende elektrische Maschinen, gespeist von Spannungs-Zwischenkreisumrichtern. . . . .                               | 167        |
| <b>17</b> | <b>IEC 60034-19 Besondere Prüfverfahren für Gleichstrommaschinen, betrieben an gleichrichtergespeisten Leistungsversorgungen oder anderen Gleichstromquellen . . . . .</b>  | <b>169</b> |
| <b>18</b> | <b>IEC/TS 60034-20-1 Servomotoren – Schrittmotoren . . . . .</b>  | <b>170</b> |
| 18.1      | Dimensionen . . . . .   | 171        |
| 18.2      | Prüfung, Betriebsverhalten . . . . .  | 171        |
| <b>19</b> | <b>IEC 60034-22 Wechselstromgeneratoren für Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren . . . . .</b>  | <b>172</b> |
| <b>20</b> | <b>IEC 60034-23 Reparatur, Überholung und Sanierung. . . . .</b>  | <b>173</b> |
| 20.1      | Anwendungsbereich (1). . . . .  | 173        |
| 20.2      | Begriffe (3) . . . . .  | 174        |
| 20.3      | Allgemeine Grundsätze (4) . . . . .   | 174        |
| 20.3.1    | Anwendung gültiger Normen (4.1) . . . . .   | 174        |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 20.3.2  | Anwendungen in gefährdeten Bereichen (4.2)                      | 174 |
| 20.3.3  | Spezielle Anwendungen (4.3)                                     | 174 |
| 20.3.4  | Wirkungsgrad (4.4)  | 174 |
| 20.3.5  | Wirtschaftlichkeit (4.5)  | 175 |
| 20.3.6  | Lebensende und Recycling (4.6)                                  | 175 |
| 20.3.7  | Kreislaufwirtschaft (4.7)                                       | 175 |
| 20.4    | Allgemeine Anforderungen der Reparatur (5)                      | 176 |
| 20.4.1  | Anwendung (5.1)   | 176 |
| 20.4.2  | Reparatureinrichtung (5.2)                                      | 176 |
| 20.4.3  | Arbeitsumfang (5.3)   | 176 |
| 20.4.4  | Qualitätsplan (5.5)   | 176 |
| 20.4.5  | Kundeninformationen (5.6)                                       | 177 |
| 20.4.6  | Dokumentation (5.7)   | 177 |
| 20.5    | Inspektion, Prüfung und Bewertung der montierten Maschine (6)   | 178 |
| 20.5.1  | Sichtkontrolle (6.1)  | 178 |
| 20.5.2  | Prüfung vor der Demontage (6.2)                                 | 178 |
| 20.5.3  | Prüfung der Ständer- und der Läuferwicklung (6.3)               | 178 |
| 20.5.4  | Welle und Lager (6.4)   | 179 |
| 20.5.5  | Zustand des Läuferkäfigs bzw. der Erregerwicklung (6.5)         | 179 |
| 20.6    | Inspektion, Prüfung und Bewertung der demontierten Maschine (7) | 180 |
| 20.6.1  | Allgemein (7.1)   | 180 |
| 20.6.2  | Reinigung (7.2)   | 180 |
| 20.6.3  | Sichtkontrolle (7.3)  | 180 |
| 20.6.4  | Luftspalt (7.4)   | 180 |
| 20.6.5  | Belüftungssystem (7.5)  | 180 |
| 20.6.6  | Ständer (7.6)   | 181 |
| 20.6.7  | Läufer (7.7)  | 181 |
| 20.6.8  | Schleifringe (7.8)  | 182 |
| 20.6.9  | Bürsten und Bürstenhalter (7.9)                                 | 182 |
| 20.6.10 | Wälzlager (7.10)  | 182 |
| 20.6.11 | Gleitlager (7.11)   | 182 |
| 20.6.12 | Dichtungen und Labyrinthdichtungen (7.12)                       | 182 |
| 20.7    | Reparatur (8)   | 183 |
| 20.7.1  | Wicklungskontrolle (8.1)  | 183 |
| 20.7.2  | Untersuchung der Blechpakete (8.2)                              | 183 |
| 20.7.3  | Neuwicklung (8.3)   | 184 |
| 20.7.4  | Komponenten (8.4)   | 185 |
| 20.7.5  | Läufer (8.5)  | 186 |
| 20.7.6  | Wellen (8.6)  | 187 |
| 20.7.7  | Lager (8.7)   | 187 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 20.7.8    | Schmierung (8.8) . . . . .  | 187        |
| 20.7.9    | Heizelemente (8.9). . . . .   | 187        |
| 20.7.10   | Temperatursensoren (8.10) . . . . .   | 188        |
| 20.7.11   | Schutz gegen Korrosion und das Eindringen von Fremdkörpern (8.11)   | 188        |
| 20.7.12   | Klemmkästen und Anschlüsse (8.12) . . . . .   | 188        |
| 20.8      | Abschließende Prüfungen (9) . . . . .   | 188        |
| 20.8.1    | Prüfmittel (9.1) . . . . .  | 188        |
| 20.8.2    | Isolationswiderstand (9.2) und Wicklungswiderstand (9.3) . . . . .  | 188        |
| 20.8.3    | Leerlaufprüfung (9.4) . . . . .   | 188        |
| 20.8.4    | Markierung der magnetischen Mitte (nach Absprache) (9.5) . . . . .  | 189        |
| 20.8.5    | Prüfung mit blockiertem Rotor (9.6) . . . . .   | 189        |
| 20.8.6    | Motorvollastprüfung (9.7) . . . . .   | 189        |
| 20.8.7    | Blindleistungserwärmung (nach Absprache) (9.8) . . . . .  | 189        |
| 20.9      | Zusätzliche Anforderungen an Gleichstrommaschinen (10) . . . . .  | 189        |
| 20.9.1    | Allgemein (10.1) . . . . .  | 189        |
| 20.9.2    | Inspektion, Prüfung und Bewertung einer montierten Gleichstrommaschine (10.2) . . . . .   | 189        |
| 20.9.3    | Inspektion, Prüfung und Bewertung einer demontierten Gleichstrommaschine (10.3) . . . . .   | 190        |
| 20.9.4    | Reparaturarbeiten (10.4) . . . . .  | 191        |
| 20.9.5    | Abschließende Prüfungen der Gleichstrommaschine (10.5) . . . . .  | 192        |
| 20.10     | Zusätzliche Anforderungen für Hochspannungs-Wechselstrommaschinen (nach Vereinbarung) (11) . . . . .  | 192        |
| 20.10.1   | Inspektion und Prüfung montierter Hochspannungsmaschinen (11.1) .   | 192        |
| 20.10.2   | Inspektion und Prüfung einer demontierten Hochspannungsmaschine (11.2) . . . . .  | 192        |
| 20.10.3   | Abschließende Prüfungen der Hochspannungsmaschine (11.3) . . . . .  | 193        |
| 20.11     | Zusätzliche Prüfungen für Hochspannungsgeneratoren (nach Vereinbarung) (12) . . . . .   | 193        |
| 20.12     | Kundendokumentation und Übergabe (13) . . . . .   | 194        |
| <b>21</b> | <b>IEC 60034-24 Erkennung und Diagnose von möglichen Schäden an den Aktivteilen drehender elektrischer Maschinen und von Lagerströmen . . . . .</b> | <b>195</b> |
| <b>22</b> | <b>IEC/TS 60034-25 Wechselstrommaschinen zur Verwendung in Antriebssystemen – Anwendungsleitfaden . . . . .</b>                                     | <b>198</b> |
| 22.1      | Zweck und Gültigkeitsbereich . . . . .  | 198        |
| 22.2      | Definition und Bestandteile des Systems „Drehzahlveränderbarer Antrieb“ . . . . .   | 199        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 22.3      | Hinweise zu den Empfehlungen des Leitfadens . . . . .  | 200        |
| 22.3.1    | Einflüsse durch die Schaltfrequenz des Umrichters (A.2). . . . .   | 200        |
| 22.3.2    | Anforderungen an den Motor (4.4) . . . . .   | 201        |
| 22.3.3    | Zusatzverluste durch Umrichterspeisung (5.1) . . . . .   | 201        |
| 22.3.4    | Isolationsbeanspruchung der Motorwicklung (7.2). . . . .   | 202        |
| 22.3.5    | Konsequenzen von zu hohen Lagerströmen (8.5) . . . . .   | 202        |
| 22.3.6    | Zusätzliche Beanspruchung der Motorenisolierung von<br>Standardmotoren für allgemeine Anwendungen (18.4). . . . .                | 203        |
| <b>23</b> | <b>IEC 60034-26 Auswirkungen von Spannungsunsymmetrien<br/>auf das Betriebsverhalten von Drehstrom-Induktionsmotoren . . .</b>   | <b>205</b> |
| 23.1      | Auswirkungen von Spannungsunsymmetrien auf das Betriebs-<br>verhalten . . . . .  | 205        |
| 23.2      | Leistungsminderung des Motors . . . . .  | 206        |
| 23.3      | Bestimmung der symmetrischen Komponenten der Leiterspannungen<br>$U_1, U_2, U_3$ eines Drehstromsystems. . . . .                 | 206        |
| <b>24</b> | <b>IEC 60034-27-x Elektrische Messungen an Wicklungsisolierungen</b>   | <b>207</b> |
| 24.1      | IEC 60034-27-1 Offline-Teilentladungsmessungen an Ständer-<br>wicklungsisolierungen drehender elektrischer Maschinen . . . . .   | 207        |
| 24.1.1    | Einleitung und Anwendungsbereich (1) . . . . .   | 208        |
| 24.1.2    | Begriffe und Definitionen (3) . . . . .  | 209        |
| 24.1.3    | Eigenschaften von Teilentladungen (4) . . . . .  | 209        |
| 24.1.4    | Messverfahren und Messgeräte (5) . . . . .   | 209        |
| 24.1.5    | Visualisierung der Messungen (6) . . . . .   | 209        |
| 24.1.6    | Messaufbau (7) . . . . .   | 210        |
| 24.1.7    | Normalisierung der Messungen (8) . . . . .   | 210        |
| 24.1.8    | Prüfverfahren (9) . . . . .  | 211        |
| 24.1.9    | Interpretation der Messergebnisse (10) . . . . .   | 211        |
| 24.1.10   | Prüfbericht (11) . . . . .   | 212        |
| 24.1.11   | Anhänge . . . . .  | 212        |
| 24.2      | IEC/TS 60034-27-2 Online-Teilentladungsmessungen an der<br>Ständerwicklungsisolierung drehender elektrischer Maschinen . . . . . | 213        |
| 24.2.1    | Einleitung . . . . .   | 213        |
| 24.2.2    | Anwendungsbereich (1). . . . .   | 214        |
| 24.2.3    | Eigenschaften von TE in drehenden Maschinen (4) . . . . .  | 214        |
| 24.2.4    | Rauschen und Störungen (5) . . . . .   | 215        |
| 24.2.5    | Messverfahren, Messgeräte (6) und Installation des Messsystems (7) .   | 215        |
| 24.2.6    | Normalisierung der Messungen (8) . . . . .   | 215        |
| 24.2.7    | Messverfahren (9) und Visualisierung (10) . . . . .  | 216        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 24.2.8    | Auswertung von Online-Messungen (11) . . . . .   | 216        |
| 24.3      | IEC 60034-27-3 Messung des dielektrischen Verlustfaktors an der<br>Ständerwicklungsisolierung drehender elektrischer Maschinen . . . . .                               | 217        |
| 24.3.1    | Einleitung. . . . .  | 217        |
| 24.3.2    | Anwendungsbereich (1). . . . .   | 217        |
| 24.3.3    | Theorie und Messverfahren (4) . . . . .  | 218        |
| 24.3.4    | Prüfverfahren (5) . . . . .  | 218        |
| 24.3.5    | Prüfergebnisse (6) . . . . .   | 218        |
| 24.3.6    | Prüfbericht (7) und Anhänge . . . . .  | 219        |
| 24.4      | IEC 60034-27-4 Messung des Isolationswiderstands<br>und des Polarisationsindex der Wicklungsisolierung drehender<br>elektrischer Maschinen . . . . .                   | 219        |
| 24.4.1    | Einleitung und Anwendungsbereich (1) . . . . .   | 219        |
| 24.4.2    | Komponenten des Isolationswiderstands und Einflussfaktoren (4). . . . .  | 220        |
| 24.4.3    | Polarisationsindex (5) . . . . .   | 220        |
| 24.4.4    | Messung (6) . . . . .  | 220        |
| 24.4.5    | Auswertung der Messergebnisse (7) . . . . .  | 221        |
| 24.4.6    | Grenzwerte für Isolationswiderstand und Polarisationsindex (8) . . . . .   | 221        |
| 24.4.7    | Prüfbericht (9) und Anhänge . . . . .  | 221        |
| <b>25</b> | <b>IEC 60034-28 Prüfverfahren zur Bestimmung der Größen<br/>in Ersatzschaltbildern dreiphasiger Niederspannungs-<br/>Kurzschlussläufer-Induktionsmotoren . . . . .</b> | <b>222</b> |
| <b>26</b> | <b>IEC 60034-29 Verfahren der äquivalenten Belastung und<br/>Überlagerung – Indirekte Prüfung zur Ermittlung der<br/>Übertemperatur . . . . .</b>                      | <b>224</b> |
| 26.1      | Überlagerungsverfahren . . . . .   | 224        |
| 26.1.1    | Allgemeine Grundsätze . . . . .  | 224        |
| 26.1.2    | Schätzung der Übertemperatur aus Prüfungen mit verminderter<br>Belastung . . . . .   | 225        |
| 26.2      | Induktionsmotoren. . . . .   | 225        |
| 26.2.1    | Verfahren mit verminderter Spannung und Bemessungsstrom . . . . .  | 225        |
| 26.2.2    | Ermittlung der Übertemperatur durch Berechnungsverfahren . . . . .   | 226        |
| 26.2.3    | Ermittlung der Übertemperatur durch grafisches Verfahren . . . . .   | 226        |
| 26.2.4    | Verfahren mit Bemessungsspannung und verminderter Last . . . . .   | 226        |
| 26.2.5    | Verfahren mit verminderter Spannung und vermindertem Strom . . . . .   | 226        |
| 26.3      | Synchronmaschinen. . . . .   | 227        |
| 26.3.1    | Verfahren mit offenen Klemmen, bei Kurzschluss und ohne Erregung   | 227        |
| 26.3.2    | Verfahren mit Leistungsfaktor null und Betrieb bei offenen Klemmen   | 227        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 26.4      | Gleichstrommaschinen . . . . .  | 227        |
| 26.5      | Verfahren mit äquivalenter Belastung . . . . .  | 228        |
| <b>27</b> | <b>IEC 60034-30-x Wirkungsgrad-Klassifizierung<br/>von Drehstrommotoren (IE-Code) . . . . .</b>   | <b>229</b> |
| 27.1      | Allgemeine Festlegungen . . . . .   | 229        |
| 27.2      | Anwendungsbereich . . . . .   | 231        |
| 27.3      | Anbauteile . . . . .  | 232        |
| 27.4      | Messverfahren . . . . .   | 233        |
| 27.5      | Spannungsbereich . . . . .  | 233        |
| 27.6      | Stempelwerte und Toleranz . . . . .   | 234        |
| 27.7      | Wirkungsgradtabellen . . . . .  | 234        |
| 27.8      | Interpolation von Verlusten und Wirkungsgrad . . . . .  | 235        |
| <b>28</b> | <b>IEC/TS 60034-31 Leitfaden für die Auswahl und Anwendung von<br/>energieeffizienten Motoren einschließlich drehzahlveränderlichen<br/>Antrieben . . . . .</b>   | <b>236</b> |
| <b>29</b> | <b>IEC/TS 60034-32 Messung von Wicklungskopfschwingungen<br/>an Formspulen im Ständer . . . . .</b>   | <b>237</b> |
| 29.1      | Einleitung . . . . .  | 237        |
| 29.2      | Anwendungsbereich (1) . . . . .   | 237        |
| 29.3      | Ursachen und Auswirkungen von Wicklungskopfschwingungen (4) . .   | 238        |
| 29.4      | Messung der Strukturdynamik von Wicklungsköpfen im Stillstand (5)   | 238        |
| 29.5      | Messung von Wicklungskopfschwingungen während des Betriebs (6)  | 239        |
| 29.6      | Wiederholungsmessungen zur Erkennung der Strukturveränderung<br>(7) . . . . .   | 240        |
| <b>30</b> | <b>IEC/TS 61800-8 Elektrische Leistungsantriebe<br/>mit einstellbarer Drehzahl – Teil 8: Festlegung der Spannung<br/>an Stromversorgungsschnittstellen . . . . .</b>  | <b>241</b> |
| 30.1      | Gültigkeitsbereich . . . . .  | 242        |
| 30.2      | Beschreibungsstruktur und grundsätzliche Voraussetzungen . . . . .  | 243        |
| 30.3      | Anwendung . . . . .   | 244        |
| 30.4      | Beispielhafte Anwendung der Ausarbeitung . . . . .  | 244        |
| <b>31</b> | <b>IEC 61800-9-x Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe –<br/>Teil 9-x: Energieeffizienz und Ökodesign für Antriebssysteme,<br/>Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene<br/>Einrichtungen . . . . .</b> | <b>246</b> |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 31.1      | IEC 61800-9-1 Energieeffizienz für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen – Allgemeine Anforderungen für die Erstellung von Normen zur Energieeffizienz von Ausrüstungen mit Elektroantrieb nach dem erweiterten Produktansatz (EPA) und semi-analytischen Modellen . . . | 246        |
| 31.1.1    | Verantwortlichkeiten und Aufgaben der beteiligten Interessenträger . .   | 247        |
| 31.1.2    | Verantwortlichkeiten der technischen Normungskomitees . . . . .  | 248        |
| 31.1.3    | Elemente des erweiterten Produktansatzes (EPA) und Anforderungen an die semianalytischen Modelle (SAM) . . . . .   | 249        |
| 31.2      | IEC 61800-9-2 Energieeffizienz für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen – Allgemeine Anforderungen an das semianalytische Modell des elektrischen Antriebs (Motorsystem). . . . .   | 250        |
| 31.2.1    | Semianalytisches Modell (SAM) des elektrischen Antriebssystems. . .  | 250        |
| 31.2.2    | Konzept des Referenzantriebssystems (RPDS) und seiner Referenzkomponenten (RCDM und RM) . . . . .  | 252        |
| 31.2.3    | Begrenzung der Anzahl zu verwendender Arbeitspunkte im erweiterten Produktansatz . . . . .   | 253        |
| 31.2.4    | Verknüpfung der semianalytischen Modelle (SAM) von elektrischem Antrieb und Arbeitsmaschine . . . . .  | 255        |
| 31.2.5    | Ermittlung der Verlustanteile des Motorsystems. . . . .  | 256        |
| <b>32</b> | <b>IEC 60072-x Maße und Leistungsreihen für drehende elektrische Maschinen sowie EN 50347 Drehstrominduktionsmotoren für den Allgemeingebrauch mit standardisierten Abmessungen und Leistungen – Baugrößen 56 bis 315 und Flanschgrößen 65 bis 740</b>   | <b>257</b> |
| <b>33</b> | <b>DIN 42925 Einführungen in den Anschlusskasten für Drehstrommotoren 400 V bis 690 V. . . . .</b>   | <b>259</b> |
| <b>34</b> | <b>Normungsarbeit. . . . .</b>   | <b>260</b> |
| 34.1      | Internationale Normung (IEC). . . . .  | 261        |
| 34.2      | Europäische Normung (CENELEC) . . . . .  | 261        |
| 34.3      | Deutsche Normung (DKE) . . . . .   | 261        |
| 34.3.1    | K 311 Drehende Elektrische Maschinen . . . . .   | 261        |
| 34.3.2    | UK 311.1 Leistungen und Abmessungen. . . . .   | 261        |
| 34.4      | Abkürzungen . . . . .  | 262        |
| 34.5      | Stand der Normung . . . . .  | 263        |
|           | <b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>  | <b>271</b> |