

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60773

Première édition
First edition
1983-01

**Méthodes d'essai et appareils pour la mesure
des propriétés opérationnelles des balais**

**Test methods and apparatus for the measurement
of the operational characteristics of brushes**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60773: 1983

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60773

Première édition
First edition
1983-01

**Méthodes d'essai et appareils pour la mesure
des propriétés opérationnelles des balais**

**Test methods and apparatus for the measurement
of the operational characteristics of brushes**

© IEC 1983 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN

Articles

1. Domaine d'application	6
2. Tableau des unités, symboles et définitions	6

SECTION DEUX

3. Mesure de la chute de tension au contact	10
4. Mesure du coefficient de frottement	16
5. Mesure de l'usure d'un balai	22
6. Spécifications des équipements d'essai	24
7. Mode opératoire et conditions d'essai	36
8. Sources de courant pour les balais d'essai	40

ANNEXE A — Détermination de la formule du taux d'usure du balai	44
---	----

ANNEXE B — Mesure de la température des balais, des bagues d'essai et de l'humidité atmosphérique	48
---	----

ANNEXE C — Le dynamomètre comme autre machine d'essai pour la mesure du coefficient de frottement	54
---	----

ANNEXE D — Considérations sur les précisions probables et sur la reproductibilité des mesures	58
---	----

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE

Clause

1. Scope	7
2. Table of units, symbols and definitions	7

SECTION TWO

3. Measurement of contact drop voltage	11
4. Measurement of coefficient of friction	17
5. Measurement of brush wear	23
6. Specifications of test rigs	25
7. Test schedules and operating conditions	37
8. Current sources for test brushes	41
APPENDIX A — Determination of a formula for brush wear rate	45
APPENDIX B — Measurement of temperature of brushes, test rings and atmospheric humidity	49
APPENDIX C — The dynamometer as an alternative test machine for the measurement of the coefficient of friction	55
APPENDIX D — Discussion of probable accuracies and repeatability of such measurements	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI ET APPAREILS POUR LA MESURE
DES PROPRIÉTÉS OPÉRATIONNELLES DES BALAIS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 2F: Balais de charbon, porte-balais, collecteurs et bagues, du Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Des projets furent discutés lors de la réunion tenue à Leningrad en 1979. A la suite de cette réunion, un projet, document 2F(Bureau Central)44, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1981.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	France
Allemagne	Hongrie
Belgique	Israël
Canada	Italie
Chine	Japon
Corée (République de)	Pologne
Corée (République Démocratique Populaire de)	Roumanie
Egypte	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 50(131): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques.
- 50(551): Chapitre 551: Electronique de puissance.
- 51: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.
- 136: Dimensions des balais et porte-balais pour machines électriques.
- 276: Définitions et nomenclature des balais de charbon, des porte-balais, des collecteurs et des bagues.
- 356: Dimensions des collecteurs et des bagues.
- 467: Méthodes d'essai pour la mesure des propriétés physiques des balais de charbon pour machines électriques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS AND APPARATUS FOR THE MEASUREMENT
OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF BRUSHES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 2F: Carbon Brushes, Brush-holders, Commutators and Slip-rings, of IEC Technical Committee No. 2: Rotating Machinery.

Drafts were discussed at the meeting held in Leningrad in 1979. As a result of this meeting, a draft, Document 2F(Central Office)44, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1981.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Canada
China
Egypt
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan
Korea (Republic of)

Korea (Democratic People's
Republic of)
Poland
Romania
South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 50(131): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 131: Electric and Magnetic Circuits.

50(551): Chapter 551: Power Electronics.

51: Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories.

136: Dimensions of Brushes and Brush-holders for Electrical Machinery.

276: Definitions and Nomenclature for Carbon Brushes, Brush-holders, Commutators and Slip-rings.

356: Dimensions for Commutators and Slip-rings.

467: Test Procedures for Determining Physical Properties of Carbon Brushes for Electrical Machines.

MÉTHODES D'ESSAI ET APPAREILS POUR LA MESURE DES PROPRIÉTÉS OPÉRATIONNELLES DES BALAIS

SECTION UN

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux méthodes d'essais et aux appareils pour la mesure des caractéristiques opérationnelles des balais appelés à fonctionner sur des machines avec commutation ou sur des machines à bagues, dans des conditions d'essai spécifiées.

Elle ne s'applique pas aux balais de moteurs à petite puissance et de machines automotrices.

2. Tableau des unités, symboles et définitions

2.1 Indices

Indices	Références	Exemples
+	Polarité positive	U_+
-	Polarité négative	U_-
~	Courant alternatif ou tension	$I_~$ ou $U_~$
B	Balai	J_B g_B
C	Collecteur ou bague	r_C
H	Porte-balai	r_H
r	Sens radial	F_r
t	Sens tangentiel	F_t
tot	Valeurs totales	U_{tot}
...	Valeurs moyennes	$\bar{W}$

2.2 Unités et symboles géométriques

Symboles	Désignations et définitions	Unités
l, l_{tot}	Longueur totale du chemin parcouru	m
l, b, r, d, t, a	Dimensions pour tous les dessins	mm
r_C	Rayon du collecteur ou de la bague	m mm
r_B	Rayon de la face frottante du balai	m mm
t, a, r	Dimensions du balai	mm
A	Surface	m ² mm ²
R_a	Rugosité de surface	μm
A_B	Surface du balai (face frottante)	m ² mm ²
V	Volume	m ³ mm ³
N_B	Nombre de balais	
k	Nombre de segments sous un balai	
τ	Pas de rainure	mm
h	Pas d'hélicage	mm
b	Largeur de rainure	m mm
r	Longueur du balai neuf	mm
r_t	Longueur du balai usé	mm
Δv	Volume usé du balai	mm ³
Δr	Longueur usée du balai ($r-r_t$)	mm
WR	Taux d'usure volumétrique V/l_{tot}	m ³ /m mm ³ /m
WR*	Taux d'usure linéaire $\Delta r/l_{tot}$	m/m mm/m

TEST METHODS AND APPARATUS FOR THE MEASUREMENT OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF BRUSHES

SECTION ONE

1. Scope

This standard applies to test methods and apparatus for the measurement of the operational characteristics of brushes designed to operate on commutating and slip-ring machines under specified test conditions.

It does not apply to brushes for small power machines and automotive machines.

2. Table of units, symbols and definitions

2.1 Subscripts

Subscript	Reference	Example
+	Positive polarity	U_+
-	Negative polarity	U_-
~	Alternating current or voltage	$I_~$ or $U_~$
B	Brush	J_B ϑ_B
C	Commutator or slip-ring	r_C
H	Brush-holder	r_H
r	Radial direction	F_r
t	Tangential direction	F_t
tot	Total values	U_{tot}
...	Mean values	$\bar{W}$

2.2 Geometrical units and symbols

Symbol	Name and definition	Unit
l_{tot}	Length, total sliding path	m
l, b, r, d, t, a	Dimensions in all drawings	mm
r_C	Radius of commutator or slip-ring	m mm
r_B	Radius of brush running surface	m mm
t, a, r	Dimensions of brush	mm
A	Area	m ² mm ²
R_a	Surface roughness	μm
A_B	Brush surface area (sliding face)	m ² mm ²
V	Volume	m ³ mm ³
N_B	Number of brushes	
k	Number of segments under a brush	
τ	Slot pitch	mm
h	Pitch of helical groove	mm
b	Slot width	m mm
r	Length of new brush	mm
r_t	Length of worn brush	mm
Δv	Brush volume worn away	mm ³
Δr	Brush length worn away ($r-r_t$)	mm
WR	Wear rate (volumetric) V/l_{tot}	m ³ /m mm ³ /m
WR*	Wear rate (linear) $\Delta r/l_{tot}$	m/m mm/m

2.3 Unités et symboles électriques

Symboles	Désignations et définitions	Unités
U_{tot}	Chute de tension totale par balai (de la cosse au collecteur ou à la bague)	V
U_{TOT}	Chute de tension totale $U_{\text{tot}+} + U_{\text{tot}-}$ ou $2 U_{\text{tot}~}$	V
U_S	Chute de tension dans le câble du balai	V mV
U_F	Chute de tension dans la connexion (du câble au balai)	V mV
U_B	Chute de tension dans le balai	V mV
U_C	Chute de tension au contact (du balai au collecteur ou à la bague)	V
I, I_B	Courant, courant dans le balai	A
J_B	Densité de courant dans le balai	$A \cdot m^{-2}$ $kA \cdot m^{-2}$
R	Résistance (en général)	Ω $m\Omega$ $k\Omega$
R_B	Résistance du balai	$m\Omega$
ρ_B	Résistivité du balai	$\Omega \cdot m$ $\mu\Omega \cdot m$
R_V	Résistance interne (caractéristique du voltmètre)	Ω/V

2.4 Unités et symboles mécaniques et physiques

Symboles	Désignations et définitions	Unités
F	Force (en général)	N
F_B	Force appliquée sur la tête du balai	N
F_r	Composante radiale d'une force	N
F_t	Composante tangentielle d'une force	N
F_μ	Force de frottement	N
m	Masse	kg
G	Poids	N
P_B	Pression du balai	kPa, $kN \cdot m^{-2}$
T	Couple	$N \cdot m$
P	Puissance (en général)	W
P_0	Puissance injectée avec balais d'essai levés	W
P_μ	Pertes dues au frottement	W
μ	Coefficient de frottement	
t	Temps	s, min, h
t_s	Temps de service (voir annexe A)	h
v	Vitesse	$m \cdot s^{-1}$
v_t	Vitesse circonférentielle (périphérique)	$m \cdot s^{-1}$
ω	Vitesse angulaire	$rad \cdot s^{-1}$
f	Fréquence	Hz
n	Vitesse de rotation	tr/min, min^{-1}
$\theta_{\text{amb}}, \vartheta_{\text{amb}}$	Température ambiante	°C
θ, ϑ	Température	°C
θ_B, ϑ_B	Température du balai	°C
θ_C, ϑ_C	Température du collecteur ou de la bague	°C
$\Delta\theta, \Delta\vartheta$	Echauffement	K
AH	Humidité absolue	$g \cdot m^{-3}$
RH	Humidité relative	%
HB	Dureté Brinell	
HR	Dureté Rockwell (pour balai: HR_B)	
HS	Dureté scléroscope	
HV	Dureté Vickers	
EG	Qualités de balais électrographitiques	
NG	Qualités de balais au graphite naturel	
BG	Qualités de balais au graphite aggloméré avec une résine synthétique	
HC	Qualités de balais amorphes	
CG	Qualités de balais carbographitiques	
MG	Qualités de balais métallographitiques et qualités de balais avec imprégnation métallique	

2.3 Electrical units and symbols

Symbol	Name and definition	Unit
U_{tot}	Total voltage drop per brush (from the terminal to commutator or slip-ring)	V
U_{TOT}	Total voltage drop $U_{tot+} + U_{tot-}$ or $2 U_{tot-}$	V
U_S	Voltage drop in brush flexible	V mV
U_F	Connection voltage drop (flexible to brush)	V mV
U_B	Voltage drop in the brush	V mV
U_C	Contact voltage drop (brush to commutator or slip-ring)	V
I, I_B	Current, brush current	A
J_B	Brush current density	$A \cdot m^{-2}$ kA $\cdot m^{-2}$
R	Resistance (generally)	Ω m Ω k Ω
R_B	Brush resistance	m Ω
ρ_B	Brush resistivity	$\Omega \cdot m$ $\mu\Omega \cdot m$
R_v	Internal resistance (characteristic of voltmeter)	Ω/V

2.4 Mechanical and physical units and symbols

Symbol	Name and definition	Unit
F	Force (generally)	N
F_B	Force applied to the top of the brush	N
F_r	Radial component of a force	N
F_t	Tangential component of a force	N
F_μ	Friction force	N
m	Mass	kg
G	Weight	N
P_B	Brush pressure	kPa, kN $\cdot m^{-2}$
T	Torque	N $\cdot m$
P	Power (generally)	W
P_0	Power input (test brushes lifted)	W
P_μ	Power loss due to friction	W
μ	Coefficient of friction	
t	Time	s, min, h
t_s	Service time (see Appendix A)	h
v	Velocity	m $\cdot s^{-1}$
v_t	Circumferential (peripheral) velocity	m $\cdot s^{-1}$
ω	Angular velocity	rad $\cdot s^{-1}$
f	Frequency	Hz
n	Rotational speed	r.p.m. min $^{-1}$
$\theta_{amb}, \vartheta_{amb}$	Ambient temperature	°C
θ, ϑ	Temperature	°C
θ_B, ϑ_B	Brush temperature	°C
θ_C, ϑ_C	Temperature of commutator or slip-ring	°C
$\Delta\theta, \Delta\vartheta$	Temperature rise	K
AH	Absolute humidity	g $\cdot m^{-3}$
RH	Relative humidity	%
HB	Brinell hardness	
HR	Rockwell hardness (for brushes: HR _B)	
HS	Scleroscope hardness	
HV	Vickers hardness	
EG	Electrographite brush grades	
NG	Natural graphite brush grades	
BG	Resin-bonded graphite brush grades	
HC	Hard carbon brush grades	
CG	Carbon-graphite brush grades	
MG	Metal-graphite and metal-impregnated brush grades	

SECTION DEUX

3. Mesure de la chute de tension au contact

- 3.1 La chute de tension totale de la cosse d'un balai à la bague ou au collecteur est une grandeur complexe qui correspond à la somme des chutes de tension montrées sur la figure 1. Ces chutes de tension ne sont pas toutes nécessairement ohmiques.

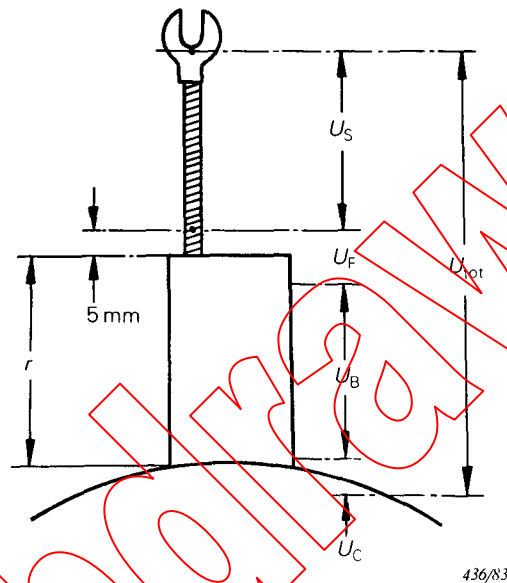


FIGURE 1

La codification de la figure 1 est tirée des références 905 à 909 de la Publication 276 de la CEI: Définitions et nomenclature des balais de charbon, des porte-balais, des collecteurs et des bagues.

- U_{tot} (référence 906) Chute de tension totale entre la cosse du balai et la bague ou le collecteur. U_{tot} est défini comme la somme de toutes les chutes de tension individuelles existant entre la cosse du balai et la bague ou le collecteur.
- U_S (référence 909) est la chute de tension dans le câble (shunt) et dans la connexion du câble à la cosse.
- U_F (référence 908) est la chute de tension dans la connexion. Cette mesure est définie dans la section un de la Publication 467 de la CEI: Méthodes d'essai pour la mesure des propriétés physiques des balais de charbon pour machines électriques.
- U_B (référence 907) est la chute de tension interne dans le balai.
- U_C (référence 905) est la chute de tension simple au contact.

SECTION TWO

3. Measurement of contact drop voltage

- 3.1 The total voltage drop from the brush terminal to the slip-ring or commutator is a complex parameter which is made up from the sum of the voltage drops shown in Figure 1. Some of these voltage drops are not necessarily ohmic.

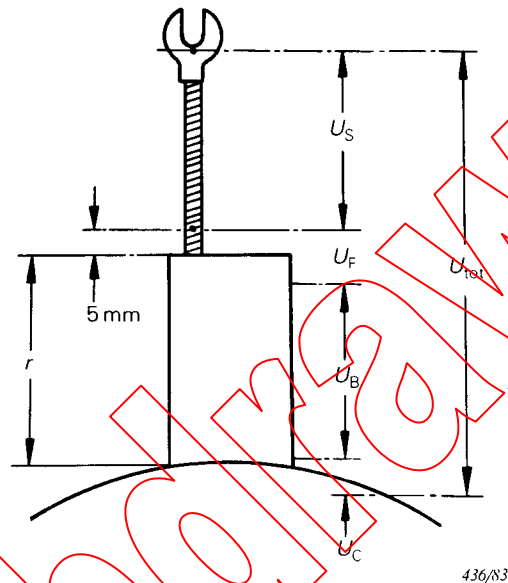


FIGURE 1

The coding for Figure 1 is taken from references 905 to 909 of IEC Publication 276: Definitions and Nomenclature for Carbon Brushes, Brush-holders, Commutators and Slip-rings.

U_{tot} (Reference 906) The total voltage drop between the brush terminal and the slip-ring or commutator. U_{tot} is defined as the sum of all the individual voltage drops existing between the brush terminal and the slip-ring or commutator.

U_S (Reference 909) is the voltage drop in the flexible (shunt) and in the flexible connection to the brush terminal.

U_F (Reference 908) is the connection drop. This measurement is defined in Section One of IEC Publication 467: Test Procedures for Determining Physical Properties of Carbon Brushes for Electrical Machines.

U_B (Reference 907) is the internal voltage drop of the brush

U_C (Reference 905) is the brush contact drop.

3.2 Chute de tension simple au contact (U_C)

La chute de tension simple au contact est une caractéristique de fonctionnement d'un balai; elle est normalement non ohmique et est influencée par des facteurs extérieurs ainsi que par les caractéristiques de la matière du balai.

3.2.1 Facteurs extérieurs

Ils comprennent, par exemple, la pression du balai, la densité de courant, la nature et l'état de surface de la bague ou du collecteur, l'humidité, la température, l'atmosphère, la vitesse périphérique, etc.

3.3 Lorsque les balais fonctionnent en courant continu, des différences de chute de tension simple au contact U_C sont généralement observées entre les balais d'entrée et de sortie.

3.3.1 Les termes balais «d'entrée» et «de sortie» sont définis dans les références 901 et 902 de la Publication 276 de la CEI, (voir figures 2 et 3).

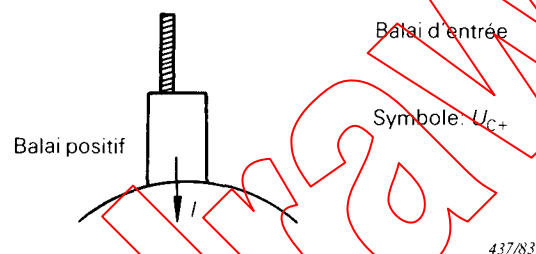


FIG. 2. - Collecteur (ou bague) négatif.

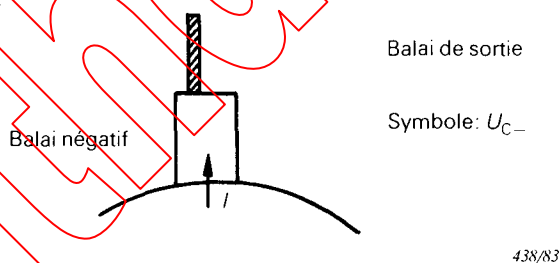


FIG. 3. - Collecteur (ou bague) positif.

3.3.2 Lorsque les balais fonctionnent en courant alternatif, ces différences entre les chutes de tension simples au contact n'existent pas. Le symbole pour la chute de tension simple au contact en courant alternatif doit être $U_{C\sim}$.

3.4 Mesure de la chute de tension au contact

3.4.1 Instruments pour mesurer la chute au contact en courant continu

Tout voltmètre à courant continu ayant une résistance interne d'au moins 1 000 Ω/V est convenable. Si un appareil à aiguille est utilisé, l'indication minimale ne doit pas se situer en dessous de 20% de l'échelle totale.

Un appareil dont la précision est de 2,5% (ou mieux) sera correct pour des mesures normales.

3.2 Brush contact drop (U_C)

The brush contact drop is an operating characteristic of a brush and is normally non-ohmic and is influenced by external factors as well as the brush material characteristics.

3.2.1 External factors

These include, for example, brush pressure, current density, the material and surface condition of the slip-ring or commutator, humidity, temperature, atmosphere, peripheral speed, etc.

3.3 When brushes carry direct current, a difference in contact drop voltage, U_C , may generally be observed between anodic and cathodic brushes and the slip-ring or commutator.

3.3.1 The terms “anodic” and “cathodic” brush are defined in References 901 and 902 of IEC Publication 276, (see Figures 2 and 3).

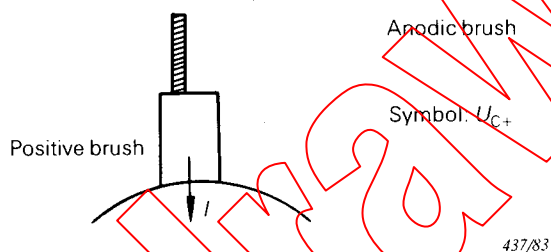


FIG. 2. – Commutator (or slip-ring) negative.

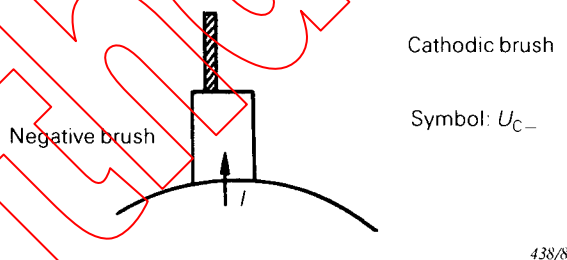


FIG. 3. – Commutator (or slip-ring) positive.

3.3.2 When brushes carry alternating current, these differences between contact drop voltages will not exist. The symbol for a.c. contact drop voltage shall be $U_{C\sim}$.

3.4 Measurement of contact drop voltage

3.4.1 Instruments for measuring d.c. contact drop voltage

Any d.c. voltmeter having an internal resistance of not less than $1\,000\ \Omega/V$ is suitable. If a pointer type instrument is used then the minimum indication shall be not less than 20% of full scale deflection.

For normal measurements, an instrument of 2.5% (or better) accuracy will be adequate.

3.4.2 En courant alternatif, la chute de tension simple au balai doit être mesurée avec un instrument capable de mesurer réellement la valeur efficace. De tels instruments sont:

- a) les appareils à thermocouple (voir paragraphe 2.2.10 de la Publication 51 de la CEI: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires);
- b) les appareils électrodynamiques (voir paragraphe 2.2.5 de la Publication 51 de la CEI);
- c) tout voltmètre électronique capable de mesurer réellement la valeur efficace.

L'impédance de l'appareil et sa précision doivent être conformes aux spécifications du paragraphe 3.4.1 ci-dessus.

Note. — Les multimètres du type à redresseur ne sont pas recommandés.

3.4.3 La tension au contact doit être mesurée au moyen d'électrodes de contact appliquées l'une au balai, l'autre à la partie tournante.

L'électrode de prise de tension qui est appliquée sur la partie tournante doit être construite de telle manière que son influence sur la valeur de la tension mesurée soit négligeable.

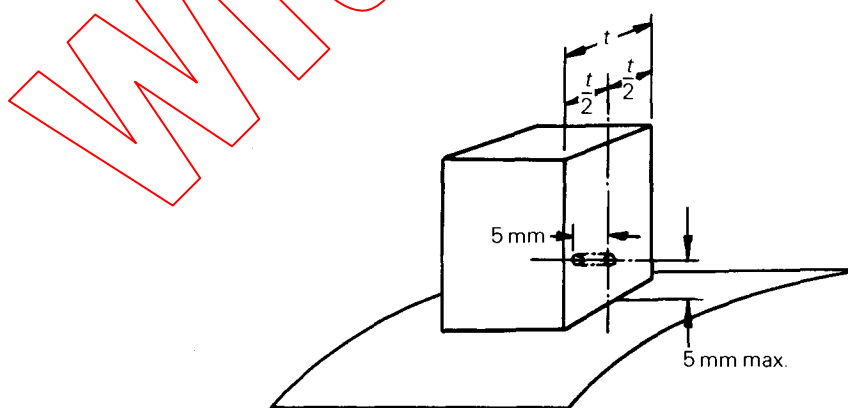
Il est possible de réaliser cette électrode de différentes manières. Par exemple:

- a) un petit balai métallographique frottant sur la partie tournante en dehors de la (ou des) piste(s) du (ou des) balai(s);
- b) un «balai» fait de fils fins de cuivre (câble de balai) appliqué de la même manière que le balai métallographique (voir point a) ci-dessus);
- c) un système de transmission au mercure.

Note. — Quel que soit le type d'électrodes utilisé, il est essentiel que le point d'application sur la partie tournante soit situé en dehors de la (ou des) piste(s) du (ou des) balai(s) d'essai.

Il est nécessaire que l'électrode de contact «balai» soit appliquée au balai de telle manière que son fonctionnement ne soit pas perturbé. L'électrode peut, par exemple, être fixée de manière permanente au balai ou au porte-balai de telle sorte que le contact soit établi avec le côté du balai ou puisse être appliqué à la main.

3.4.4 L'électrode de contact placée sur ou dans le balai ne doit pas se trouver à plus de 5 mm de la face frottante et être à la distance $\frac{t}{2}$ de l'arête du balai (voir figure 4).



439/83

FIGURE 4

Note. — Si, pour une matière dont la résistivité est élevée ($\rho \geq 100 \mu\Omega\text{m}$), une grande précision est demandée, une correction sur U_C doit être faite pour tenir compte de la chute de tension entre le point d'application de l'électrode et la face frottante.

3.4.2 A.C. contact drop voltage should be measured with an instrument capable of measuring true r.m.s. Such instruments are:

- a) thermocouple instruments (see Sub-clause 2.2.10 of IEC Publication 51: Recommendations for Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories);
- b) ironless electrodynamic instruments (see Sub-clause 2.2.5 of IEC Publication 51);
- c) any electronic instrument capable of measuring true r.m.s.

The internal impedance and accuracy shall be as specified in Sub-clause 3.4.1 above.

Note. — Rectifier type multimeters are not recommended.

3.4.3 The contact voltage shall be measured by means of contact probes; one connected to the brush and the other to the rotating part.

The voltage probe to be applied to the rotating part shall be so constructed that it will have negligible influence on the value of the measured voltage.

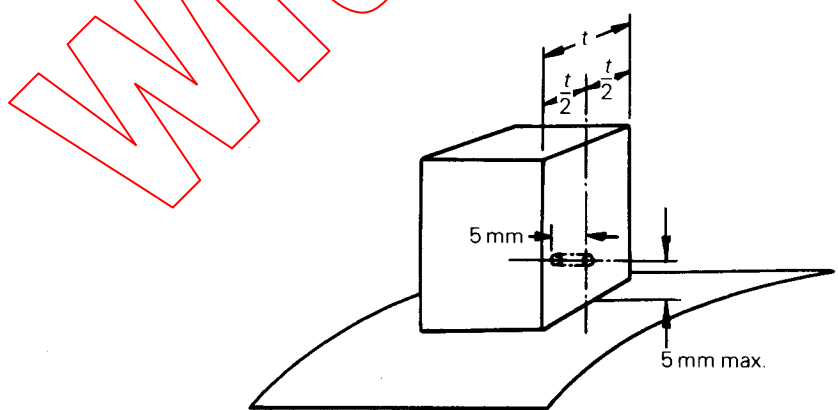
Various acceptable methods of making this probe are available, for example:

- a) a small metal-graphite brush running on the rotating part but clear of the test brush track(s).
- b) a “brush” made from fine copper wires (brush flexible) applied in the same way as the metal-graphite brush (see Item a) above),
- c) a mercury transmitting system.

Note. — Whichever type of probe electrode is used, it is essential that the point of application to the rotating part shall be clear of the test brush track(s).

The brush contact probe shall be applied to the brush so that no disturbance of the brush operation is caused. For example, the probe may be permanently attached to the brush or to the brush-holder in such a way that contact is made with the side of the brush, or may be applied by hand.

3.4.4 The location of the contact probe on or in the brush shall be at a point not more than 5 mm from the sliding contact surface and at a distance of $\frac{t}{2}$ (see Figure 4).



439/83

FIGURE 4

Note. — If great accuracy is required for high resistivity material, ($\rho \geq 100 \mu\Omega\text{m}$), a correction for U_C should be made to take account of the voltage drop between the probe location and the contact surface.

- 3.4.5 La chute de tension simple au contact peut être aussi calculée à partir de la chute de tension simple au balai, (voir référence 906 de la Publication 276 de la CEI et figure 1, page 10), par la formule suivante:

$$U_C = U_{\text{tot}} - (U_S + U_F + U_B)$$

La mesure de U_F est déterminée à l'aide de la méthode détaillée dans la section un de la Publication 467 de la CEI. Ou si, pour certaines raisons, deux balais sont utilisés, la chute de tension totale obtenue est:

$$U_{\text{TOT}} = U_{\text{tot}+} + U_{\text{tot}-}$$

- 3.4.6 Le même voltmètre et la même électrode de bague prévus pour mesurer U_C peuvent être utilisés pour la mesure de U_{tot} (chute de tension simple totale au balai), mais dans ce cas l'électrode balai doit être remplacée par une électrode pointue en acier inoxydable qui sera appliquée à la cosse du balai.

3.5 Mesure de $U_S + U_F + U_B$

- 3.5.1 Un millivoltmètre convenable (classe de précision 2,5% ou mieux) doit être utilisé pour cette mesure, la gamme de mesures étant choisie pour ne pas donner d'indication en dessous de 20% de l'échelle totale.

Le courant de mesure doit être le même que celui qui a été utilisé pour effectuer l'essai de chute de tension au contact et choisi à partir des gammes de courant données à l'article 7. L'effet de l'augmentation de température peut être négligé par suite des erreurs minimales qu'il occasionne.

- 3.5.2 Une des électrodes de tension doit être appliquée sur le corps du balai à 5 mm au-dessus de la face frottante comme spécifié au paragraphe 3.4.4. L'autre électrode pointue et en acier inoxydable doit être appliquée à la cosse du balai.

4. Mesure du coefficient de frottement

- 4.1 Le coefficient de frottement μ est une caractéristique de fonctionnement d'un balai qui est influencée par des facteurs extérieurs ainsi que par la matière du balai.

4.1.1 Facteurs extérieurs

Ils sont indiqués au paragraphe 3.2.1.

- 3.4.5 Alternatively, the brush contact drop may be calculated from the total single brush drop, (see Reference 906 of IEC Publication 276, and Figure 1, page 11), by the following formula:

$$U_C = U_{\text{tot}} - (U_S + U_F + U_B)$$

The measurement of U_F is determined by the method detailed in Section One of IEC Publication 467. If, for any reason, two brushes are used for the measurement the total contact drop is:

$$U_{\text{TOT}} = U_{\text{tot}+} + U_{\text{tot}-}$$

- 3.4.6 For the measurement of U_{tot} (total single brush drop) the same voltmeter and the same ring probe are used as for measuring U_C , but in this case the brush probe shall be replaced by a pointed stainless steel probe which is applied to the brush terminal.

3.5 Measurement of $U_S + U_F + U_B$

- 3.5.1 A suitable millivoltmeter (accuracy class 2.5% or better) shall be used for this measurement, the selected range to give an indication of not less than 20% full scale deflection.

The measuring current shall be the same as that used to conduct the contact drop test and selected from the range of currents given in Clause 7. In view of the negligible errors introduced the effect of temperature rise may be ignored.

- 3.5.2 One voltage probe is to be applied to the brush body 5 mm above the sliding surface as specified in Sub-clause 3.4.4. The other voltage probe, of pointed stainless steel, shall be applied to the brush terminal.

4. Measurement of coefficient of friction

- 4.1 The coefficient of friction μ is an operating characteristic of a brush influenced both by external factors and by brush material.

4.1.1 External factors

These are as indicated in Sub-clause 3.2.1.