DIN EN IEC 60773

DIN

ICS 29.160.10

Einsprüche bis 2021-05-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN IEC 60773:1985-11

Entwurf

Drehende elektrische Maschinen – Prüfverfahren und -einrichtungen für die Messung der Betriebseigenschaften von Kohlebürsten (IEC 2/1967/CDV:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60773:2019

Rotating machinery –
Test methods and apparatus for the measurement of the operational characteristics of brushes
(IEC 2/1967/CDV:2019);
German and English version prEN IEC 60773:2019

Machines électriques tournantes –
Méthodes d'essai et appareils pour le mesurage des propriétés opérationnelles des balais
(IEC 2/1967/CDV:2019);
Version allemande et anglaise prEN IEC 60773:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-03-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE oder Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 154 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60773:2019 „Drehende elektrische Maschinen – Prüfverfahren und -einrichtungen für die Messung der Betriebseigenschaften von Kohlebürsten“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 2/1967/CDV:2019 „Rotating machinery – Test methods and apparatus for the measurement of the operational characteristics of brushes“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60773:2019 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 2 „Rotating machinery“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet. unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 311.1 „Elektrische Maschinen, Leistungen und Abmessungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60773:1985-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Das Layout wurde aktualisiert und zur Übereinstimmung mit der ISO/IEC-Geschäftsordnung, Teil 2, angepasst.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

b) Der Abschnittsaufbau wurde aus der Sicht eines Laboratoriumprüfverfahrens abgeändert: Abschnitt 4 enthält die Festlegungen zum Prüfstand, Abschnitt 5 gibt die allgemeinen Prüfbedingungen an, und die Abschnitte 6 bis 8 beschreiben jeweils das Verfahren für die Betriebseigenschaften.

c) Ein neuer Abschnitt 9 wurde zur Einführung der Aufnahme der Kommutierungsgrenzkurven (Black-Band-Versuch) zur Charakterisierung der Bürstenqualität für Gleichstrommaschinen ergänzt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

– Leerseite –

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Drehende elektrische Maschinen – Prüfverfahren und -einrichtungen für die Messung der Betriebseigenschaften von Kohlebürsten

Inhalt

Seite

1 Anwendungsbereich 5
2 Normative Verweisungen 5
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen 5
3.1 Begriffe 6
3.2 Symbole 12
3.2.1 Symbole und Einheiten 12
3.2.2 Indizes 14
3.3 Abkürzungen 15
4 Festlegung der Versuchsausrüstungen 16
4.1 Gemeinsame Bestimmungen 16
4.1.1 Allgemeines 16
4.1.2 Schleifringe 16
4.1.3 Kohlebürsten 17
4.1.4 Bürstenhalter 18
4.1.5 Stromversorgung 19
4.1.6 Prüfausrüstung 20
4.2 Festlegung der Versuchsausrüstungen für Kommutatoren 30
4.2.1 Allgemeines 30
4.2.2 Versuchsschleifringe 30
4.2.3 Anordnung der Kohlebürsten 34
4.2.4 Spezielle Kohlebürsten für die Messung des Spannungsfalls 35
4.3 Festlegung der Versuchsausrüstungen für Schleifringe 36
4.3.1 Allgemeines 36
4.3.2 Schleifringe 36
4.3.3 Kohlebürsten 38
4.3.4 Konfiguration für Gleichstrom- und Wechselstrombetrieb 38
5 Anwendungsweise und Betriebsbedingungen 40
5.1 Allgemeines 40
5.2 Umgebungsbedingungen 41
5.2.1 Laboratoriumsumgebung 41
5.2.2 Umgebungslufttemperatur und Oberflächentemperatur des Schleifrings 41
5.2.3 Umgebungsluftfeuchte 41
5.3 Betriebsbedingungen 41
5.4 Vorbereitung der Prüfung und Überwachung 42
5.4.1 Versuchsausrüstungen 42
5.4.2 Bürstenhalter 42

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Seite

5.4.3 Versuchskohlebürsten ... 42
5.4.4 Rauheit des Versuchsschleifringes ... 43
5.4.5 Einschleifen der Kohlebürsten ... 43
5.4.6 Messungen an den Kohlebürsten ... 43
5.5 Prüffolge ... 43
5.5.1 Beginn der Prüfung ... 43
5.5.2 Dauer der Prüfung ... 44
5.6 Messungen und Beobachtungen ... 44
5.6.1 Allgemeines ... 44
5.6.2 Intervall zwischen den Messungen ... 44
5.6.3 Vor dem Beginn einer Prüffolge ... 44
5.6.4 Messungen während einer Prüffolge ... 45
5.6.5 Messungen nach einer Prüffolge ... 45
6 Bestimmung des Reibungskoeffizienten ... 46
6.1 Allgemeines ... 46
6.2 Prüfbedingungen ... 46
6.3 Messungen ... 46
6.3.1 Allgemeines ... 46
6.3.2 Prüfung mit Versuchsausrüstung für Verfahren a) ... 47
6.3.3 Prüfung mit Versuchsausrüstung für Verfahren b) ... 47
6.4 Berechnung des Reibungskoeffizienten ... 47
6.4.1 Prüfung mit Versuchsausrüstung für Verfahren a) ... 47
6.4.2 Prüfung mit Versuchsausrüstung für Verfahren b) ... 47
6.5 Prüfbericht ... 48
7 Bestimmung des Spannungsfalls ... 48
7.1 Allgemeines ... 48
7.2 Prüfbedingungen ... 49
7.3 Messungen ... 49
7.3.1 Allgemeines ... 49
7.3.2 Bürsten-Gesamtspannungsfall U_B ... 49
7.3.3 Bürstenkontaktspannungsfall U_c ... 50
7.4 Berechnung ... 50
7.4.1 Bürsten-Gesamtspannungsfall U_B ... 50
7.4.2 Bürstenkontaktspannungsfall U_c ... 50
7.5 Prüfbericht ... 52
8 Bestimmung des Kohlebürstenverschleißes ... 52
8.1 Allgemeines ... 52
8.2 Prüfbedingungen ... 52
8.3 Messungen ... 53
8.4 Berechnung des Kohlebürstenverschleißes ... 53

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Seite

8.5 Prüfbericht 55

9 Bestimmung des Kommutierungsvermögens von Kohlebürstenwerkstoffen durch eine spezielle Aufnahme der Kommutierungs-Grenzkurve an einer Gleichstrommaschine 55
9.1 Allgemeines 55
9.2 Versuchsanordnung 55
9.3 Prüfverfahren 58
9.3.1 Vorbereitung der Prüfung 58
9.3.2 Betriebsbedingungen und Prüffolge 59
9.4 Graphische Darstellung des Kommutierungs-Grenzkurvenbereiches 60
9.5 Auswertung 61
9.5.1 Allgemeines 61
9.5.2 Einfluss der Dicke der Kommutator-Patina auf den Kommutierungs-Grenzkurvenbereich 61
9.5.3 Einfluss des Bürstenübergangswiderstandes 62
9.5.4 Schätzung der Abweichung der mechanischen Kontaktstabilität durch Vergleich der Kommutierungs-Grenzkurvenbilder vor und nach kritischem Langzeitbetrieb 64

Anhang A (informativ) Ergänzungen zur Messung des Reibungskoeffizienten 66
A.1 Einzelheiten der Berechnung des Reibungskoeffizienten nach Verfahren a) 66
A.2 Einstellung des Dehnungs-Messgrößenaufnehmers für die Berechnung des Reibungskoeffizienten nach Verfahren b) 66
A.2.1 Korrelation zwischen Ausgangsspannung und Belastung: 66
A.2.2 Korrelation zwischen Reibungskoeffizient und Belastung: 67

Anhang B (informativ) Abweichungsfälle der Zone der Kommutierungs-Grenzkurven 69
B.1 Zone der Kommutierungs-Grenzkurven bei begrenzter Lauffläche 69
B.2 Einfluss der mechanischen Kontaktinstabilität des Bürstenratterns auf den Kommutierungs-Grenzkurvenbereich 70
B.3 Hysterese des Kommutierungs-Grenzkurvenbereichs zwischen erhöhtem I_a und verringertem I_a 71

Anhang C (informativ) Prüfbericht – Beispiel 73

Bilder

Bild 1 – Profil und Bestimmung der Höhe des Profilelements 6
Bild 2 – Kräfte, die auf eine Kohlebürste wirken 9
Bild 3 – Spannungsfälle in einer Kohlebürste im Betrieb 9
Bild 4 – Bürstenhalteranordnung 18
Bild 5 – Messung des mechanischen Drehmoments nach Verfahren a) 20
Bild 6 – Kohlebürsten-Prüfmaschine für Verfahren b) 22
Bild 7 – Anordnung einer Versuchsausrüstung mit Kraftmessdose 23
Bild 8 – Anlegepunkt der Messspitze für die Kohlebürste für U_c 26
Bild 9 – Einsetzstellen der Thermoelemente 27
Bild 10 – Bewertung der Kontakttemperatur θ_c durch Interpolation 28
Bild 11 – Darstellung für die Vorbereitung der Lamellennuten 32
Bild 12 – Kohlebürstenüberdeckung 34

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Seite

Bild 13 – Anordnung der Kohlebürsten ... 35
Bild 14 – Anordnung der Kontrollbürste ... 36
Bild 15 – Kennwerte von Nuten ... 37
Bild 16 – Anordnung der Versuchsausrüstung für den Gleichstrombetrieb mit 2 Kohlebürsten je Polarität ... 39
Bild 17 – Anordnung der Versuchsausrüstung für den Wechselstrombetrieb mit 2 Kohlebürsten ... 40
Bild 18 – Beispiel für die graphische Darstellung des Reibungskoeffizienten μ als eine Funktion der Umfangsgeschwindigkeit v_p ... 48
Bild 19 – Beispiel für die graphische Darstellung des Bürsten-Gesamtspannungsfalls U_B als eine Funktion der Stromdichte J_B ... 52
Bild 20 – Beispiel der Kohlebürstenverschleißrate WR_i von Kohlebürsten während der Prüfung auf einer Versuchsausrüstung mit 4 Kohlebürsten ... 54
Bild 21 – Schaltungsanordnung für die Aufnahme der Kommutierungs-Grenzkurve mit einem Gleichstromgenerator und Widerstandslast ... 56
Bild 22 – Schaltungsanordnung für die Aufnahme der Kommutierungs-Grenzkurve mit Gegenbelastungsverfahren nach Brondell ... 57
Bild 23 – Bestimmung des Kommutierungs-Grenzkurvenbereichs bei einer festgelegten konstanten Drehzahl ... 61
Bild 24 – Einfluss der Dicke der Kommutator-Patina auf den Kommutierungs-Grenzkurvenbereich ... 62
Bild 25 – Vergleich der Kommutierungs-Grenzkurven für eine Kohlebürste mit hohem Übergangswiderstand und eine Kohlebürste mit niedrigem Übergangswiderstand im Falle eines Motors ... 63
Bild 26 – Vergleich der Kommutierungs-Grenzkurven für eine Kohlebürste mit hohem Übergangswiderstand und eine Kohlebürste mit niedrigem Übergangswiderstand im Falle eines Motors ... 63
Bild 27 – Abweichungen der Kommutierungs-Grenzkurven vor und nach dem kritischen Betrieb mit Anwendung von wiederholten Höchstlasten von 225 % für einen „starken“ Werkstoff ... 64
Bild 28 – Abweichungen der Kommutierungs-Grenzkurven vor und nach dem kritischen Betrieb mit Anwendung von wiederholten Höchstlasten von 225 % für einen „schwachen“ Werkstoff ... 65
Bild A.1 – Korrelation der Ausgangsspannung einer Kraftmessdose U_{lc} mit der Masse m ... 67
Bild A.2 – Beispiel der Korrelation zwischen Last und Reibungskoeffizient μ ... 68
Bild B.1 – Begrenzter Kontaktbereich und Verringerung des Maßes in tangentialer Richtung am Kontakt ... 69
Bild B.2 – Zone der Kommutierungs-Grenzkurven bei begrenzter Lauffläche ... 70
Bild B.3 – Einfluss der mechanischen Kontaktinstabilität des Bürstenratterns auf den Kommutierungs-Grenzkurvenbereich ... 71
Bild B.4 – Hysterese des Kommutierungs-Grenzkurvenbereichs zwischen ansteigendem I_{arm} und abnehmendem I_{arm} ... 72

Tabellen

Tabelle 1 – Indizes ... 14
Tabelle 2 – Maße der Versuchskohlebürsten ... 17
Tabelle 3 – Prüfbedingungen ... 42

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Prüfverfahren für die Messung der Betriebseigenschaften von Kohlebürsten, die unter festgelegten Prüfbedingungen für den Betrieb auf Kommutator- und Schleifringmaschinen vorgesehen sind.

Sie kann durch Erweiterung einiger Prüfungen für weitere Arten elektrischer Schleifkontakte für elektrische Geräte zutreffend sein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology − Part 1: General*

IEC 60027-4, *Letter symbols to be used in electrical technology − Part 4: Rotating electrical machines*

IEC 60034-19:2014, *Rotating electrical machines – Part 19: Specific test methods for d.c. machines on conventional and rectifier-fed supplies*

IEC 60050-411, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60136, *Dimensions of Brushes and Brush-holders for Electrical Machinery*

IEC 60276:2018, *Definitions and nomenclature for brushes, brush-holders, commutators and slip rings*

IEC 60560, *Definitions and terminology of brush-holders for electrical machines*

IEC 60584-1:2013, *Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances*

IEC 60751:2008, *Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors*

IEC/TR 61015, *Brush-holders for electrical machines. Guide to the measurement of the static thrust applied to brushes*

ISO 1190-1:1982, *Copper and copper alloys – code of designation – Part 1: Designation of materials*

ISO 3274:1996, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

ISO 4287:1997/Amd 1:2009, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters – AMENDMENT 1: Peak count number*

ISO 15510, *Stainless steel – Chemical composition*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe der Normen, die in Abschnitt 2 festgelegt sind, von denen einige hier zur Erleichterung wiederholt werden, und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

– IEC Electropedia: unter http://www.electropedia.org/
– ISO Online Browsing Platform: unter http://www.iso.org/obp

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

3.1 Begriffe

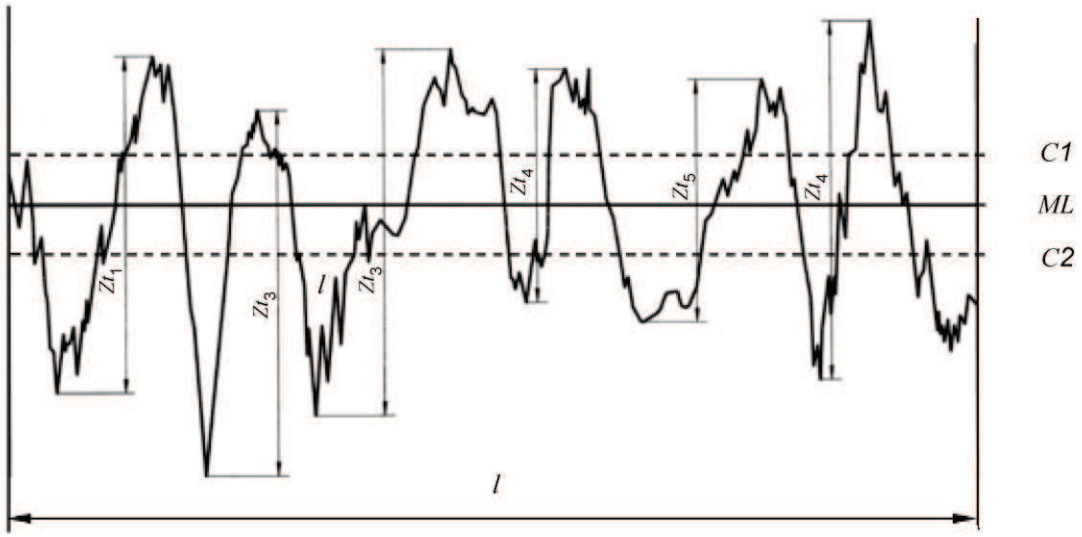
3.1.1
Schlag
runout
Ungenauigkeit des rotierenden Systems, die während des Drehens auf der Oberfläche des Rings gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies umfasst Unrundheit (d. h., mangelnde Rundheit), Außermittigkeit (d. h. mangelnde Mittigkeit) oder axiale Biegung (ungeachtet dessen, ob die Oberflächen perfekt rund und an jedem Querschnittspunkt konzentrisch sind).

3.1.2
Rauheit
Ra
arithmetischer Mittelwert des absoluten Ordinatenwertes $Z(x)$ eines Profils innerhalb einer Prüflingslänge l

$$Ra = \frac{1}{l} \times \int_0^i |Z(x)| dx$$

BEISPIEL Das nachfolgende Bild 1 zeigt ein Beispiel eines Profils.



Legende

Zt_i	Profilelements mit Höhe i
l	Prüflingslänge
ML	Mittellinie
$C1$ und $C2$	obere und untere Schnittlinien

Bild 1 – Profil und Bestimmung der Höhe des Profilelements

[QUELLE: ISO 4287:1997]

3.1.3
Spitzenzahl
RPc
Anzahl der Profilelemente je Zentimeter der Prüflingslänge, die die obere Schnittlinie $C1$ überschreitet und die untere Schnittlinie $C2$ unterschreitet

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Beide Schnittlinien verlaufen parallel zur Mittellinie des Diagramms (siehe Bild 1).

[QUELLE: ISO 4287/A1:2007]

3.1.4
Schleifstein
Werkstoff, der zum Schleifen einer Oberfläche verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Qualität des Werkstoffs und das Bearbeitungsverfahren hängen von seiner Anwendung ab. Deshalb werden für diese Norm die Begriffe 3.1.5, 3.1.7 und 3.1.8 verwendet.

3.1.5
Feinschleifstein
Schleifstein, der zum Schleifen des Versuchsschleifrings verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird üblicherweise aus hartem Schleifkorn hergestellt.

3.1.6
Kohlebürstenanpassung
Endbearbeitung, bei der die Lauffläche der Kohlebürste dem Ringprofil angepasst wird

3.1.7
Anpassungsschleifstein
Schleifstein, der zum Anpassen der Kohlebürste an den Kommutator/Schleifring verwendet wird

3.1.8
Rauheitsschleifstein
Schleifstein, der für die Herstellung des richtigen Rauheitsbereiches des Versuchsschleifrings verwendet und der im Allgemeinen aus weichem Schleifkorn hergestellt wird

3.1.9
Lauffläche der Kohlebürste
S
Fläche der Kohlebürste, die mit der Schleifringoberfläche in Kontakt steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Verwendung einer Radialbürste ist die Lauffläche der Kohlebürste der Querschnitt der Kohlebürste:

$$S = t \times a \tag{1}$$

Dabei sind t bzw. a die Tangential- und Axialmaße der Kohlebürste.

Bei Verwendung einer schrägstehenden Kohlebürste ist der Fußwinkel Teil der Gleichung:

$$S_\alpha = \frac{t \times a}{\cos \alpha} \tag{2}$$

Dabei ist α der Kontaktwinkel (oder Fußwinkel).

3.1.10
spezifischer Bürstendruck
p
Kraft je Lauffläche der Kohlebürste nach der folgenden Gleichung:

$$p = \frac{F_\mathrm{p}}{S} \tag{3}$$

Dabei ist F_p die vom Druckelement aufgebrachte Kraft und S ist die Lauffläche der Kohlebürste

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn F_p in grams force (gf) und die Lauffläche der Kohlebürste in cm^2 angegeben wird, dann wird der berechnete spezifische Druck in gf/cm^2 angegeben. Umrechnung in SI-Einheiten: das Ergebnis in gf/cm^2 multipliziert mit 98,07 ergibt p in N/m^2 (98,07 ist die Erdbeschleunigung in m/s^2 multipliziert mit 10).

3.1.11
Strom-Schwankungsfaktor
q_i
Verhältnis der Differenz zwischen dem Höchstwert I_{max} und dem Minimalwert I_{min} eines Mischstromes zum Zweifachen des Mittelwertes $\bar{I}$ (Mittelwert über eine Periode integriert):

$$q_i = \frac{I_{max} - I_{min}}{2 \times \bar{I}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Für kleine Werte der Stromschwankung, darf der Schwankungsfaktor durch den folgenden Ausdruck angenähert werden:

$$q_i = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

Anmerkung 2 zum Begriff: Der vorstehende Ausdruck darf als Näherung benutzt werden, wenn der sich ergebende berechnete Wert für q_i gleich 0,4 oder kleiner ist.

[QUELLE: IEC 60034-1:2017]

3.1.12
stabiler Zustand
Zustand eines physikalischen Systems, in dem die relevanten Eigenschaften zeitlich nahezu konstant bleiben

[QUELLE: IEC 60050-103-05-01]

3.1.13
nahezu konstant
ein Messergebnis wird als nahezu konstant angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 2,5 % ist (sofern nicht anders festgelegt)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Stabilitätszustand darf aus zeitbezogenen Anstiegsdiagrammen bestimmt werden, wenn die Geraden zwischen den Punkten zu Beginn und am Ende von zwei aufeinanderfolgenden Intervallen mit je einer halben Stunde eine kleinere Abweichung als das Kriterium von 2,5 % haben.

3.1.14
Reibungskoeffizient
μ
Verhältnis der tangentialen Kraft F_t, die auf die Grenzfläche wirkt, zur radialen Kraft F_r die auf die Grenzfläche wirkt

Sie wird mit der nachfolgenden Gleichung (4) berechnet:

$$\mu = \frac{F_t}{F_r} \quad (4)$$

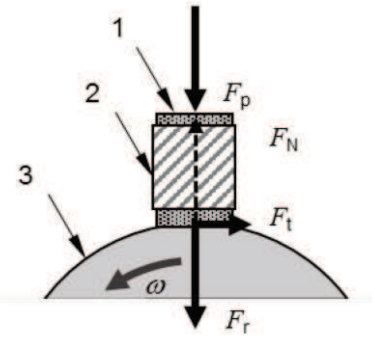
Dabei ist F_t die tangentiale Komponente der Kräfte, die auf die Grenzfläche wirkt.

F_r ist die radiale Komponente der Kräfte, die auf die Grenzfläche wirkt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Anmerkung 1 zum Begriff: In Bild 2 sind die an der Kohlebürste wirkenden Kräfte dargestellt. Bei der Anwendung von Radialbürstenhaltern ist die radiale Kraft F_r als Absolutwert gleich der normalen Reaktionskraft F_N (der Lauffläche der Kohlebürste auf dem Ring) und zur Kraft des Druckelements F_p auf den Bürstenkopf.



Legende

1 Kohlebürste

2 Bürstenhalter

3 Versuchsschleifring

ω Winkelgeschwindigkeit (gibt die Drehrichtung an)

Bild 2 – Kräfte, die auf eine Kohlebürste wirken

3.1.15
Bürsten-Spannungsfall
U_B
gesamter Spannungsfall zwischen Bürstenanschluss und dem Schleifring oder Kommutator

Anmerkung 1 zum Begriff: U_B ist ein komplexer Parameter, der sich aus der Summe der Spannungsfälle U_s, U_f, U_i und U_c zusammensetzt, wie es in Bild 2 dargestellt wird (für eine Kohlebürste mit einem Stampfkontakt mit Litze).

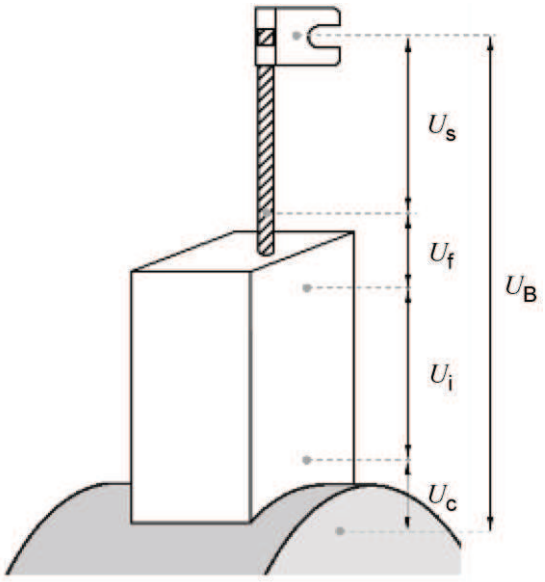


Bild 3 – Spannungsfälle in einer Kohlebürste im Betrieb

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

3.1.16
Spannungsfall im Kupferseil
U_s
Spannungsfall im Kupferseil (Litze) und in der Verbindungsstelle zum Bürstenanschluss

3.1.17
Spannungsfall in der Verbindungsstelle
U_f
Spannungsfall zwischen der Verbindungsstelle (Litze) und dem Bürstenwerkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung des Spannungsfalls U_f ist in IEC 60136 beschrieben.

3.1.18
Spannungsfall in der Kohlebürste
U_i
Spannungsfall in der Kohlebürste selbst (aufgrund des Widerstandes des Bürstenwerkstoffs)

3.1.19
Bürstenkontaktspannungsfall
U_c
Kontaktspannungsfall zwischen dem Bürstenwerkstoff und dem Ring

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Bürstenkontaktspannungsfall U_c ist eine Betriebseigenschaft einer Kohlebürste. Siehe Abschnitt 7.

3.1.20
Nutteilung
τ_Q
Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nuten des Rings, definiert durch den Umfang des Rings $\pi \times D$ dividiert durch die Anzahl der Nuten Q

Sie wird mit der nachfolgenden Gleichung (5) berechnet:

$$\tau_Q = \frac{\pi \times D}{Q} \quad (5)$$

[QUELLE: IEC 60027-4:612]

3.1.21
Bedeckungsverhältnis
τ_B
Anzahl der Segmente, die von der Kohlebürste entlang des Maßes t überspannt werden

Es wird mit der nachfolgenden Gleichung (6) berechnet:

$$\tau_B = \frac{t}{\tau_Q} \quad (6)$$

3.1.22
Umfangsgeschwindigkeit
v_p
Bewegungsgeschwindigkeit eines Punktes auf der Oberfläche eines um seine Achse rotierenden Körpers, angegeben als Weg je Zeiteinheit

Sie wird mit der nachfolgenden Gleichung (7) berechnet:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

$$v_p = \frac{n \times \pi \times D}{60} \quad (7)$$

Dabei ist D der Schleifringdurchmesser in m

und n die Drehzahl des Schleifrings, in Anzahl der Umdrehungen je min (U/min)

[QUELLE: IEC 60050-811:1991, 811-13-29, Ergänzungen in *Kursivschrift*]

3.1.23
Stromdichte
J_B
auf eine Kohlebürste bezogene Größe und gleich dem Strom I dividiert durch den Querschnitt $t \times a$ der Kohlebürste

$$J_B = \frac{I}{t \times a} \quad (8)$$

Anmerkung zum Begriff: J_B wird üblicherweise in A/cm² angegeben, wenn I in A und t, a in cm angegeben sind.

3.1.24
Umgebungslufttemperatur
mittlere Temperatur der Luft, die den Kohlebürsten-Prüfling umgibt

3.1.25
Oberflächentemperatur des Schleifrings
mittlere Temperatur an der Oberfläche des geprüften Schleifrings

3.1.26
Einschleifen der Kohlebürste
Endbearbeitung, bei der die Lauffläche der Kohlebürste vollständig eingeschliffen ist und sich die Patina auf der Schleifringoberfläche gebildet hat

3.1.27
Patina
Film
Schicht auf dem Kommutator oder Schleifring, hauptsächlich bestehend aus Kohlebürstenmaterial, Kommutator-/Schleifringmetall (und deren Oxide) und Wasser

[QUELLE: IEC 60276:2018, Begriff 601]

3.1.28
Bürstenverschleiß
Δr_i
linearer Verschleiß einer Kohlebürste während der Prüfung
für jede Kohlebürste i wird der Bürstenverschleiß berechnet nach Gleichung (9):

$$\Delta r_i = r_{i0} - r_i \quad (9)$$

Dabei ist

r_0 das Maß r jeder Kohlebürste i (Bürstenlänge) vor der Prüfung

r_i das Maß r jeder Kohlebürste i (Bürstenlänge) nach der Prüfung

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

3.1.29
Bürstenverschleißrate
WR_t
linearer Verschleiß der Kohlebürste i während einer Zeitspanne, der mit der nachfolgenden Gleichung (10) berechnet wird:

$$WR_i = \frac{\Delta r_i}{t_{er}} \quad (10)$$

Dabei ist t_{er} die effektive Betriebsdauer.

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird im Allgemeinen in mm/1 000 h (mm des Bürstenverschleißes/1 000 effektive Betriebsstunden), wenn der Bürstenverschleiß in mm angegeben und das Ergebnis der obigen Gleichung mit 1 000 multipliziert wird. Siehe Abschnitt 8.

3.1.30
Zone der Kommutierungs-Grenzkurven
Intervall zwischen den Stromgrenzen der Wendepole, zwischen denen funkenfreie Kommutierung für Lastströme bis zum Bemessungsstrom erreichbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie entspricht einer funkenfreien Zone oder dem Kommutierungs-Grenzkurvenbereich. Diese Prüfung wird mitunter als Back-Boost-Test bezeichnet.

[QUELLE: IEC 60034-19:2014, 3.1.4]

3.2 Symbole

3.2.1 Symbole und Einheiten

a Bürstenmaß in axialer Richtung (mm)

b Nutbreite (mm)

$C1$ obere Schnittlinie (auf dem Rauheitsprofil)

$C2$ untere Schnittlinie (auf dem Rauheitsprofil)

D Durchmesser des Versuchsschleifrings (m)

dr Abstandsverhältnis

d_B Abstand in Bürstenradialrichtung von der Lauffläche der Kohlebürste bis zum Bürstenkopf (mm)

f Frequenz (Hz)

F ausgeübte Kraft (N oder gf)

h Teilung der Spiralnut (mm)

HA absolute Luftfeuchte (g/m^3 Luft)

HR relative Luftfeuchte

I Strom (A)

J_B Stromdichte in einer Kohlebürste (A/cm^2 oder A/m^2)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

k_R	Anzahl der Nuten unter der Kohlebürste.
l	Länge oder Abstand oder Laufweg (m)
la	Länge des Hebelarms (m)
l_{er}	zurückgelegter Laufweg auf der Laufbahn unter der Kohlebürste während der effektiven Betriebsdauer
qi	Schwankungsfaktor
m	Masse (g)
n	Drehzahl (Umdrehungen je Minute, U/min)
N_B	Anzahl der Kohlebürsten je Maschine
p	auf die Kohlebürste ausgeübter Druck (kN/m^2)
P	Leistung (W)
P_{in}	Leistungsaufnahme, wenn die Kohlebürsten in Kontakt mit dem Kommutator oder Schleifring stehen (W)
P_{el}	Leistungsverlust durch elektrische Verluste (W)
P_f	Leistungsverlust durch Reibung (W)
P_0	Leistungsaufnahme, wenn die Kohlebürsten nicht in Kontakt mit dem Kommutator oder Schleifring stehen bzw. nicht darauf laufen (W)
r	Bürstenmaß in radialer Richtung (mm)
r_i	Maß der Kohlebürste i nach der Prüfung (mm)
r_0	Maß der Kohlebürste i vor der Prüfung (mm)
R	Widerstand (Ω)
Ra	Rauheit, arithmetischer Wert (µm)
RPc	Spitzenzahl (Anzahl der Spitzen je cm)
r_B	Radius der Kohlebürste (mm)
S	Lauffläche der Kohlebürste (cm^2)
t	Bürstenmaß in tangentialer Richtung (mm)
t_{er}	effektive Betriebsdauer (h)
T	Drehmoment (N·m)
U	Spannung (V)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

$\overline{WR}$ mittlere Bürstenverschleißrate (mm/1 000 h)

WR Bürstenverschleißrate (mm/1 000 h)

Δr_i Verschleiß der Kohlebürste i (mm)

$\overline{\Delta r}$ mittlerer Bürstenverschleiß (mm)

μ Reibungskoeffizient

v_p Geschwindigkeit oder Umfangsgeschwindigkeit (m/s)

ρ spezifischer Widerstand des Bürstenwerkstoffs (μΩ·cm)

τ_Q Nutteilung (mm)

τ_B Bedeckungsverhältnis (Anzahl der Segmente, die unter der Kohlebürste überspannt werden)

a Neigungswinkel

θ Temperatur (K)

ω Winkelgeschwindigkeit (rad s^{-1})

ANMERKUNG $\overline{....}$ bedeutet arithmetischer Mittelwert.

3.2.2 Indizes

Tabelle 1 – Indizes (1 von 2)

Index	Verweisungen
0	Anfangsbedingung
arm	Anker
B	Kohlebürste
c	Kontakt
cp	Kommutierungspol
er	effektive(r) Betrieb(sdauer)
f	Litzen-(Kupferseil-)Kontakt
H	Bürstenhalter
i	intern (Bürstenwerkstoff)
in	Aufnahme (Leistung)
lc	Kraftmessdose
lin	linear
min	Minimalwert

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Index	Verweisungen
max	Höchstwert
N	normal (Richtung)
p	Druckelement
t	tangential
r	radial
R	Schleifring
s	Litze (Kupferseil)
T	Massestück

Tabelle 1 (2 von 2)

Index	Verweisungen
tol–	untere Grenzabweichung
tol+	obere Grenzabweichung
vol	volumetrisch
α	Neigungswinkel
+	positive Polarität (wenn ein Gleichstrom verwendet wird)
–	negative Polarität (wenn ein Gleichstrom verwendet wird)
~	Wechselspannung (wenn ein Wechselstrom verwendet wird)

3.3 Abkürzungen

A Strommessgerät

B Booster für die Stromeinstellung

BB Kommutierungs-Grenzkurvenbereich

BG Graphit-Bürstenwerkstoff mit Kunstharz-Bindung[1]

CG Kohlegraphit-Bürstenwerkstoff[1]

G Gleichstromgenerator

HC (Hart-)Kohlebürstenwerkstoff[1]

M Gleichstrommotor

MG Metallgraphit-Bürstenwerkstoff[1]

MT Anlauf-Hilfsmotor

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

NG Naturgraphit-Bürstenwerkstoff[1]

TC Thermoelement

V Spannungsmessgerät

ANMERKUNG 1 Definitionen in IEC 60276:2018.

4 Festlegung der Versuchsausrüstungen

4.1 Gemeinsame Bestimmungen

4.1.1 Allgemeines

Es kann sein, dass eine einzelne Versuchsausrüstung nicht alle geforderten Anwendungsparametern entspricht; daraus folgt, dass mehr als ein Typ einer Versuchsausrüstung erforderlich sein würde. Diese Versuchsausrüstungen müssen so aufgebaut sein, dass relativ zu den zu messenden Größen (siehe Abschnitte 6 bis 8) die geforderten Betriebsparameter problemlos und präzise ermittelt werden können.

Es sollte erwähnt werden, dass sich die mit diesen Ausrüstungen erzielten absoluten Werte infolge von zahlreichen Variablen und der Tatsache, dass es sich hier um Versuchsausrüstungen „ohne Kommutierung“ handelt, von den Werten unterscheiden, die auf „realen“ Maschinen erhalten werden. Außerdem können aus den vorstehend genannten Gründen sowie wegen der verschiedenen Umweltbedingungen auch von Versuchsausrüstungen gleicher Konstruktion und gleichem Aufbau nicht immer identische Ergebnisse erzielt werden.

Der vorliegende Unterabschnitt 4.1 legt die allgemeinen Anforderungen an Versuchsausrüstungen fest. Weitere Anforderungen an Anwendungen mit Kommutatoren sind in 4.2 oder mit Schleifringen in 4.3 enthalten.

4.1.2 Schleifringe

4.1.2.1 Allgemeines

Aus den vorstehend angegebenen Gründen ist es nicht möglich, eine einzige „Standard“-Versuchsmaschine festzulegen, jedoch sollten Maschinen, die entsprechend dem nachfolgenden Rahmenkonzept aufgebaut sind, zufriedenstellende Ergebnisse liefern können.

4.1.2.2 Werkstoff für Schleifringe

Der Werkstoff für den Versuchsschleifring und dessen Eigenschaften, speziell seine Härte, sollte der Anwendung entsprechen. Zusammensetzung und Härte nach ISO müssen im Prüfbericht festgelegt werden.

4.1.2.3 Maße und Geometrie der Schleifringe

Der Durchmesser des Versuchsschleifrings darf nicht kleiner als 200 mm sein.

Das geometrische Profil des Schleifrings muss mit einem geeigneten Tiefentaster gemessen werden, wobei der auf seiner Achse montierte Schleifring langsam in seinen Lagern gedreht wird. Die Unrundheit darf keinen Ausschlag des Tiefentasters von mehr als 0,010 mm bei einer Wellenumdrehung erzeugen. Außerdem darf es bei der Betriebsdrehzahl keine merklichen Vibrationen aufgrund von Unwucht geben. Die Prüfungen müssen bei einer geringeren Drehzahl als der kritischen Drehzahl durchgeführt werden. Die Unrundheit muss im Prüfbericht aufgezeichnet werden.

Diese Größenordnung der Genauigkeit muss erreicht werden, wenn der Schleifring, der in seinen eigenen Lagern gelagert ist, mit einem geeigneten Werkzeug angetrieben bei einer geeigneten Drehzahl rotiert, die

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

möglichst der höchsten Prüfgeschwindigkeit entspricht. Vor dem Versuch müssen die Kanten der Nuten entgratet und Späne aus den Nuten entfernt werden. Während dieser Vorbereitung darf nur ein Minimum an Metall entfernt werden, um Abschrägungen an den Kanten zu vermeiden.

Die Zylinderform kann aus der Messung des Profils an zwei verschiedenen Laufbahnen des Schleifrings beurteilt werden. Empfohlen wird ein Höchstwert von 0,010 mm.

4.1.2.4 Rauheit

Die Rauheit ist ein Kennwert für Oberflächenunebenheiten des Kommutators oder Schleifrings.

Tastschnittgeräte müssen ISO 3274 entsprechen.

Die Messungen der Rauheit Ra und der Spitzenrate RPc müssen sowohl in tangentialer als auch axialer Richtung durchgeführt werden, sofern nicht der Tangentialtaster aufgrund der schmalen Kommutatorsegmentbreite nicht angewendet werden kann.

Für die Bewertung von RPc wird empfohlen, die obere Schnittlinie und die untere Schnittlinie in einem Abstand von +1 µm und –1 µm von der Mittellinie des Schnittdiagramms festzulegen.

Die Rauheit Ra und die Spitzenrate RPc sollten zwischen den folgenden Grenzwerten liegen:

$$0{,}8\ \mu m < Ra < 1{,}2\ \mu m \tag{11}$$

$$RPc > 100 \tag{12}$$

dabei sind Ra in µm und RPc in Spitzen je cm.

Die geeignete Rauheit kann leicht durch sanfte Anwendung eines geeigneten Schleifsteins mittlerer Qualität an der Oberfläche des Versuchsrings erhalten werden (siehe 5.4.4).

4.1.3 Kohlebürsten

Für jede Laufbahn müssen mindestens zwei Kohlebürsten verwendet werden. Wenn eine größere Anzahl Kohlebürsten je Laufbahn verwendet wird, dann müssen sie gleichmäßig verteilt um den Versuchsring angeordnet werden.

In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die Maße der Versuchskohlebürsten genau angegeben, wobei die Vorzugsmaße in Fettschrift gekennzeichnet sind.

Tabelle 2 – Maße der Versuchskohlebürsten

Maße in Millimeter

Maß	Kohlebürstenwerkstoff				
	EG	BG	CG-HC	NG	MG
t	**12,5** – 16 – 20	10 – **12,5**	10 – **12,5** – 16	25 – **32**	12,5 – 20 – **32**
a	**25** – 32	**25**	**25**	20 – **25**	20 – **25**
r	40 – 50	40 – 50	40 – 50	50	50

Es ist zu beachten, dass Schleifringe von Asynchron- und Synchronmotoren ein größeres Maß t als das Maß a haben. Zur Aufrechterhaltung der Vereinheitlichung der Versuchsausrüstungen dürfen die gleichen Bürstenhalter verwendet werden, wie sie für „Kommutator“ empfohlen werden. Dabei sind die Bürstenhalter mit dem größten Maß t zu bevorzugen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Die Herstellung der Kohlebürsten muss in Übereinstimmung mit IEC 60136 erfolgen.

Die Kohlebürsten dürfen vorzugsweise mit einem Neigungswinkel zwischen 7,5° und 8° (Treidelstellung – siehe Bild 4.c) gefertigt sein, um die in 4.1.4 erläuterte mechanische Stabilität sicherzustellen.

4.1.4 Bürstenhalter

Die Bürstenhalter müssen solide gebaut und fest an der Maschine befestigt sein, um auch unter den ungünstigsten Bedingungen frei von Vibrationen zu bleiben; ihre Konstruktion darf den dauernden Kontakt zwischen Versuchskohlebürste und Versuchsschleifring nicht beeinflussen. Der Abstand zwischen Bürstenhalter und Kommutator muss zwischen 2 mm und 3 mm liegen. Der Boden der Kohlebürstentasche muss parallel zum Versuchsschleifring sein.

Die Maße a und t des Bürstenhalters müssen unter Beachtung der in IEC 60136 festgelegten Zwischenräume für die Kohlebürsten geeignet sein, deren Maße in Tabelle 2 angegeben sind.

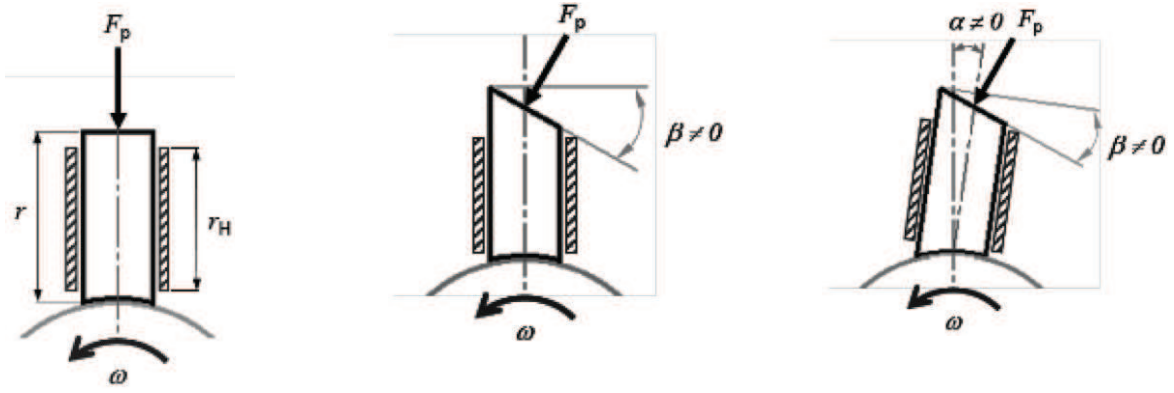
Das radiale Maß r_H des Bürstenhalters darf nicht kleiner als 3/4 des radialen Maßes r einer neuen Kohlebürste sein.

Der Bürstenhalter muss derart beschaffen sein, dass die Kraft in radialer Richtung r einer Kohlebürste ausgeübt wird, um eine gute Stabilität der Kohlebürste zu erhalten (wie in Bild 4 dargestellt):

a) wenn der Neigungswinkel α gleich null ist:
   1) innerhalb eines radialen Druckelements (wie eine direkt auf den Kopf wirkende Druckfeder) bei einer Kopfschräge von null, wie in Bild 4.a dargestellt;
   2) innerhalb einer selbst-zurückschnellenden Feder, mit einem angemessenen Winkel der Kopfschräge β (Beispiel 22,5°), wie in Bild 4.b dargestellt;

b) mit einem angemessenen Winkel der Kopfschräge β, wenn der Kontaktwinkel α 7,5° bis 8° beträgt (Bild 4.c).

Die Neigungswinkel müssen im Prüfbericht angegeben werden.



a) $\alpha = 0$ $\beta = 0$ b) $\alpha = 0$ $\beta \neq 0$ c) $\alpha \neq 0$ $\beta \neq 0$

Legende

α Neigungswinkel

β Winkel der Kopfschräge

r_H Radiales Maß des Bürstenhalters

F_p durch das Druckelement ausgeübte Kraft

ω Winkelgeschwindigkeit (Drehrichtung)

Bild 4 – Bürstenhalteranordnung

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Der erforderliche Druck auf die Kohlebürste p, wie in 5.2 festgelegt, muss mit einer Grenzabweichung von ± 5 % zwischen den Kohlebürsten ausgeübt werden.

Die Druckkraft F_p des Federsystems muss entsprechend der Querschnittsfläche S der Kohlebürste und dem erforderlichen Druck auf die Kohlebürste p nach Gleichung (3) festgelegt werden.

Es wird empfohlen, die Druckkraft F_p nach IEC TR 61015 zu messen. Weitere Messgeräte dürfen eingesetzt werden, z. B. Dynamometer. Alle Geräte müssen eine gute Genauigkeit haben (max. Abweichung = 2,5 %).

ANMERKUNG Bei der Verwendung eines Versuchsschleifrings vom Kommutatortyp werden die axialen Nuten für den Kohlebürstendruck nicht berücksichtigt.

4.1.5 Stromversorgung

4.1.5.1 Allgemeines

Unabhängig vom Typ der ausgewählten Stromquelle sollte sie den ausgewählten Laststrom mit einer Abweichung von ± 5 % des geforderten Wertes bei der laufenden Prüfung liefern können und ein schnelles Antwortverhalten auf Veränderungen der Kontaktspannung besitzen.

4.1.5.2 Gleichstromversorgung

4.1.5.2.1 Gleichstromgenerator

Dieser Generator muss den voraussichtlichen höchsten Strom liefern können, wenn in den Stromkreis der Versuchskohlebürste ein stabilisierender Belastungswiderstand geschaltet wird; alternativ darf auch eine Konstantstromquelle mit kurzer Zeitkonstante verwendet werden, z. B. ein Schweißgenerator.

4.1.5.2.2 Diodengleichrichter

Dieser wird von einer Wechselstromquelle gespeist und kann den voraussichtlichen höchsten Strom liefern.

Der Schwankungsfaktor q_i der Quelle darf nicht 0,05 (5 %) überschreiten. Dieser Wert sollte bei jeder Prüfung aufgezeichnet werden.

4.1.5.2.3 Gesteuerter Gleichrichter

Die Festlegung für gesteuerte Gleichrichter ist die gleiche wie für Diodengleichrichter (4.1.5.1.2).

4.1.5.3 Betrieb der Versuchskohlebürsten mit Wechselstrom

4.1.5.3.1 Kostantstromquelle

Diese kann mit einer steuerbaren Konstantstromquelle, z. B. einem Schweißgenerator, realisiert werden, der für den Betrieb mit der lokalen Frequenz (50 Hz oder 60 Hz) geeignet ist.

Der Transformator muss über den geforderten Strombereich eine nahezu reine sinusförmige Wellenform liefern.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

4.1.6 Prüfausrüstung

4.1.6.1 Reibungskoeffizient

4.1.6.1.1 Allgemeines

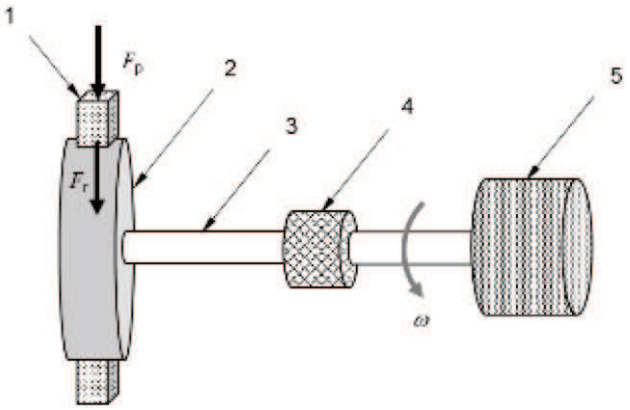
Es gibt zwei Hauptsysteme, nach denen der Reibungskoeffizient üblicherweise gemessen wird. Diese werden in 4.1.6.1.2 und 4.1.6.1.3 vorgestellt. Unabhängig vom verwendeten System müssen die Auswirkungen auf die mechanische Stabilität und das elektrische Betriebsverhalten der Kohlebürste vernachlässigbar sein.

Es gibt eine Reihe geeigneter mechanischer Systeme, die für die Durchführung dieser Messung eingesetzt werden können und alle diese Systeme sollten anwendbar sein, sofern deren Genauigkeit den Anforderungen in 4.1.6.1.6 entspricht.

4.1.6.1.2 Verfahren a): Messung der tangentialen Kräfte, die auf die rotierende Oberfläche wirken

Das Verfahren besteht in der Messung des mechanischen Drehmoments mit und ohne Kohlebürsten bei den gleichen Betriebsbedingungen für den Antriebsmotor und den gleichen Parametern (J_B, Druck, HR…) für die Kohlebürsten und das Erregersystem. Der Reibungskoeffizient kann dann aus der Beziehung zwischen Drehmoment und der auf die Kohlebürste ausgeübten kalibrierten Kraft (sollte normal und konstant sein) nach Gleichung (16) in 6.4.1 bestimmt werden.

Bild 5 enthält eine vereinfachte Skizze, mit der das Verfahren zur Messung des Reibungskoeffizienten nach Verfahren a) dargelegt wird.



Legende

1 Kohlebürste

2 Versuchsschleifring

3 Welle

4 Drehmomentmessgerät

5 Antriebsmotor

ω Winkelgeschwindigkeit

F_r Reaktionskraft des Schleifrings

F_p durch das Druckelement auf die Kohlebürste ausgeübte Kraft

Bild 5 – Messung des mechanischen Drehmoments nach Verfahren a)

ANMERKUNG 1 Bei dieser Anordnung der Versuchsausrüstung nach Bild 5 steht der Bürstenhalter radial zum Schleifring. Deshalb ist $F_r = F_p$ (Richtungen sind entgegengesetzt, aber die Absolutwerte sind gleich).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

ANMERKUNG 2 Die Vibrationen auf dem Prüfplatz sollten so gering wie möglich sein. Zur Kontrolle der Schwingungen während der Prüfdauer kann ein Beschleunigungsaufnehmer verwendet werden.

4.1.6.1.3 Verfahren b): Messung der tangentialen Kräfte, die auf die Kohlebürste wirken

4.1.6.1.3.1 Allgemeine Grundsätze

Das Grundprinzip für die Anordnung der Versuchsausrüstung ist in Bild 6 dargestellt. Die Versuchsausrüstung muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

– Die Achsen des umlaufenden Schleifrings und der Bürstenhalterbrücke müssen so konzentrisch wie möglich ausgerichtet sein.

– Das Dynamometer als Anlage muss mechanisch „steif“ (d. h. starr) sein und die maximal mögliche Masse besitzen, um die von den zu prüfenden Kohlebürsten verursachten hochfrequenten Vibrationen aufzufangen bzw. zu dämpfen.

– Besonderer Wert muss auf die Sicherstellung gelegt werden, dass die Reibung durch die Lager des Dynamometers so klein wie möglich ist, um nicht der zu messenden Kraft der Kohlebürstenreibung entgegenzuwirken.

  Die Winkelbewegung der Bürstenhalterbrücke muss so eingeschränkt sein, dass die relative tangentiale Verschiebung der Kohlebürsten zum Käfig 0,5 mm nicht überschreiten sollte.

  Für das Blockieren der Verstellbewegung in der Ringdrehrichtung muss eine zusätzliche Vorrichtung vorgesehen werden. Für diesen Zweck darf ein Kabel am Hebelarm befestigt werden.

– Heutzutage gibt es viele brauchbare elektrische und mechanische Systeme zur Messung der Kohlebürstenreibungskraft, und für die geeignete Ausführung des Dynamometers sollte Folgendes zur Verfügung stehen:

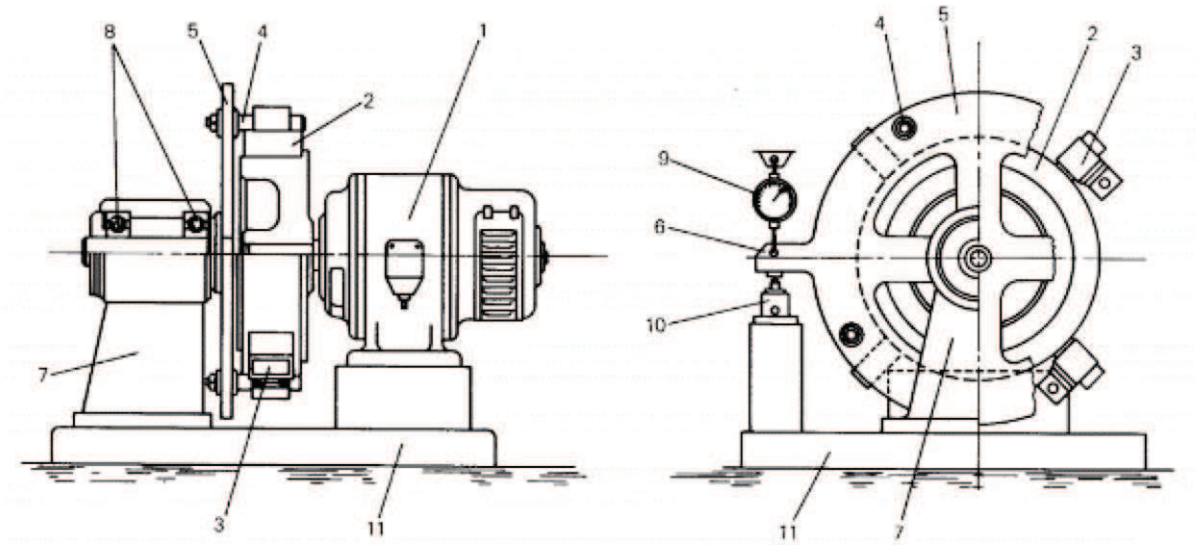
  a) Dehnungsmesser
  b) Kraftmessdose
  c) Wegmessumformer
  d) Differentialtransformator
  e) Hebel und Massestücke
  f) Federwaage

Die Prüfgeräte a) bis d) erlauben die Verwendung registrierender Geräte für kontinuierliche Messungen.

Das bevorzugte Verfahren ist die Verwendung einer Kraftmessdose (Aufzählungspunkt b) und 10 in Bild 6), die mit einem Anschluss zur Aufzeichnung der Ausgangsspannung ausgerüstet ist.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1	Gleichstrommotor oder drehzahlveränderbarer Antrieb	7	Lagergehäuse und Sockel des Dynamometers
2	Versuchsschleifring	8	Lager des Dynamometers
3	Bürstenhalter und Kohlebürste	9	Kraftmesseinrichtung (Federwaage)
4	Bürstenhalterbolzen	10	elektrische Kraftmessdose
5	Bürstenhalterbrücke	11	Grundplatte
6	Dynamometerhebel		

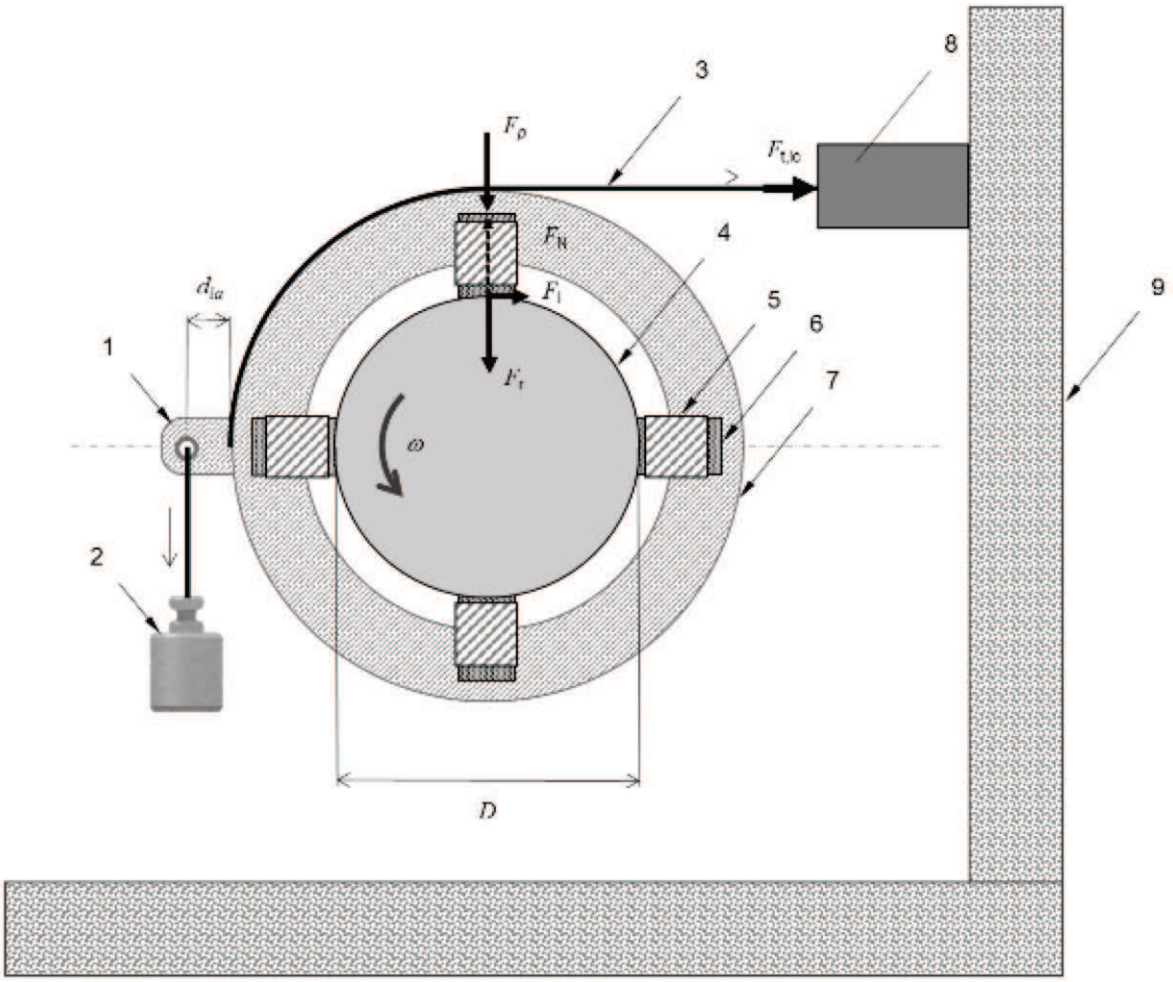
Bild 6 – Kohlebürsten-Prüfmaschine für Verfahren b)

4.1.6.1.3.2 Grundlagen für das Verfahren mit der Kraftmessdose

Das Grundprinzip ist in Bild 7 dargestellt. Die Bürstenbrücke ist in ihrer Drehachse beweglich. Der Dehnungsmesser ist mit einem Kabel mit der Bürstenbrücke verbunden. Das Kabel ist an einem Hebelarm befestigt, der Teil der Brücke ist. Da sich der Trägerring bewegen wird, während sich der Versuchsring dreht, hängt am Hebelarm ein Massestück (bekannte Masse).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1	Hebelarm	9	Tragvorrichtung der Versuchsausrüstung
2	Massestück	ω	Winkelgeschwindigkeit (Drehrichtung)
3	Kabel	F_r	Kraft in radialer Richtung
4	Versuchsschleifring	F_t	Kraft in tangentialer Richtung
5	Bürstenhalter	F_p	Kraft der Feder, die auf die Kohlebürste wirkt
6	Kohlebürste	$F_{t,lc}$	mit der Kraftmessdose gemessene tangentiale Kraft
7	freier Bürstenträgerring	F_N	Normalkraft
8	Dehnungsaufnehmer		

Bild 7 – Anordnung einer Versuchsausrüstung mit Kraftmessdose

Die Masse des Massestücks m_T wird so ausgewählt, dass die Verschiebung der Bürstenbrücke entlang der Drehrichtung des Ringes blockiert ist und um die korrekte mechanische Spannung des Kabels zu sichern. Da das Massestück Teil der Kräfte ist, die auf die Bürstenbrücke wirken, muss dessen Masse notwendigerweise in die Berechnungen einbezogen werden.

Die tangentiale Kraft wird bei vorschriftsmäßiger Einstellung direkt mit der Kraftmessdose gemessen.

Die Einstellung der Kraftmessdose könnte auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Einer dieser Wege ist in Anhang A.2 beschrieben.

ANMERKUNG Bei der in Bild 7 beschriebenen Versuchsausrüstung wird ein radialer Bürstenhalter verwendet.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

4.1.6.1.4 Kalibrierung

Für genaue Werte müssen die Aufnehmer (Kraftmessdose, Drehmomentmessgerät usw.) regelmäßig kalibriert werden. Ein Turnus von 3 Monaten wird empfohlen, um sicherzustellen, dass es keine Abweichungen gibt.

ANMERKUNG 1 Kalibrierung und Einstellung dürfen nicht miteinander verwechselt werden. Die Kalibrierung befasst sich mit dem Prüfgerät selbst, während sich die Einstellung auf die Berechnung einer physikalischen Größe aus den Ausgangswerten des Prüfgerätes bezieht.

ANMERKUNG 2 Für eine höhere Genauigkeit könnte die Reibung der Luft in Betracht gezogen werden. Da sie geschwindigkeitsabhängig ist, ist es erforderlich, die Restreibung bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu messen.

4.1.6.1.5 Einstellung

Bei der Anwendung des Verfahrens b) mit einer Kraftmessdose wird die tangentiale Kraft direkt mit der Kraftmessdose durch eine Einstellung gemessen. Die Einstellung der Kraftmessdose könnte auf unterschiedlichen Wegen erfolgen. Einer dieser Wege ist in Anhang A.2 beschrieben.

4.1.6.1.6 Genauigkeit

Messunsicherheiten der Geräte bis 5 % werden ausreichend sein.

4.1.6.1.7 Stabiler Zustand

Der Reibungskoeffizient wird als nahezu stabil angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 5 % ist.

4.1.6.2 Spannungsfall

4.1.6.2.1 Allgemeines

Der Spannungsfall wird mit einem Gerät zur Messung der Spannung zwischen zwei Kontaktpunkten bestimmt, von denen einer die Kohlebürste und der andere auf dem Versuchsring liegt.

Die Geräte zur Messung der Spannung sind in 4.1.6.2.2 festgelegt.

Die Kontaktsonde für den Versuchsring ist in 4.1.6.2.3 festgelegt.

Die Kontaktstelle auf der Kohlebürste hängt vom Typ des Spannungsfalls ab, der bestimmt werden soll (Kontakt- oder Gesamtspannungsfall – siehe Abschnitt 7) und die Kohlebürsten-Kontaktsonden sind in 4.1.6.2.4 beschrieben.

4.1.6.2.2 Messgeräte für die Spannung

4.1.6.2.2.1 Spannungsmessgeräte für Gleichspannung

Geeignet ist jedes Gleichspannungsmessgerät mit einem Innenwiderstand nicht kleiner als 1 000 Ω/V. Wenn ein Zeigergerät verwendet wird, dann darf die kleinste Anzeige nicht kleiner als 20 % vom Skalenendwert sein.

4.1.6.2.2.2 Spannungsmessgeräte für Wechselspannung

Der Kontaktspannungsfall bei Wechselspannung sollte mit einem Gerät gemessen werden, mit dem der echte Effektivwert gemessen werden kann. Derartige Messgeräte sind:

a) Thermoumformer-Messgeräte

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

b) eisenlose elektrodynamische Messgeräte

c) jedes elektronische Messgerät, mit dem der echte Effektivwert gemessen werden kann.

Der Innenwiderstand muss den Festlegungen in 4.1.6.2.2.1 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Vielfach-Messgerät vom Gleichrichtertyp werden nicht empfohlen.

ANMERKUNG 2 Es wird dringend empfohlen, ein Messgerät auszuwählen, das mit dem Datenerfassungssystem kompatibel ist, damit die Spannung während einer Prüfung gleichzeitig gemessen und aufgezeichnet werden könnte.

4.1.6.2.2.3 Genauigkeit

Messunsicherheiten der Geräte bis 2,5 % werden ausreichend sein.

4.1.6.2.2.4 Stabiler Zustand der Spannung

Der Spannungsfall wird als nahezu stabil angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von mindestens drei aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 5 % ist.

4.1.6.2.3 Sonde für den rotierenden Teil

Die am rotierenden Teil anzulegende Messspitze muss so aufgebaut sein, dass sie einen vernachlässigbaren Einfluss auf die zu messende Spannung hat. Verschiedene annehmbare Verfahren zur Herstellung dieser Messspitze stehen zur Verfügung, z. B.:

a) eine kleine Metallgraphit-Bürste, die auf dem rotierenden Teil, aber neben der Laufbahn der Versuchskohlebürste (die üblicherweise aus Silber besteht) läuft,

b) eine „Bürste“ aus feinen Kupferdrähten (Stromseil), die in gleicher Weise wie die vorstehend aufgeführte Metallgraphit-Bürste angewendet wird (siehe Aufzählungspunkt a)),

c) ein zusätzlicher Messring, der elektrisch mit dem Versuchsschleifring verbunden und mit Messbürsten ausgerüstet ist,

d) ein Quecksilber-Übertragungsverfahren.

Der Typ der Messspitze hängt vom verwendeten Gerät zum Messen der Spannung ab.

Gleichgültig, welche Spitze a) oder b) verwendet wird, wesentlich ist, dass der Ansatzpunkt auf dem rotierenden Teil außerhalb der Bahn(en) der Versuchskohlebürsten liegen. Es wird empfohlen, die Messspitze am scheibenförmigen Teil des Schleifrings anzulegen.

4.1.6.2.4 Messspitze für die Kohlebürste

4.1.6.2.4.1 Allgemeines

Die Messspitze für die Kohlebürste muss so an die Kohlebürste angelegt werden, dass der Betrieb der Kohlebürste nicht gestört wird. Zum Beispiel kann die Messspitze dauerhaft an der Kohlebürste befestigt sein oder am Bürstenhalter, und zwar so, dass mit der Kohlebürstenseite ein Kontakt hergestellt wird; als andere Möglichkeit bleibt die Anwendung von Hand.

4.1.6.2.4.2 Kohlebürstenmessspitze Typ 1): für den Gesamtspannungsfall an der Kohlebürste U_B

Die Messspitze muss an den Bürstenanschluss angelegt werden.

Bei der Verwendung von Messgeräten mit Handregistrierung wird die Verwendung einer spitzen Edelstahlmessspitze empfohlen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

4.1.6.2.4.3 Kohlebürstenmessspitze Typ 2): für den Kontaktspannungsfall an der Kohlebürste U_c

Die Messspitze auf oder in der Kohlebürste darf nicht weiter als 5 mm von der Schleiffläche und muss in einem Abstand von 5 mm von der Mittellinie der Kohlebürste entfernt sein, wie es in Bild 8 dargestellt ist.

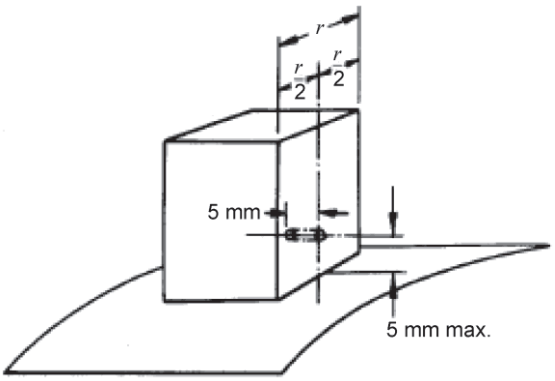


Bild 8 – Anlegepunkt der Messspitze für die Kohlebürste für U_c

4.1.6.3 Prüfausrüstung für die Temperaturmessung

4.1.6.3.1 Allgemeines

Die Ausrüstungen zur Messung der Temperatur hängen von dem Ort ab, an dem die Temperatur zu messen ist und vom Temperaturbereich. Deshalb können sich die Ausrüstungen unterscheiden, die an den Kohlebürsten und Schleifringen angewendet werden.

In IEC 60751 und IEC 60584-1 werden einige Messausrüstungen beschrieben.

4.1.6.3.2 Temperatur der Kohlebürsten

Für die Messung der Kohlebürstentemperatur können die folgenden Messfühler eingesetzt werden:

– Platin-Widerstandsthermometer, wie in IEC 60751 festgelegt
– Thermoelemente, wie in IEC 60584-1 festgelegt.

Der Vorteil der erstgenannten ist die Linearität zwischen Temperatur und dem Wert des Ausgangswiderstandes. Ein typisches Beispiel ist Pt100, dessen typischer Widerstandswert 100 Ω bei 0 °C ist.

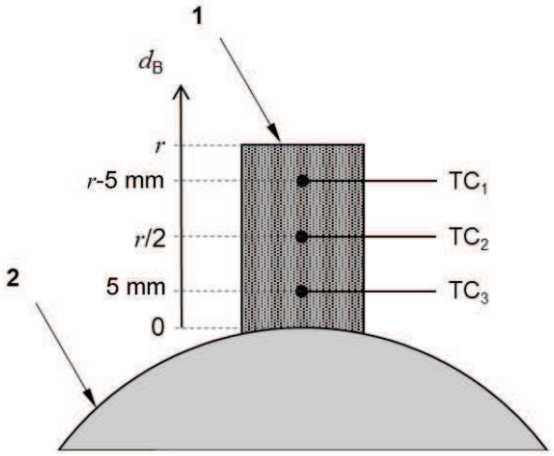
Thermoelemente sind aufgrund ihrer Baugröße unkompliziert anzuwenden, sind jedoch sorgfältig auszuwählen und zu kalibrieren.

Für die Messung der Verteilungstemperatur innerhalb von Kohlebürsten werden die Thermoelemente TC entlang der Mittellinie der Kohlebürste an drei Stellen eingesetzt, wie es in Bild 9 dargestellt ist.

– TC_1 bei 5 mm vom Bürstenkopf (Abstand d_B ist deshalb gleich r – 5 mm),
– TC_2 in der Mitte der Kohlebürste (Abstand d_B ist deshalb gleich $r/2$) und
– TC_3 bei 5 mm von der Lauffläche (Abstand d_B ist deshalb gleich 5 mm),

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1 Kohlebürste

2 Versuchsschleifring

TC_i Thermoelementposition Nr. i

r radiales Maß der Kohlebürste

d_B Abstand in der Kohlebürste entlang der r-Richtung von der Lauffläche der Kohlebürste bis zur Lauffläche

Bild 9 – Einsetzstellen der Thermoelemente

Es wird empfohlen, die Wärmeleitfähigkeit des Kohlebürstenwerkstoffs in den Prüfbericht aufzunehmen.

Die Temperatur an der Schnittstelle Kohlebürste/Schleifring θ_c muss gemessen werden entweder mit

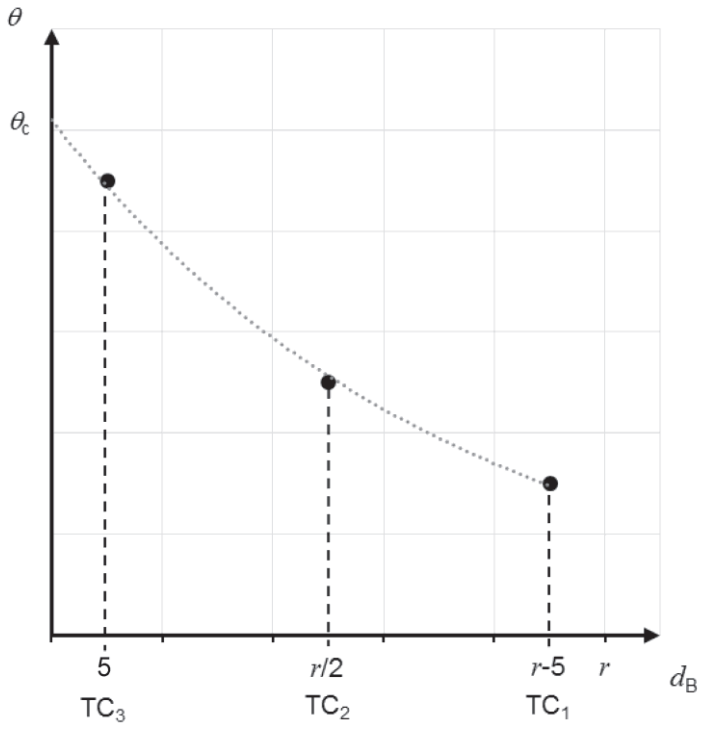
– eingebetteten Temperaturfühlern im Schleifring (siehe 4.1.6.3.3) oder durch

– Extrapolation aus den Messwerten der drei eingebetteten Thermoelemente TC1, TC2 und TC3 durch Anwendung der linearen Regression mit einer Exponentialfunktion, wie es in Bild 10 dargestellt ist.

ANMERKUNG Eine Bewertung mit höherer Genauigkeit kann auf den Wärmeleitfähigkeiten und den entlang der Mittellinie der Kohlebürste mit TC_1, TC_2 und TC_3 gemessenen Temperaturen beruhen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

d_B Abstand in Bürstenradialrichtung von der Lauffläche der Kohlebürste bis zum Bürstenkopf

r radiales Maß der Kohlebürste

TC_i Thermoelementposition Nr. i

θ Temperatur

θ_c Kontakttemperatur

Bild 10 – Bewertung der Kontakttemperatur θ_c durch Interpolation

4.1.6.3.3 Temperatur des Schleifringe

Für die Messung der Temperatur der Schleifringe werden zwei Hauptverfahren empfohlen:

a) ein Thermoelement (nach IEC 60584-1) oder jeder Typ einer „Fingerspitze“ mit einem Thermoelement (z. B. Oberflächenpyrometer mit Thermoelementen);

b) ein Widerstandsthermometer (nach IEC 60751).

Alternativ sind andere Verfahren anwendbar, bei dem während der Herstellung in den Schleifring ein Thermoelement eingebettet wird und die Anschlussdrähte an zwei Hilfsmessringe geführt werden oder mittels einer Fernmesstechnik, die koaxial zum Versuchsschleifring montiert wird. Bei der Anwendung dieses Messverfahrens müssen die Hilfsschleifringe aus Kupfer, versilbertem Kupfer oder Silber bestehen und den kleinstmöglichen Durchmesser haben. Die Ausgangsspannung des Thermoelements muss über mindestens zwei Silbergraphitkohlebürsten je Schleifring abgegriffen werden. Diese Hilfsschleifringe müssen vor äußerer Wärmeeinwirkung geschützt werden. Für Anwendungen, bei denen Stahlschleifringe mit Nuten üblich sind, können für die Prüfungen auch diese Schleifringe verwendet werden. Hierbei sind zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit von Stahl und die exakte Position der Thermoelemente zu berücksichtigen, um die Schleifring-Oberflächentemperaturen mit vertretbarer Genauigkeit zu extrapolieren.

Die Verfahren a) und b) liefern eine mittlere Temperatur des Schleifrings, während das Verfahren mit dem eingebetteten Thermoelement eine Verteilung der Temperatur des Schleifrings liefert. Trotzdem muss bei der

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Anwendung des letztgenannten Verfahrens während der Auswertung sehr aufmerksam vorgegangen werden.

Wenn möglich, sollte für jede Prüfmaschine eine Temperatur-Zeit-Abkühlungskurve aufgenommen werden, besonders wenn eine neue Prüfung geplant ist.

ANMERKUNG 1 Ein Kugelthermometer ist auch möglich (anstelle von b)), wird aber nicht empfohlen. Wenn Kugelthermometer an Messorten verwendet werden, an denen es stark schwankende oder bewegte Magnetfelder gibt, sind Thermometer mit Alkoholfüllung denen mit Quecksilberfüllung vorzuziehen.

ANMERKUNG 2 Zur Messung der Schleifring-Oberflächentemperatur sollte keine Infrarotkamera eingesetzt werden, weil deren Genauigkeit gering und die Präzision mangelhaft ist. Allerdings könnte sie bei der Auswertung der Temperaturverteilung um die Kohlebürste/Schleifring-Umgebung hilfreich sein,

4.1.6.3.4 Genauigkeit

Die verwendete Ausrüstung muss die Temperatur mit einer Präzision von 0,5 K oder besser messen können.

4.1.6.3.5 Kalibrierung

Die Temperaturfühler, z. B. die Thermoelemente, müssen periodisch kalibriert werden. Empfohlen wird ein Turnus von 3 Monaten, um sicherzustellen, dass die Beziehung zwischen Spannung und Temperatur keine Veränderung erfahren hat.

4.1.6.3.6 Stabiler Zustand der Temperatur

Die Temperaturkennlinie wird als nahezu stabil angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 1 K ist.

4.1.6.4 Messausrüstungen für die Maße von Kohlebürsten

4.1.6.4.1 Messausrüstung

Die Auswahl des für diese Messung zu verwendenden Instrumentes, z. B. Bügelmessschraube, Messschieber oder Tiefenmaß, wird größtenteils vom Betrag des entstandenen Verschleißes abhängen.

Für die Messung von Kohlebürsten mit komplizierter Form könnte eine geeignete Spannvorrichtung zur Aufnahme der Bügelmessschraube aufgebaut werden, um eine günstige Stellung der zu messenden Kohlebürste sicherzustellen. Außerdem hängt die Form der Messflächen der Bügelmessschraube vom Profil der zu messenden Form ab.

4.1.6.4.2 Genauigkeit

Das verwendete Instrument muss den Verschleiß mit einer Präzision von ± 2,5 % oder besser messen können.

4.1.6.4.3 Kalibrierung

Messinstrument für Maße müssen periodisch kalibriert werden. Empfohlen wird ein Turnus von 1 Jahr.

4.1.6.5 Strommessgeräte

4.1.6.5.1 Messausrüstung

Jede geeignete Prüf- und Messeinrichtung kann verwendet werden. Ein einfaches Verfahren ist die Verwendung einer Strommesszange, mit der der Strom durch die Kabel jeder Kohlebürste gemessen wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Bei der Auswahl des Prüfgerätes muss auf die zu messende Stromart (bei einigen ist keine Wechselstrommessung zulässig) und auf die Empfindlichkeit (für Wechselstrom und Gleichstrom) geachtet werden.

ANMERKUNG Hall-Effekt-Aufnehmer oder ein Oszilloskop dürfen ebenfalls verwendet werden.

4.1.6.5.2 Genauigkeit

Das verwendete Instrument muss den Strom mit einer Präzision von ± 0,5 % oder besser messen können.

4.1.6.5.3 Kalibrierung

Strommessgeräte müssen periodisch kalibriert werden. Empfohlen wird ein Turnus von 1 Jahr.

4.1.6.5.4 Stabiler Zustand

Die Strommessung wird als stabil angesehen, wenn die prozentuale Abweichung vom Mittelwert von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 5 % ist.

4.1.6.6 Umfangsgeschwindigkeit

4.1.6.6.1 Allgemeines

Die Umfangsgeschwindigkeit v_p wird aus der Drehzahl der Schleifringmessung und dem Schleifringdurchmesser nach Gleichung (7) in 3.1 berechnet.

4.1.6.6.2 Drehzahlmessgerät

Jede geeignete Prüf- und Messeinrichtung kann verwendet werden. Ein einfaches Verfahren ist die Verwendung eines Stroboskops. Für eine höhere Genauigkeit und eine automatische Messung darf an der Versuchsausrüstung ein Tachometer installiert werden.

4.1.6.6.3 Genauigkeit

Das verwendete Instrument muss die Drehzahl mit einer Präzision von ± 50 U/min oder besser messen können.

4.1.6.6.4 Stabiler Zustand

Die Drehzahleigenschaften werden als stabil angesehen, wenn die Abweichung vom Mittelwert von mindestens 3 aufeinanderfolgenden Messungen kleiner als 2,5 % ist.

4.2 Festlegung der Versuchsausrüstungen für Kommutatoren

4.2.1 Allgemeines

Für den Gleichstrombetrieb ist die Versuchsausrüstung kein exakter realer Kommutator, d. h., die Konstruktion des Versuchsschleifrings bildet das mechanische Verhalten durch Nuten nach, die längs der axialen Richtung eingearbeitet sind, jedoch wird keine Kommutierung eingeleitet.

4.2.2 Versuchsschleifringe

4.2.2.1 Werkstoff

Der Werkstoff des Versuchsschleifrings sollte der Anwendung einer Gleichstrommaschine entsprechen. Der Versuchsschleifring muss aus Kupfer nach IEC 60356 aufgebaut sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

4.2.2.2 Maße der Versuchsschleifringe

Der Durchmesser D des Versuchsschleifrings darf nicht kleiner als 200 mm und nicht größer als 300 mm sein. Das Vorzugsmaß beträgt 220 mm.

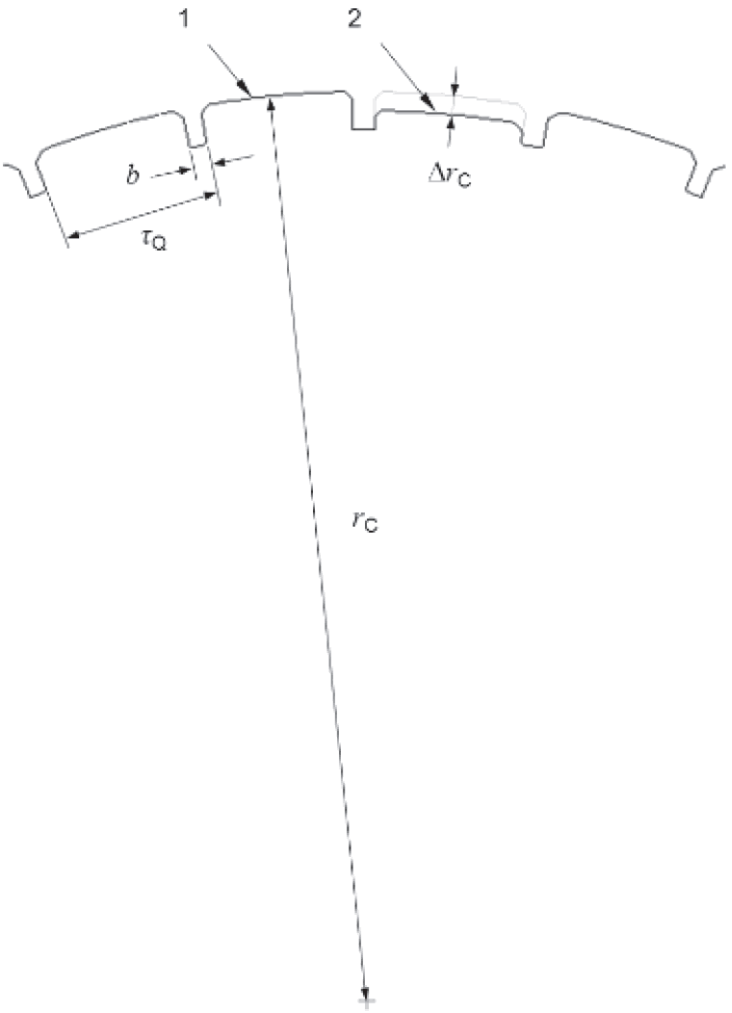
Die axiale Länge des genuteten Rings muss gleich dem Maß a der Versuchskohlebürste plus mindestens 6 mm sein.

Die gleichmäßig auf die Ringoberfläche verteilten axialen Nuten müssen für eine Nutteilung τ_Q im Bereich von 5,0 mm bis 7,5 mm ausgefräst sein. Die Breite b der Nuten muss zwischen 0,8 mm und 1,0 mm und deren Tiefe zwischen 1 mm und 3 mm betragen. Jedes Segment muss den gleichen Radius wie der gesamte Ring haben.

Die Anwendung von Schleifpapier oder Schmirgelleinen zur Beseitigung von Werkzeugspuren und/oder zu glatter Oberfläche muss eingeschränkt werden, um eine „Wölbung“ der Lamellen zu vermeiden. Siehe Bild 11.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

r_C Radius des Versuchsschleifrings

Δr_C Differenz zwischen dem Radius des Versuchsschleifrings und dem Radius eines gewölbten Lamellenabschnitts

b Nutbreite

τ_Q Nutteilung

1 Standard-Lamellenabschnitt (mit einem Radius r_C)

2 „gewölbter“ Lamellenabschnitt (mit einem Radius $r_C - \Delta r_C$)

Bild 11 – Darstellung für die Vorbereitung der Lamellennuten

Die Maße τ_Q und b müssen sinnvoll ausgewählt werden, um die Anzahl der von der Kohlebürste überdeckten Segmente (auch als Bedeckungsverhältnis τ_B bezeichnet) zu berücksichtigen und dadurch das Risiko mechanischer Resonanzen zu beseitigen. Die nachfolgenden Gleichungen (13) und (14) geben die Beziehung zwischen τ_Q, t und b an:

$$k \times \tau_Q \neq q \tag{13}$$

und

$$t - b < q < t + b \tag{14}$$

Dabei ist

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

k eine ganze Zahl, die aus den Werten 2, 3 oder 4 ausgewählt wird;

q eine variable Zahl;

t die Dicke der Kohlebürste;

b die Breite der Nut;

τ_Q die Breite zwischen 2 aufeinanderfolgenden Segmenten.

Mit anderen Worten: das Überdeckungsverhältnis τ_B darf keine ganze Zahl sein. Vorzugswerte für τ_B sind zwischen 3 und 6 auszuwählen, wobei die erste Dezimalzahl so nah wie möglich bei 5 liegen sollte.

BEISPIEL 3,5 oder 4,5.

Bild 12 zeigt ein Beispiel von richtiger oder falscher Bürstenüberdeckung.

ANMERKUNG Zur Erhöhung der Aussagekraft wird nachfolgend ein praktisches Verfahren zur Bestimmung der richtigen Maße Schritt für Schritt dargelegt:

a) Das Maß t muss aus den Vorzugswerten in Tabelle 1 ausgewählt werden.

b) Auswahl eines Wertes von τ_Q zwischen 5,0 mm und 7,5 mm.

c) Überprüfung, ob τ_Q geeignet ist:

   1) Berechnung der Anzahl der Nuten Q mit Gleichung (5). Dies muss eine ganze Zahl sein. Wenn nicht, gehe zurück zu b).

   2) Berechnung des Bedeckungsverhältnisses τ_B (Anzahl der Segmente, die von der Kohlebürste überdeckt werden) mit der Gleichung (6).

d) Wenn τ_B eine ganze Zahl ist, ist ein anderer Wert für τ_Q auszuwählen:

   1) Berechnung eines neuen τ_Q aus einem Wert von τ_B, der nahe dem vorigen liegt, mit einer ersten Dezimalzahl gleich 5 (siehe nachfolgendes Beispiel),

   2) Berechnung eines neuen Q mit Gleichung (5). Wenn dies keine ganze Zahl ist, dann ist auf die nächste abzurunden und nochmals τ_Q und τ_B zu berechnen (siehe nachfolgendes Beispiel).

e) Auswahl eines Wertes b zwischen 0,8 mm und 1,0 mm.

f) Überprüfung, ob b nach den Gleichungen (13) und (14) geeignet ist.

BEISPIEL Schleifringdurchmesser D = 220 mm.

a) Auswahl eines Bürstenmaßes in tangentialer Richtung: t = 25 mm.

b) Auswahl der Breite: τ_Q = 5 mm.

c) Anschließend sind Q und τ_B zu berechnen:

   (5) $Q = D / \tau$ = 44 : ganze Zahl – gültig.

   (6) $\tau_B = t / \tau_Q$ = 5 : ganze Zahl – ungültig. Deshalb muss der Wert von τ_Q verändert werden.

d) Ausgewählt wird ein neuer Wert von τ_B mit einer ersten Dezimalzahl von 5: τ_B = 4,5.

   Damit ist τ_Q = 5,55 mm und Q = 39,6 – Q ist ungültig, weil es keine ganze Zahl ist.

   Abrunden auf die nächste ganze Zahl: Q = 40.

   Die anschließende Berechnung liefert τ_Q = 5,5 mm und τ_B = 4,54. Alle Kriterien sind erfüllt.

e) Auswahl einer Nutbreite b = 0,8 mm. Anschließend wird berechnet:

f) $t - b$ = 24,2 mm und $t + b$ = 25,8 mm.

   Berechnung von $k \times \tau_Q$ für unterschiedliche Werte von k:

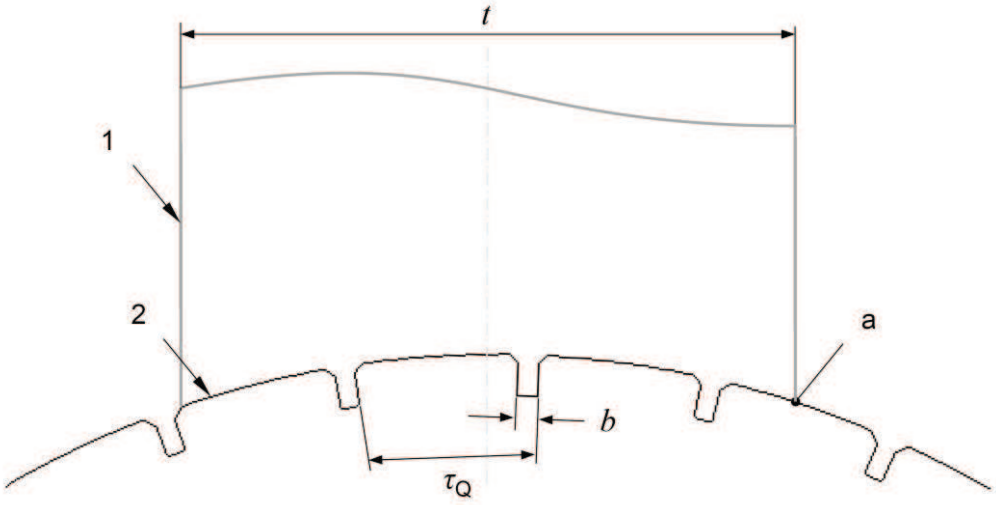
k	2	3	4

Documents
Document Sharing Hub

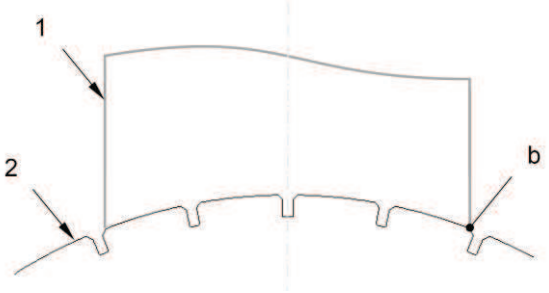
Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

$k \times \tau_Q$ (mm)	11	16,5	22

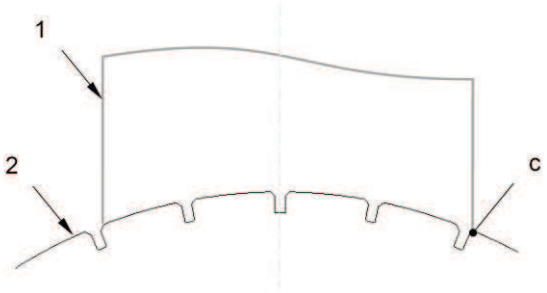
Alle Werte von $k \times \tau_Q$ liegen unter 24,2 mm. Das bedeutet, dass der Wert von b = 0,8 mm richtig ist.



a) richtig



b) falsch



c) falsch

Legende

1 Kohlebürste

2 Bürstenhalter

a richtige Kohlebürstenüberdeckung: 3,5 (3 Segmente + 3 Nuten + 1/2 Segment)

b falsche Kohlebürstenüberdeckung: 3,9 (4 Segmente + 3 Nuten)

c falsche Kohlebürstenüberdeckung: 4 (4 Segmente + 4 Nuten)

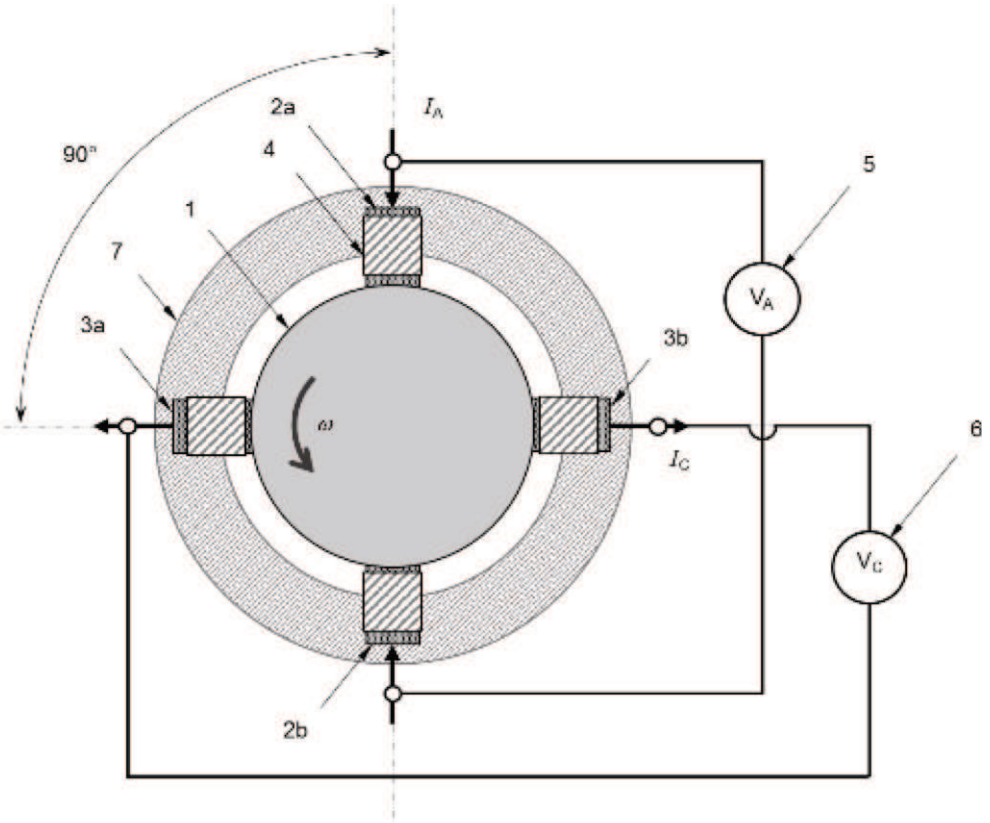
Bild 12 – Kohlebürstenüberdeckung

4.2.3 Anordnung der Kohlebürsten

Vorzugsweise sind vier auf dem Versuchsschleifring in gleichmäßigen Abständen angeordnete Kohlebürsten zu verwenden, wie nachfolgend in Bild 13 dargestellt. Die Kohlebürsten müssen mit abwechselnder Polarität aufgesetzt werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1 Versuchsschleifring

2 positive Kohlebürste (Anodenbürste) a und b

3 negative Kohlebürste (Kathodenbürste) a und b

4 Bürstenhalter

5 Spannungsmessgerät V_A für den gesamten Kontaktspannungsfall an der positiven Kohlebürste

6 Spannungsmessgerät V_C für den gesamten Kontaktspannungsfall an der negativen Kohlebürste

7 Bürstenbrücke

I_A Strom in der Anodenbürste

I_C Strom in der Kathodenbürste

Bild 13 – Anordnung der Kohlebürsten

Wenn es aus irgendeinem Grund erforderlich ist, den Versuch mit nur zwei Kohlebürsten durchzuführen, dann sollte der Winkelabstand zwischen ihnen 90° oder 180° betragen.

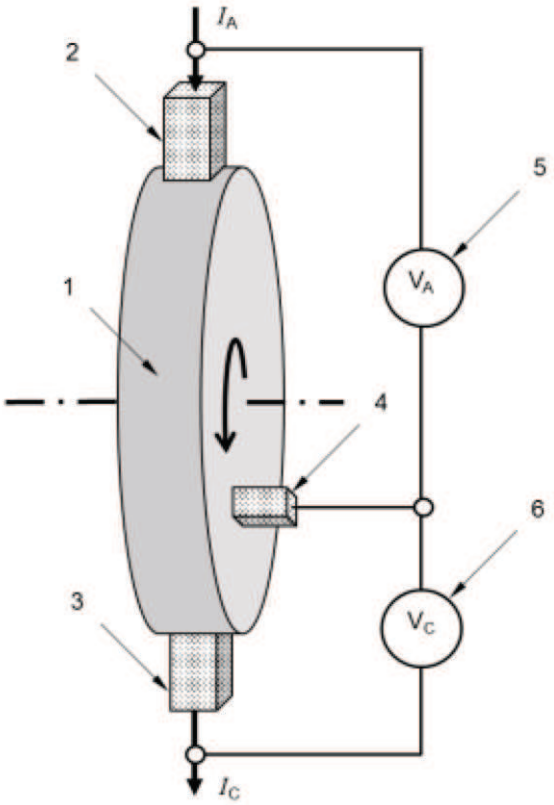
4.2.4 Spezielle Kohlebürsten für die Messung des Spannungsfalls

Die Kohlebürsten werden paarweise angeordnet: eine positive für den Stromeintritt und eine negative für den Stromaustritt. Auf einer Seite des Schleifringes wird eine Kontrollbürste hinzugefügt. Diese muss einen vernachlässigbaren Spannungsfall aufweisen. Sie besteht im Allgemeinen aus einem Silbergraphitwerkstoff.

Die Bürstenanordnung (mit 2 Kohlebürsten) für die Messung des Gesamtkontaktspannungsfalls der Kohlebürste U_B ist in Bild 14 dargestellt. In diesem Fall ist der Spannungsfall U_B der Mittelwert der Spannungsfälle in jeder Polarität.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1 Schleifring

2 positive Kohlebürste (Anodenbürste)

3 negative Kohlebürste (Kathodenbürste)

4 Kontrollbürste

5 Spannungsmessgerät V_A für den gesamten Kontaktspannungsfall an der positiven Kohlebürste

6 Spannungsmessgerät V_C für den gesamten Kontaktspannungsfall an der negativen Kohlebürste

I_A Strom in der Anodenbürste

I_C Strom in der Kathodenbürste

Bild 14 – Anordnung der Kontrollbürste

4.3 Festlegung der Versuchsausrüstungen für Schleifringe

4.3.1 Allgemeines

Mit Ausnahme der Maße der Versuchsausrüstung und der Anordnung der Kohlebürsten muss der realen Anwendung so gut wie möglich entsprochen werden. In Hinsicht auf den Reibungskoeffizienten und die Beurteilung des Spannungsfalls ist die Werkstoffauswahl von besonderer Bedeutung.

4.3.2 Schleifringe

4.3.2.1 Werkstoffe

Die Ringe dürfen beruhend auf der Anwendung aus Nichteisenmetall (Bronze, Kupfer) oder aus Eisenmetall (Stahl, nichtrostender Stahl) gefertigt sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Die Verwendung von Kupferlegierungen, die Zink, Silizium, Blei, Aluminium, Chrom enthalten und zu einem schlechteren Betriebsverhalten der Kohlebürste führen, müssen vermieden werden.

Empfohlen wird für allgemeine Zwecke die Verwendung der Bronzesorte CuSn12 oder CuSn8Ni3P nach ISO 1190-1 oder die nichtrostende Stahlsorte X10Cr13, die 4006-410-00-I nach ISO 15510 entspricht.

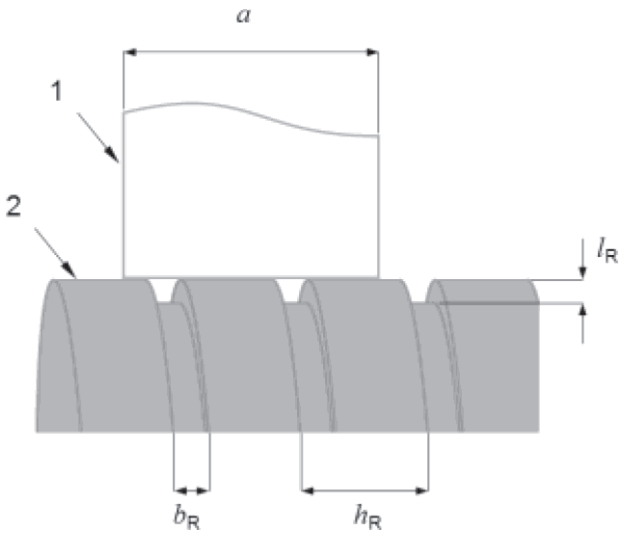
Gemeinsam mit den Prüfergebnissen sollten die Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften oder eine Verweisung auf die ISO-Werkstoffnorm angegeben werden.

4.3.2.2 Maße

a) Der Durchmesser dieser Schleifringe darf nicht kleiner als 200 mm sein und sie können glatt oder schraubenförmig gerillt sein. Der Vorzugsdurchmesser D ist 220 mm.

   Bei der Auswahl des Durchmessers muss die Umfangsgeschwindigkeit in Betracht gezogen werden. Bei größeren Maßen kann sich die Stabilität aufgrund von Vibrationen verschlechtern. Empfohlen wird ein Höchstwert von 250 mm.

b) Wenn sie schraubenförmig gerillt sind, muss die folgende Anordnung nach Bild 15 angewendet werden:



Legende

1 Bürste

2 schraubenförmig gerillter Schleifring

a axiales Maß der Kohlebürste

b_R Nutbreite

h_R Nutteilung

l_R Nuttiefe

Bild 15 – Kennwerte von Nuten

Die Nut muss eingängig sein. Die Tiefe der Rille l_R liegt im Allgemeinen zwischen 4 mm und 5 mm und darf nicht kleiner als 3 mm sein.

Die Nutteilung h_R muss eine Teileinheit von a (axiales Maß der Kohlebürste) sein, um ein Pulsieren des Bürstendruckes zu vermeiden.

BEISPIEL Bei einer Kohlebürste mit einem Maß a von 25 mm, muss die Teilung h_R gleich 12,5 mm sein.

Die Nutbreite b_R sollte zwischen $h_R/3$ und $h_R/4$ liegen. Empfohlen wird b_R = 3 mm.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

ANMERKUNG Das Gerät, welches für die Profilmessung angewendet wird, muss an diese Konfiguration angepasst sein.

c) Die Berechnung von Bürstendruck (Gleichung 3) und Stromdichte J_B (Gleichung 8) muss wie bei glatten Schleifringen sein, d. h. die Auswirkung einer schraubenförmigen Rille auf diese Größen muss vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Bei einer schraubenförmigen Nut mit großer Nutbreite b_R kann die Stromdichte am Kontakt J_{Bc} eine wichtige Information für die Interpretation liefern. Sie wird berechnet aus der Gleichung für J_B (8) durch Ersetzen des Bürstenquerschnitts $t \times a$ durch die reale Lauffläche der Kohlebürste.

$$J_{Bc} = \frac{I}{t \times a - b_R \times k_R}$$

Dabei ist k_R die (ganzzahlige) Anzahl der Nuten unter der Kohlebürste.

4.3.3 Kohlebürsten

Für jeden Schleifring müssen mindestens zwei Kohlebürsten verwendet werden. Wenn eine größere Anzahl von Kohlebürsten je Schleifring verwendet wird, dann müssen die Kohlebürsten gleichmäßig um den Schleifring verteilt sein, wobei die Gesamtlauffläche aller Kohlebürsten nicht 15 % der Oberfläche des Schleifrings überschreiten darf.

ANMERKUNG Bei rein vergleichenden Versuchen ist zu berücksichtigen, dass die Verwendung von Bürstenhaltern mit „Treidelbürsten“ keine nachteiligen Auswirkungen hat und die Anzahl der erforderlichen Bürstenhaltertypen verringern würde.

4.3.4 Konfiguration für Gleichstrom- und Wechselstrombetrieb

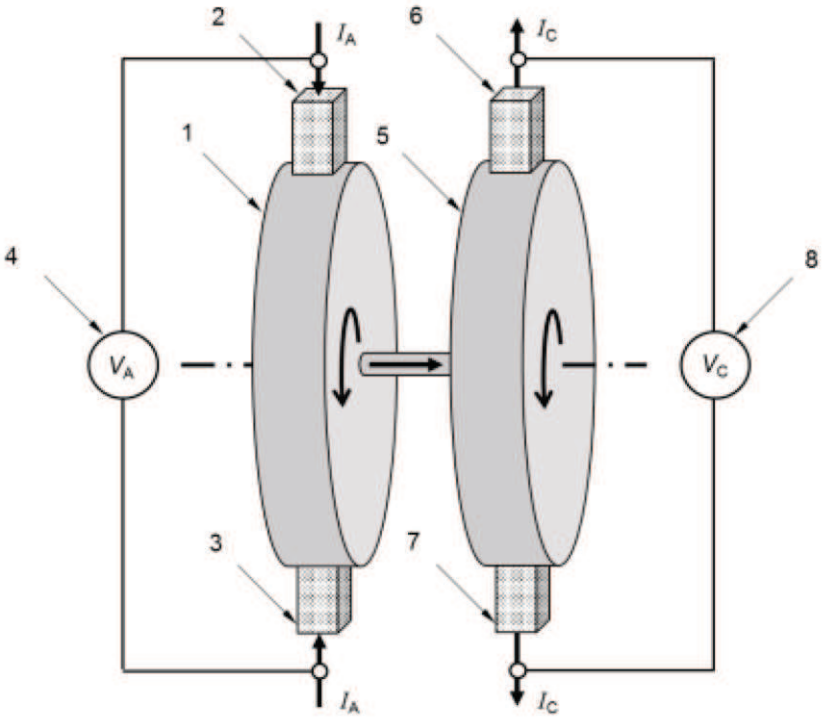
4.3.4.1 Für Gleichstrombetrieb

Jede Polarität (Anode und Kathode) muss getrennt geprüft werden. Zwei Verfahren können angewendet werden:

a) 2 unterschiedliche Schleifringe an derselben Versuchsausrüstung: einer läuft als Anode, der andere als Kathode. In diesem Fall haben die Kohlebürsten auf demselben Schleifring die gleiche Polarität, wie es in Bild 16 dargestellt ist.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04



Legende

1 Anodenschleifring

2 positive Kohlebürste 1 (Anodenbürste)

3 positive Kohlebürste 2 (Anodenbürste)

4 Spannungsmessgerät 1 für den gesamten Kontaktspannungsfall an der Anodenkohlebürste

I_A Strom in der Anodenbürste

5 Kathodenschleifring

6 negative Kohlebürste 1 (Kathodenbürste)

7 negative Kohlebürste 2 (Kathodenbürste)

8 Spannungsmessgerät 2 für den gesamten Kontaktspannungsfall an der Kathodenkohlebürste

I_C Strom in der Kathodenbürste

Bild 16 – Anordnung der Versuchsausrüstung für den Gleichstrombetrieb mit 2 Kohlebürsten je Polarität

b) ein Schleifring: geprüft wird zuerst die Anodenbedingung, anschließend die Kathodenbedingung. In dieser Konfiguration wird an den flachen Feil des geprüften Schleifrings eine zusätzliche Kohlebürste angelegt, um den Stromkreis zu schließen.

4.3.4.2 Für Wechselstrombetrieb

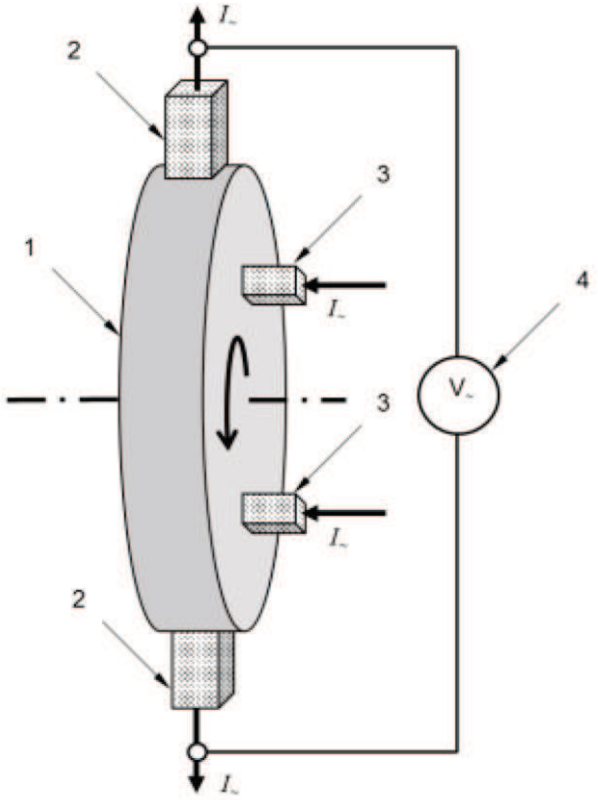
Geprüft wird nur eine Phase. Die Wechselstromversorgung wird auf der einen Seite durch eine oder zwei zusätzliche Kohlebürsten hergestellt, die an den flachen Teil des zu prüfenden Schleifrings angelegt werden und auf der anderen Seite durch die Kohlebürsten, wie es in Bild 17 dargestellt ist.

Wie es für die speziellen Kohlebürsten für die Spannungsmessung in 4.2.4 festgelegt ist, müssen die zusätzlichen Kohlebürsten an dem zu prüfenden Ring aus einem geeigneten Werkstoff bestehen, damit der Kontaktspannungsfall zum Schleifring vernachlässigbar wird. Beispielsweise wird ein geeigneter Werkstoff aus der Silbergraphit-Familie ausgewählt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Wenn mit hoher Drehzahl geprüft wird, dann kann der Werkstoff der zusätzlichen Kohlebürste aus der Naturgraphit-Familie ausgewählt werden. Die Verwendung einer Kohlebürste aus Naturgraphit/Silbergraphit-Komposit kann ebenfalls ein guter Kompromiss sein, um sowohl den Kontaktspannungsfall als auch den Verschleiß bei hoher Drehzahl zu verringern.



Legende

1 Schleifring

2 Versuchskohlebürsten

3 zusätzliche Kohlebürsten

4 Spannungsmessgerät $V_{\sim}$ zur Messung des gesamten Kontaktspannungsfalls von 2 Kohlebürsten

$I_{\sim}$ Wechselstrom

Bild 17 – Anordnung der Versuchsausrüstung für den Wechselstrombetrieb mit 2 Kohlebürsten

5 Anwendungsweise und Betriebsbedingungen

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die allgemeinen Prüfverfahren zur Durchführung der Messungen von Reibungskoeffizient, Spannungsfall und Verschleiß.

Die Betriebsbedingungen umfassen (und sind nicht beschränkt auf): Werkstoff und Oberflächenzustand des Schleifrings oder Kommutators, Luftfeuchte, Temperatur, Bürstendruck, Stromdichte, Umfangsgeschwindigkeit usw.

Angesichts der Eigenschaften des Bürstenwerkstoffs und von Veränderungen innerhalb der empfohlenen Bereiche der Umgebungsbedingungen ist eine absolute Wiederholpräzision der Prüfergebnisse nicht zu erwarten. Wenn alle steuerbaren Parameter genau beibehalten werden, müssen Wiederholungsmessungen,

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

die an derselben Maschine mit denselben Kohlebürstensätzen durchgeführt werden, eine Messunsicherheit und Wiederholpräzision von Reibungskoeffizient, Kontaktspannungsfall und Bürstenverschleiß von etwa ± 10 % der bei den vorangegangenen Versuchen erzielten Durchschnittsergebnisse liefern. Die vorstehenden Ausführungen setzen voraus, dass das gesamte Prüfverfahren strengstens eingehalten worden ist.

Vorgeschlagen wird ebenso, dass Sätze der Versuchskohlebürsten aus verschiedenen Werkstoffen für Kalibrierprüfungen der Maschine zurückbehalten werden. Vor jedem Versuch wird empfohlen, den Spannungsfall an den Verbindungsstellen im Millivoltbereich zu überprüfen und die Verbindungen wieder wie bisher herzustellen, falls wesentliche Veränderungen dieses Spannungsfalls aufgetreten sind.

5.2 Umgebungsbedingungen

5.2.1 Laboratoriumsumgebung

Der Versuch muss in Innenräumen in einer Umgebung durchgeführt werden, die im Wesentlichen frei von Luftströmungen ist, ausgenommen die Strömung, die durch die erzeugte Wärme der geprüften Probe erzeugt wird. Diese Bedingung gilt in der Praxis als erreicht, wenn die Luftgeschwindigkeit 0,5 m/s nicht überschreitet.

Alle Versuche sollten in einer Atmosphäre durchgeführt werden, die im Wesentlichen frei von Staub, chemischen Dämpfen usw. ist.

5.2.2 Umgebungslufttemperatur und Oberflächentemperatur des Schleifrings

Die Umgebungslufttemperatur muss sich soweit ausgeglichen haben, um geeignete eine geeignete Oberflächentemperatur des Schleifrings für einen guten Betrieb des Kohlebürstensystems zu erreichen.

Der empfohlene mittlere Temperaturbereich der Schleifringoberfläche beträgt 60 °C bis 80 °C. Deshalb kann es notwendig sein, einige Versuche durchzuführen, um die geeignete Umgebungslufttemperatur innerhalb des Raumes (oder der Kammer), in der die Versuchsausrüstung installiert ist, zu bestimmen, um den vorstehend festgelegten Temperaturbereich der Schleifringoberfläche zu erreichen.

Für das Anstellen von Vergleichen zwischen Kohlebürsten der gleichen Werkstofffamilie auf der gleichen Versuchsausrüstung (Schleifringmaße und -werkstoff, Stromkonfiguration usw.) braucht die Umgebungstemperatur nicht angepasst zu werden, vorausgesetzt, die Differenz der Schleifringoberflächentemperatur zu den vorstehend festgelegten Werten überschreitet nicht 10 °C (d. h., sie muss 50 °C bis 90 °C betragen).

Für die Sicherstellung einer homogenen Temperatur um den Schleifring darf ein Belüftungssystem (oder eine andere Vorrichtung) vorhanden sein.

Die Umgebungslufttemperatur und die Schleifringoberflächentemperatur müssen während der Versuche täglich aufgezeichnet werden und der Mittelwert muss im Prüfbericht angegeben werden.

5.2.3 Umgebungsluftfeuchte

Die absolute Luftfeuchte HA der Prüfraumatmosphäre (oder eines umschlossenen Klimaraumes) muss während des gesamten Versuches zwischen 8 g/m^3 und 12 g/m^3 liegen. Sie muss täglich aufgezeichnet und der Mittelwert im Prüfbericht angegeben werden.

ANMERKUNG Wenn eine Einrichtung zur Messung der relativen Luftfeuchte eingesetzt wird, muss die absolute Luftfeuchte aus der relativen Luftfeuchte HR und der Umgebungstemperatur berechnet werden.

5.3 Betriebsbedingungen

Der nachfolgend aufgeführte Bereich der Prüfbedingungen sind „mittlere“ Bedingungen, die voraussichtlich an nicht spezialisierten Maschinen einzuhalten sind.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

Tabelle 3 – Prüfbedingungen

Symbol	Name	Einheit	EG	BG	HC-CG	NG	MG[a]
v_p	Umfangsgeschwindigkeit	m/s	25 bis 55	25 bis 35	10 bis 30	50 bis 100	10 bis 40
J_B	Stromdichte	A/cm^2	10 bis 12,5	5 bis 10	6 bis 10	8 bis 12,5	10 bis 35
p	Bürstendruck	kN/m^2 [b]	18 bis 22	18 bis 22	18 bis 22	13 bis 18	18 bis 25

[a] Die Prüfbedingungen hängen vom Typ des Metallgraphitwerkstoffs (gesintert oder metallimprägniert) und dem Metallgehalt ab. Im Allgemeinen gilt, je höher der Metallgehalt, desto niedrigere Geschwindigkeiten und höhere Stromdichten müssen angewendet werden.

[b] Äquivalente Einheit ist kPa.

ANMERKUNG Vorgeschlagen wird die Anwendung der mittleren Stromdichte, die der Hersteller der Kohlebürsten empfiehlt.

5.4 Vorbereitung der Prüfung und Überwachung

Der folgende Ablauf muss vor den Prüfungen erfolgen.

ANMERKUNG In 5.6 sind die Messungen und Beobachtungen festgelegt, die vor dem Beginn der Prüfung aufzuzeichnen sind.

5.4.1 Versuchsausrüstungen

Die Versuchsausrüstung ist nach den Angaben in Abschnitt 4 vorzubereiten. Die in 5.6 festgelegten Messungen müssen im Prüfbericht aufgezeichnet werden (Unrundheit, Rauheit usw.).

Messgeräte (und ihre Vorrichtungen zur Aufzeichnung) müssen an der Versuchsausrüstung installiert werden und sind, wenn erforderlich, zu kalibrieren und/oder einzustellen.

5.4.2 Bürstenhalter

Die in Tabelle 3 in 5.2 festgelegten Drücke sind einzustellen.

5.4.3 Versuchskohlebürsten

a) Die nach 4.1.3 vorbereiteten Versuchskohlebürsten müssen alle aus demselben Werkstoff bestehen. Der Spannungsfall in der Verbindungsstelle U_F der Versuchskohlebürsten muss vor der Prüfung gemessen werden und für die Prüfung sollten Kohlebürsten mit ähnlichen Werten des Spannungsfalls mit einer Grenzabweichung von ± 20 % ausgewählt werden.

b) Die Versuchskohlebürsten werden an den Schleifring angepasst. Es ist zu überprüfen, ob die Lauffläche der Kohlebürste dem Schleifringprofil angepasst ist. Für diesen Vorgang gibt es verschiedene Verfahren:

   1) Das bevorzugte Verfahren ist die Anwendung von nichtleitendem Schleifleinen.

   2) Verwendung eines gesonderten Werkzeugs, bei dem ein rotierender Ring aus einem Schleifmittel mit demselben Durchmesser wie der Versuchsschleifring verwendet wird, um die Lauffläche der Kohlebürste maschinell zu bearbeiten.

   3) Anwendung eines mittleren Siliziumoxid- oder Aluminiumoxid-Schleifsteines (Anpassungsschleifstein) auf dem Schleifring, wenn sich die Kohlebürsten in ihren Bürstenkästen befinden. In diesem Fall ist zu überprüfen, dass auf der Lauffläche der Kohlebürste kein Oxid zurückbleibt, und Anwendung eines Schleifsteines auf dem Versuchsschleifring, um eine geeignete Rauheit zu erreichen.

c) Nach diesen Vorgängen sind der Versuchsschleifring, die Kohlebürsten und die Bürstenkästen sorgfältig zu reinigen. Empfohlen wird die Verwendung eines Staubsaugers mit ausreichender Saugleistung. Nach

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04

der Verwendung des Anpassungsschleifsteins muss der Reinigung und dem Aussehen der Lauffläche der Kohlebürste besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht werden.

5.4.4 Rauheit des Versuchsschleifringes

Die Rauheit muss nach dem Anpassen der Kohlebürsten und vor jeder Prüfung gemessen werden. Wenn sie von dem in 4.1.2 durch Gleichung (11) definierten Bereich abweicht, muss die Vorbereitung der Schleifringoberfläche erneut ausgeführt werden.

5.4.5 Einschleifen der Kohlebürsten

Das Einschleifen der Kohlebürsten muss unter den festgelegten Bedingungen von Geschwindigkeit und Stromdichte für die Prüfung nach Tabelle 3 sowie Umgebungslufttemperatur und Luftfeuchte, wie in 5.2.2 und 5.2.3 festgelegt, begonnen werden.

Das Einschleifen muss für mindestens 24 h fortgesetzt werden. Während dieser Dauer müssen Sichtprüfung und Messungen durchgeführt werden, wie es in 5.6.4 festgelegt ist.

Wenn sich der Film (Patina) gebildet hat, muss die Oberflächentemperatur des Schleifrings überprüft werden. Wenn sie sich außerhalb des in 5.2.2 angegebenen Bereiches befindet, dann muss die Umgebungstemperatur korrigiert (erhöht oder verringert) und das Einschleifen muss fortgesetzt werden. Dieser Vorgang muss wiederholt werden, bis die Oberflächentemperatur des Schleifringes den in 5.2.2 empfohlenen Bereich erreicht hat. Wenn er nicht erreicht wird, sind die Versuchsausrüstung und die Parameter zu überprüfen, besonders das Belüftungssystem.

Das Einschleifen wird als zufriedenstellend abgeschlossen betrachtet, wenn:

– alle Kohlebürsten vollständig eingeschliffen sind, d. h., die Kohlebürstenschleifflächen sind gleichmäßig poliert und es hat sich eine gleichmäßige Patina (Film) gebildet, und
– stabile Messwerte wurden entsprechend den Stabilitätskriterien für jeden Parameter angegeben (siehe jeweils entsprechenden Abschnitt).

Wenn das Einschleifen nicht abgeschlossen ist, muss es für weitere 24 h fortgesetzt werden. Wenn das Einschleifen anschließend immer noch nicht zufriedenstellend ist, dann ist anzuhalten und die Versuchsausrüstung und die Messgeräte sind zu überprüfen.

5.4.6 Messungen an den Kohlebürsten

Alle Kohlebürsten müssen nummeriert und ihr Maß r_0 gemessen werden. Es ist zu überprüfen, ob sich während des Einschleifvorgangs die Grenzabweichungen zwischen den Kohlebürsten und den Bürstenhaltern nicht verändert haben.

Es ist sehr wichtig, dass jede Kohlebürste in exakt der gleichen Weise und in denselben Bürstenhalter wie beim Einschleifen eingesetzt wird und dass das Druckelement genau wie vorher auf dem Bürstenkopf angeordnet wird.

5.5 Prüffolge

5.5.1 Beginn der Prüfung

Die Prüfung kann beginnen, wenn die Vorbereitung der Versuchsausrüstung, wie in 5.4 angegeben, abgeschlossen ist.

Die Prüfparameter sind nach Tabelle 3 in 5.3 einzustellen; Umgebungslufttemperatur und Luftfeuchte sind nach den Festlegungen in 5.2.2 und 5.2.3 einzustellen. Der Laststrom und die Drehzahl müssen mit ± 5 % der festgelegten Werte angewendet werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60773:2021-04