

	DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.

ICS 29.120.70

Einsprüche bis 2008-06-30

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61810-2
(VDE 0435-120):2006-01**Entwurf****Elektromechanische Elementarrelais –
Teil 2: Funktionsfähigkeit (Zuverlässigkeit)
(IEC 94/270/CD:2008)**Electromechanical elementary relays –
Part 2: Reliability
(IEC 94/270/CD:2008)Relais électromécaniques élémentaires –
Partie 2: Fiabilité
(CEI 94/270/CD:2008)**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-04-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 67 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 94/270/CD:2008 „Electromechanical elementary relays – Part 2: Reliability“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD 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 94 „All-or-nothing electrical relays“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die 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. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 671 „Schaltrelais“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61810-2 (VDE 0435-120):2006-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme von numerischen und grafischen Methoden bei der Weibull-Analyse;
- b) vollständige Angleichung an die zweite Ausgabe der Grundnormen für die Funktionsfähigkeit IEC 61649;
- c) Aufteilung des früheren Anhangs A in einen normativen Anhang A für den Prüfaufbau und einen informativen Anhang D für besondere Lasten.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-191:1990 + A1:1999 + A2:2002	–	–
–	IEC 60050-444:2002	IEV Teil 444:2002-07	–
–	IEC 60300-3-5:2001	–	–
–	IEC 61649 ¹⁾	–	–
EN 61810-1:2004	IEC 61810-1:2003	DIN EN 61810-1 (VDE 0435-201):2004-07	VDE 0435-201
–	ISO 3534 (alle Teile)	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

IEV 191:2002-10, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 191: Zuverlässigkeit und Dienstgüte (Konsolidierte Fassung einschließlich Änderung 1 und Änderung 2); Identisch mit IEC 60050-191:1990-12 (Konsolidiert mit IEC 60050-191/A1:1999-03 und IEC 60050-191/A2:2002-01)*

IEV Teil 444:2002-07, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 444: Elementarrelais; Identisch mit IEC 60050-444:2002-01*

DIN EN 61810-1 (VDE 0435-201):2006-06, *Elektromechanische Elementarrelais (elektromechanische Schaltrelais ohne festgelegtes Zeitverhalten) – Teil 1: Allgemeine und sicherheitsgerichtete Anforderungen (IEC 61810-1:2003); Deutsche Fassung EN 61810-1:2004*

¹⁾ Dieser Norm-Entwurf bezieht sich auf die in Vorbereitung befindliche 2. Ausgabe.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

**Elektromechanische Elementarrelais –
Teil 2: Funktionsfähigkeit (Zuverlässigkeit)****Inhalt**

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Allgemeine Betrachtungen	9
5 Prüfbedingungen	10
5.1 Prüflinge	10
5.2 Umgebungsbedingungen	10
5.3 Betriebsbedingungen	10
5.4 Prüfeinrichtung	11
6 Ausfallkriterien	11
7 Ausgangsdaten	11
8 Auswertung der Ausgangsdaten	11
9 Darstellung von Maßgrößen der Funktionsfähigkeit	11
Anhang A (normativ) Prüfaufbau	13
A.1 Prüfschaltung	13
A.2 Beschreibung und Anforderungen	15
A.2.1 Stromquelle für die Erregung der Spule	15
A.2.2 Schaltgerät (zur Ansteuerung der Spule)	15
A.2.3 Stromquelle für die Kontaktlast(en)	15
A.2.4 Steuereinrichtung	16
A.2.5 Mess- und Anzeigeeinrichtung	16
A.3 Prinzipschaltbilder für die Prüfung	16
Anhang B (normativ) Datenauswertung	17
B.1 Einleitung	17
B.2 Abkürzungen	17
B.3 Symbole und Definitionen	17
B.4 Weibull-Verteilung	18
B.5 Verfahren	18
B.5.1 Grafische Methoden	18
B.5.1.1 Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagramm	18
B.5.1.2 Hazard-Diagramm	20
B.5.1.3 Schätzwerte von Verteilungsparametern und Kennwerten	21
B.5.1.4 Vermischung mehrerer Ausfallarten	21
B.5.2 Numerische Methoden	22
B.5.2.1 Verteilungsparameter	22
B.5.2.2 Kennwerte	22

	Seite
Anhang C (informativ) Beispiel für ein Diagramm einer kumulativen Hazard-Funktion	24
C.1 Verfahren mit dem kumulativen Hazard-Diagramm	24
C.1.1 Ordnen und Eintragen der Werte	24
C.1.2 Schätzung der Verteilungsparameter	26
C.1.3 Schätzung der Verteilungskennwerte	26
C.2 Anwendung des Beispiels auf die Daten einer Lebensdauerprüfung	26
C.2.1 Ordnen und Eintragen der Werte	26
C.2.2 Schätzung der Verteilungsparameter	29
C.2.3 Schätzung der Verteilungskennwerte	29
Anhang D (informativ) Besondere Lasten	30
D.1 Besondere Lasten für Telekommunikations- und Signalrelais	30
D.2 Besondere Lasten mit Einschaltstromstoß	30
Anhang E (normativ) Kategorien der Kontaktlast	34
E.1 Kontaktlastkategorie 0 (CC 0)	34
E.2 Kontaktlastkategorie 1 (CC 1)	34
E.3 Kontaktlastkategorie 2 (CC 2)	34
Bild A.1 – Übliche Prüfschaltung	13
Bild A.2 – Signalfussplan	14
Bild B.1 – Beispiel für ein Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz und ein Weibull-Hazard-Netz	20
Bild C.1 – Eintragen der Punkte und Zeichnen einer Gerade	25
Bild C.2 – Schätzung der Verteilungsparameter	26
Bild C.3 – Diagramme einer kumulativen Hazard-Funktion	28
Bild D.1 – Stromkreis für die Kabellast	30
Bild D.2 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen (z. B. kapazitive Lasten und simulierte Lasten einer Wolframdrahtlampe) – Wechselstromkreise	31
Bild D.3 – Beispiel für die Prüfung mit einer Wolframdrahtlampe für Relais mit den Bemessungswerten 10/100 A/250 V~/2,5 ms	32
Bild D.4 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen (z. B. kapazitive Lasten und simulierte Lampenlasten) – Gleichstromkreise	32
Bild D.5 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen (z. B. simulierte Leuchtstofflampen-Lasten) mit Korrektur des Leistungsfaktors	33
Bild E.1 – Kontaktlastkategorien	34
Tabelle A.1 – Kennwerte der Stromquellen für Kontaktlasten	14
Tabelle A.2 – Kennwerte der Normkontaktlast	15
Tabelle C.1 – Tabellenblatt zur kumulativen Hazard-Auswertung	24
Tabelle C.2 – Beispiel für ein Tabellenblatt	27

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Einleitung

Innerhalb der Normenreihe IEC 61810, die Grundnormen für elektromechanische Elementarrelais umfasst, enthält IEC 61810-2 Anforderungen und Prüfungen zur Bewertung der Funktionsfähigkeit von Relais. Sämtliche Angaben in Bezug auf Lebensdauerprüfungen im Rahmen einer Typprüfung sind in IEC 61810-1 enthalten.

Vor kurzem hat das für Zuverlässigkeit zuständige Technische Komitee (TC 56) eine neue Ausgabe von IEC 61649 vorgelegt, die Weibull-verteilte Prüfdaten behandelt. Diese zweite Ausgabe enthält sowohl numerische als auch grafische Methoden zur Auswertung Weibull-verteilter Daten.

Aufbauend auf dieser Grundnorm für die Funktionsfähigkeit wurde IEC 61810-2 erarbeitet. Die vorliegende Norm umfasst Prüfbedingungen und ein Auswertungsverfahren, um aussagekräftige Maßgrößen für die Funktionsfähigkeit elektromechanischer Elementarrelais zu ermitteln. Die Lebensdauer der Relais als nicht instanzzusetzende Einheiten wird hauptsächlich von der Anzahl der Schaltspiele bestimmt. Aus diesem Grund wird die Funktionsfähigkeit als mittlere Schaltspiele bis zum Ausfall (MCTF) angegeben.

Im Allgemeinen wird die Funktionsfähigkeit von Geräten aus Werten für die mittlere Dauer bis zum Ausfall (MTTF) berechnet. Mit der Kenntnis der Schalthäufigkeit des Relais innerhalb eines Geräts ist es möglich, den effektiven MTTF-Wert für das Relais in dieser Anwendung zu berechnen.

Solche berechneten MTTF-Werte für Relais können verwendet werden, um die jeweiligen Werte für die Funktionsfähigkeit, die Ausfallwahrscheinlichkeit und die Verfügbarkeit (z. B. mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTBF)) von Geräten, in denen diese Relais eingebaut sind, zu berechnen.

Die MCTF-Werte können auch als Grundlage für vergleichende Bewertungen zwischen Relais verschiedener Bauformen oder Konstruktionen sowie als ein Hinweis auf die Produktzuverlässigkeit unter bestimmten Bedingungen benutzt werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61810 enthält Prüfbedingungen und Vorgaben für die Auswertung von Lebensdauerprüfungen mit geeigneten statistischen Verfahren zur Ermittlung von Kennwerten der Funktionsfähigkeit von Relais.

Diese Norm gilt für elektromechanische Elementarrelais, die als nicht instanzzusetzende Einheiten (d. h. Einheiten, die nach einem Ausfall nicht instandgesetzt werden) betrachtet werden, immer wenn eine zufällige Stichprobe von Einheiten einer Prüfung der Schaltspiele bis zum Ausfall (CTF) unterzogen wird.

Die Lebensdauer eines Relais wird üblicherweise in der Anzahl von Schaltspielen angegeben. Immer wenn in der Grundnorm IEC 61649 der Begriff „Zeit“ bzw. „Dauer“ verwendet wird, ist dieser Begriff folglich als Angabe von „Schaltspielen“ zu verstehen. Jedoch kann die Zahl von Schaltspielen in entsprechende Zeiten umgerechnet werden (z. B. Dauer bis zum Ausfall (TTF)), wenn eine bestimmte Schalthäufigkeit vorgegeben ist.

In der vorliegenden Norm sind die Ausfallkriterien und die sich daraus ergebenden Kenngrößen von Elementarrelais festgelegt, die deren Funktionsfähigkeit im üblichen Gebrauch beschreiben. Ein Relaisausfall tritt ein, wenn die Ausfallkriterien erfüllt sind.

Da die Ausfallrate für Elementarrelais besonders aufgrund von Abnutzungsmechanismen nicht als konstant angenommen werden kann, weisen die Dauern bis zum Ausfall von geprüften Einheiten typischerweise eine Weibull-Verteilung auf. Diese Norm stellt sowohl numerische als auch grafische Methoden zur Verfügung, mit deren Hilfe Näherungswerte für die zweiparametrische Weibull-Verteilung sowie untere Vertrauensgrenzen berechnet werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 60050-191, 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*.

IEC 60050-444, 2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 444: Elementary relays*

IEC 60300-3-5, 2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

IEC 61649, 2008, *Weibull analysis*

IEC 61810-1, 2003, *Electromechanical elementary relays – Part 1: General and safety requirements*

ISO 3534 (alle Teile), *Statistics – Vocabulary and symbols*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-191 und IEC 60050-444, von denen einige nachfolgend wiedergegeben sind, und die folgenden Begriffe.

3.1

Einheit

Bauelement, das für sich allein betrachtet werden kann

[IEV 191-01-01, modifiziert]

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm sind Einheiten gleich Elementarrelais.

3.2

nicht instanzzusetzende Einheit

Einheit, die nach einem Ausfall nicht instand gesetzt wird

[IEV 191-01-03, modifiziert]

3.3

Schaltspiel

Ansprechen und nachfolgendes Rückfallen bzw. Rückwerfen

[IEV 444-02-11]

3.4

Schalhäufigkeit

Quotient Anzahl der Schaltspiele durch Dauer

[IEV 444-02-12]

3.5

Funktionsfähigkeit

Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion unter gegebenen Bedingungen für eine gegebene Anzahl von Schaltspielen oder ein gegebenes Zeitintervall zu erfüllen

[IEV 191-02-06]

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen wird angenommen, dass die Einheit zu Beginn des Zeitintervalls in der Lage ist, diese geforderte Funktion zu erfüllen.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

ANMERKUNG 2 Im Englischen wird „reliability“ auch als Maß für die Überlebenswahrscheinlichkeit verwendet (siehe IEC 61810-2-1).

3.6

Prüfung der Funktionsfähigkeit

Experiment, das durchgeführt wird, um eine Maßgröße der Funktionsfähigkeit oder eine Eigenschaft einer Einheit zu messen, zu quantifizieren oder zu klassifizieren

[IEC 60300-3-5, 3.1.27]

3.7

Lebensdauerprüfung

Prüfung zum Zweck der Abschätzung, des Nachweises oder des Vergleichs der Lebensdauer der geprüften Klasse von Einheiten

[IEC 60300-3-5, 3.1.17]

3.8

Schaltspiele bis zum Ausfall

CTF (en: cycles to failure)

akkumulierte Anzahl der Schaltspiele einer Einheit ab dem Zeitpunkt der ersten Inbetriebnahme bis zum Ausfall

3.9

mittlere Schaltspiele bis zum Ausfall

MCTF (en: mean cycles to failure)

Erwartungswert der Verteilung der Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall

3.10

Dauer bis zum Ausfall

TTF (en: time to failure)

akkumulierte Dauer der Betriebszeiten einer Einheit ab dem Zeitpunkt der ersten Inbetriebnahme bis zum Ausfall

[IEV 191-10-02, modifiziert]

3.11

mittlere Dauer bis zum Ausfall

MTTF (en: mean time to failure)

Erwartungswert der Verteilung der Dauern bis zum Ausfall

[IEV 191-12-07]

3.12

Brauchbarkeitszeit (nutzbare Lebensdauer)

Anzahl der Schaltspiele oder Dauer, bis ein bestimmter Prozentsatz der Einheiten ausgefallen ist

ANMERKUNG In dieser Norm ist ein Prozentsatz von 10 % festgelegt.

3.13

Ausfall

Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen

[IEV 191-04-01, modifiziert]

3.14

Fehlzustand

einzelnes Ereignis, wenn eine Einheit eine geforderte Funktion nicht erfüllt

3.15

Kontaktausfall

Auftreten von Kontaktfehlzuständen, verursacht durch Schließ- und/oder Öffnungsversagen eines in Prüfung befindlichen Kontakts, wobei eine festgelegte Zahl überschritten wird

3.16

Ausfallkriterien

Satz von Regeln um zu entscheiden, ob ein beobachtetes Ereignis einen Ausfall darstellt

[IEC 60300-3-5, 3.1.10]

3.17

Kontaktkategorie

Klassifizierung von Relaiskontakten in Abhängigkeit von den Abnutzungsmechanismen

ANMERKUNG Im Anhang D sind verschiedene Kontaktkategorien definiert.

4 Allgemeine Betrachtungen

Die Festlegungen dieses Teils der IEC 61810 beruhen auf den einschlägigen Publikationen über die Zuverlässigkeit. Insbesondere folgende Schriftstücke sind berücksichtigt worden: IEC 60050-191, IEC 60300-3-5 und IEC 61649.

Das Ziel der Prüfung der Funktionsfähigkeit nach dieser Norm ist es, objektive und reproduzierbare Leistungsdaten zur Funktionsfähigkeit von Elementarrelais zu ermitteln, die repräsentativ für die normale Fertigungsqualität sind. Die beschriebenen Prüfungen und die zugehörigen statistischen Verfahren zur Ermittlung von Maßgrößen der Funktionsfähigkeit aus den Prüfergebnissen können zur Abschätzung solcher Maßgrößen, aber auch für den Nachweis angegebener Maßgrößen verwendet werden.

In Übereinstimmung mit den Abschnitten 8 und 9 der IEC 60300-3-5 ist das Weibull-Verfahren das am besten geeignete statistische Mittel zur Bestimmung von Maßgrößen der Funktionsfähigkeit für nicht instandzusetzende Einheiten, die keine konstante Ausfallrate aufweisen. Dieses Auswertungsverfahren ist in IEC 61649 beschrieben.

Im Rahmen des Anwendungsbereichs dieser Norm werden Elementarrelais als nicht instandzusetzende Einheiten betrachtet. Sie zeigen üblicherweise keine konstante Ausfallrate, sondern eine mit der Zeit ansteigende Ausfallrate, da sie solange geprüft werden, bis Abnutzungsmechanismen vorherrschen. Die Schaltspiele bis zum Ausfall einer zufälligen Stichprobe von geprüften Einheiten weisen typischerweise eine Weibull-Verteilung auf.

Die statistischen Verfahren nach dieser Norm gelten nur, wenn mindestens 10 relevante Ausfälle erfasst werden.

Der erste Schritt der Auswertung der aufgezeichneten Schaltspiele bis zum Ausfall (CTF) der geprüften Relais ist die Bestimmung der zwei Verteilungsparameter der Weibull-Verteilung. In einem zweiten Schritt werden die mittleren Schaltspiele bis zum Ausfall (MCTF) als eine Punktschätzung berechnet. In einem dritten Schritt wird die Brauchbarkeitszeit als untere Vertrauensgrenze der Anzahl der Schaltspiele ermittelt, bis 10 % der Grundgesamtheit der Relais ausgefallen sind (B_{10}).

Bei einer gegebenen Schalthäufigkeit kann die in Anzahl der Schaltspiele (MCTF) ausgedrückte Funktionalität in entsprechende Zeiten umgerechnet werden (MTTF), ein Beispiel dafür ist im Anhang C angegeben.

Die statistischen Verfahren benötigen geeignete Rechenmittel. Auf dem Markt ist kommerzielle Software für die Auswertung von Weibull-verteilten Daten erhältlich. Derartige Software darf für die Zwecke dieser Norm verwendet werden, vorausgesetzt, sie liefert äquivalente Ergebnisse, wenn die Daten aus Anhang C verwendet werden.

Da die Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall stark vom jeweiligen Satz von Prüfbedingungen (insbesondere den elektrischen Kontaktlasten des Relais) abhängt, gelten aus Prüfungen ermittelte Werte für MCTF und die Brauchbarkeitszeit nur für diesen Satz von Prüfbedingungen, der vom Hersteller zusammen mit den Maßzahlen der Funktionsfähigkeit angegeben werden muss.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

5 Prüfbedingungen

5.1 Prüflinge

Da mindestens 10 Ausfälle registriert werden müssen, um die in dieser Norm beschriebene Auswertung durchzuführen, sollten 10 oder mehr Einheiten (Relais) der Prüfung unterzogen werden. Dies ermöglicht es, die Prüfung abzubrechen, wenn mindestens 10 Relais ausgefallen sind.

Die Einheiten müssen zufällig aus demselben Fertigungslos ausgewählt werden und aus Relais gleichen Typs und gleicher Konstruktion bestehen. Ab dem Zeitpunkt der Auswahl der Prüflinge bis zum Beginn der Prüfung dürfen die Prüflinge keiner Behandlung unterzogen werden.

Wenn der Hersteller vor der Zusammenstellung der Stichprobe ein bestimmtes Einbrennverfahren (Burn-in) oder eine beanspruchende Sortierprüfung (Stress screening) durchführt, muss dies für die gesamte Fertigung gelten. Der Hersteller muss derartige Verfahren beschreiben und zusammen mit den Prüfergebnissen angeben.

Wenn nicht anders vom Hersteller festgelegt, müssen alle Kontakte jedes zu prüfenden Relais wie angegeben belastet und während der Prüfung ständig überwacht werden.

Die Prüfung beginnt mit allen Einheiten und wird bei einer gewissen Zahl von Schaltspielen beendet. Zu diesem Zeitpunkt ist eine bestimmte Anzahl von Einheiten (mindestens 10 Einheiten) ausgefallen. Die Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall jeder ausgefallenen Einheit muss aufgezeichnet werden.

Während der Prüfung ausgefallene Einheiten werden nach ihrem Ausfall nicht ersetzt.

5.2 Umgebungsbedingungen

Die Prüfumgebung muss für alle Einheiten gleich sein:

- Die Einheiten müssen so befestigt werden, wie für den üblichen Gebrauch vorgesehen; insbesondere werden Relais für den Einbau in gedruckte Schaltungen in horizontaler Lage geprüft, wenn nicht anders vorgegeben.
- Die Umgebungstemperatur muss wie vom Hersteller angegeben sein.
- Alle anderen Einflussgrößen müssen den Werten und Toleranzbereichen nach Tabelle 1 der IEC 61810-1 entsprechen, wenn nicht anders angegeben.

5.3 Betriebsbedingungen

Der Satz von Betriebsbedingungen

- Spulen-Bemessungsspannung(en),
- Unterdrückungsschaltung der Spule (wenn vorhanden),
- Schalthäufigkeit,
- relative Einschaltdauer,
- Kontaktlast(en),
- Kontaktlastkategorie nach Anhang E

muss wie vom Hersteller angegeben sein.

Empfohlene Werte sollten aus den Werten ausgewählt werden, die in Abschnitt 5 der IEC 61810-1 angegeben sind.

Die Prüfung wird mit jeder Kontaktlast und jedem Kontaktwerkstoff durchgeführt, wie vom Hersteller angegeben.

Alle vorgegebenen Einrichtungen (z. B. Schutz- oder Unterdrückungsschaltungen), die gegebenenfalls Teil des Relais sind oder vom Hersteller als nötig für bestimmte Kontaktlasten angegeben sind, sollten während der Prüfung betrieben werden.

Die Kontakte müssen ständig überwacht werden, um Fehlzustände durch Öffnungs- oder Schließversagen ebenso wie unbeabsichtigte Überbrückung (gleichzeitiges Schließen des Öffner- und Schließerteils eines Wechselkontakts) zu erfassen.

Die Kontakte werden mit der Last (den Lasten) in Übereinstimmung mit Tabelle 11 der IEC 61810-1 verbunden, wie vom Hersteller festgelegt und angegeben.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die gleichen Betriebsbedingungen zu wählen, wie für die Prüfung der elektrischen Lebensdauer nach Abschnitt 11 der IEC 61810-1.

5.4 Prüfeinrichtung

Die im Anhang A beschriebene Prüfschaltung ist zu verwenden, wenn vom Hersteller nicht anders festgelegt und ausdrücklich im Prüfbericht angegeben.

6 Ausfallkriterien

Immer wenn ein beliebiger Kontakt eines Relais während der Prüfung ein Öffnungs- oder Schließversagen oder unbeabsichtigte Überbrückung aufweist, muss dieses als ein Fehlzustand betrachtet werden.

Drei Schärfegrade sind festgelegt:

- Schärfegrad A: der erste erfasste Fehlzustand wird als Ausfall gewertet;
- Schärfegrad B: der sechste erfasste Fehlzustand oder zwei aufeinander folgende Fehlzustände werden als Ausfall gewertet;
- Schärfegrad C: wie vom Hersteller angegeben.

Der für die Prüfung verwendete Schärfegrad ist vom Hersteller anzugeben und im Prüfbericht zu verzeichnen.

7 Ausgangsdaten

Die auszuwertenden Daten bestehen aus den Schaltspielen bis zum Ausfall (CTF) jeder geprüften Einheit. Diese CTF-Werte müssen genau bekannt sein. Allerdings ist es nicht notwendig, die CTF-Werte für alle geprüften Einheiten zu erfassen, da die Prüfung beendet werden kann, bevor alle Einheiten ausgefallen sind, vorausgesetzt, mindestens 10 CTF-Werte von unterschiedlichen ausgefallenen Einheiten sind verfügbar.

8 Auswertung der Ausgangsdaten

Die Auswertung der während der Prüfung erhaltenen CTF-Werte muss in Übereinstimmung mit den Verfahren gemäß Anhang B durchgeführt werden.

9 Darstellung von Maßgrößen der Funktionsfähigkeit

Es sind die für Elementarrelais zutreffenden grundlegenden Maßgrößen der Funktionsfähigkeit, wie sie in dieser Norm beschrieben sind und bei der Auswertung der Daten erhalten werden, anzugeben.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Da jedoch die für diese Maßgrößen der Funktionsfähigkeit mit den Verfahren von Anhang B ermittelten Werte stark von den grundlegenden Konstruktionsmerkmalen des Relais, den Prüfbedingungen nach Abschnitt 5 sowie den Ausfallkriterien nach Abschnitt 6 abhängen, müssen zusammen mit den Prüfergebnissen außerdem die folgenden Informationen angegeben werden:

- Relaisstyp, für den die Ergebnisse gelten:
 - a) Kontaktwerkstoff;
 - b) Abweichungen von Normtypen (falls vorhanden);
 - c) Art der Anschlüsse;
- Satz der Betriebsbedingungen (siehe 5.3):
 - a) Spulen-Bemessungsspannung(en);
 - b) Unterdrückungsschaltung der Spule (wenn vorhanden);
 - c) Schalthäufigkeit;
 - d) relative Einschaltdauer;
 - e) Kontaktlast(en);
 - f) Umgebungsbedingungen;
- gewähltes Prüfschaltbild (siehe A.3 oder Einzelheiten der Prüfschaltung, falls abweichend von der in A.1 beschriebenen Schaltung);
- Schärfegrad (siehe Abschnitt 6).

Außerdem müssen im Prüfbericht grundlegende Prüfdaten und die zugehörige Auswertung (siehe Anhang B) enthalten sein:

- Anzahl der geprüften Einheiten (n);
- Anzahl der ausgefallenen Einheiten (r), die während der Prüfung erfasst wurden (mindestens 10);
- Zeitpunkt (angegeben in Anzahl von Schaltspielen) der Beendigung der Prüfung (T);
- Vertrauensniveau, falls abweichend von 90 %.

Die Prüfergebnisse gelten für die geprüften Muster und für Varianten wie vom Hersteller festgelegt, vorausgesetzt, die maßgeblichen Konstruktionsmerkmale bleiben unverändert.

ANMERKUNG Zulässige Beispiele dafür sind Spulenvarianten mit der gleichen Zahl von Amperewindungen. Unzulässige Beispiele sind Varianten mit Wechselstrom- statt Gleichstromspulen oder mit unterschiedlicher Kontaktdynamik.

Wenn Prüfergebnisse für verschiedene Betriebsbedingungen (z. B. Kontaktlasten) verfügbar sind, dürfen sie in Form von Kurvenscharen oder in geeigneter Tabellenform zusammengestellt werden. Bei der Darstellung derartiger Kurven muss jedoch sichergestellt sein, dass eine ausreichende Zahl von Messpunkten ermittelt worden ist.

Anhang A (normativ)

Prüfaufbau

A.1 Prüfschaltung

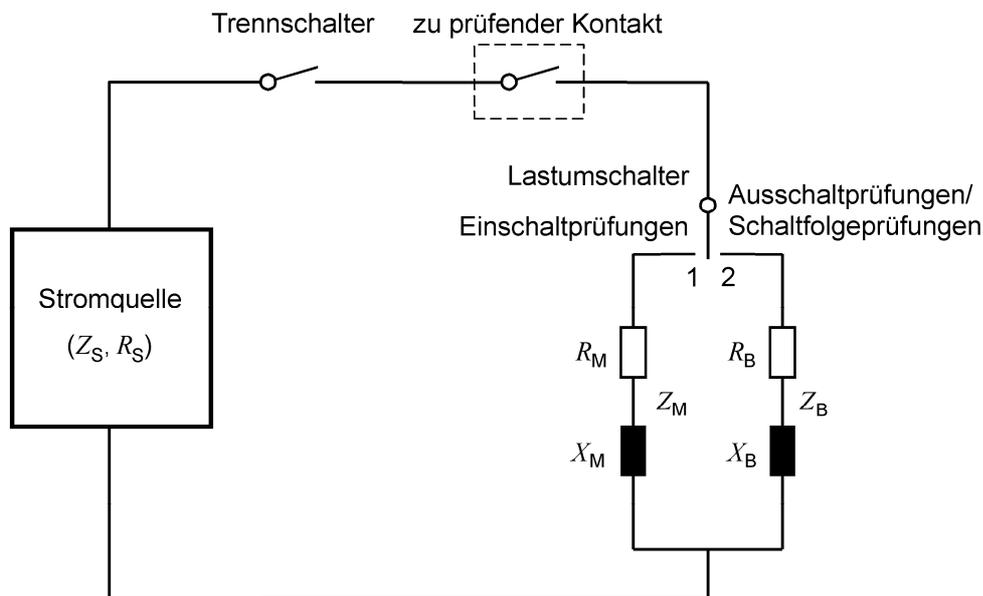
In Bild A.1 ist eine verallgemeinerte Prüfschaltung angegeben und in Bild A.2 ein Signalfussplan.

ANMERKUNG Die Reihenfolge der Anordnung des Trennschalters, des Lastumschalters und des zu prüfenden Kontakts ist in geeigneter Weise entsprechend den angegebenen Prüfbedingungen zu bestimmen.

Wenn nicht anders festgelegt, gelten die Kennwerte aus den Tabellen A.1 und A.2.

Es gelten die Prüfbedingungen nach Abschnitt 5.

Der Wert für den Strom muss als im Kontaktkreis fließender Dauerstrom (Effektivwert für Wechselstrom) angegeben werden.



Kontaktkategorien 0 und 1

$Z_S < 0,02 Z_{M, B}$ (Wechselspannung)

$R_S < 0,02 R_{M, B}$ (Gleichspannung)

Kontaktkategorie 2

$Z_S < 0,05 Z_{M, B}$ (Wechselspannung)

$R_S < 0,05 R_{M, B}$ (Gleichspannung)

Normlastwerte und Grenzabweichungen für L/R und $\cos \varphi$: siehe Tabelle A.2.

Lastumschalter, Stellung 1: Prüfung des Einschaltvermögens, wenn eine andere Last (Einschaltstromspitze) verwendet wird

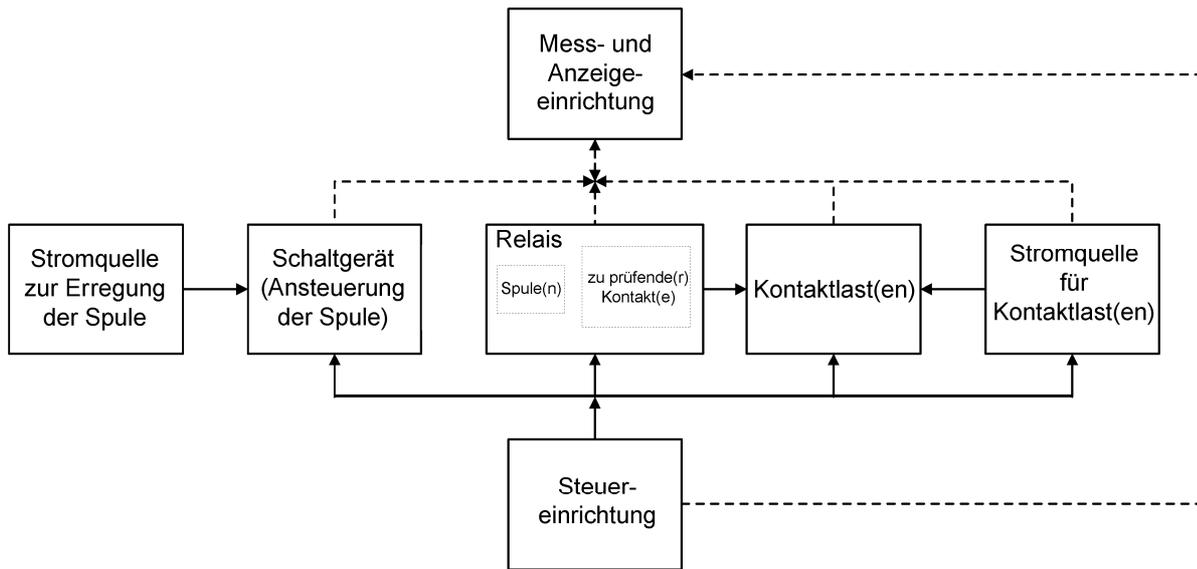
Lastumschalter, Stellung 2: Prüfung des (kombinierten) Ein-/Ausschaltvermögens mit derselben Last

Trennschalter: Zum Ein-/Ausschalten des Laststromkreises unabhängig vom zu prüfenden Kontakt.

Bild A.1 – Übliche Prüfschaltung

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



ANMERKUNG Die zu prüfenden Relais sind mit allen vorhandenen Unterdrückungs- und/oder Anzeigeeinrichtungen zu prüfen.

Bild A.2 – Signalflussplan

Tabelle A.1 – Kennwerte der Stromquellen für Kontaktlasten

Kennwert	Normwerte Stromversorgung	Kontaktlastkategorien (siehe Anhang E)	Grenzabweichungen	Anmerkungen
Spannung	Vorzugswerte und andere festgelegte Werte	CC 0 und CC 1	± 2 %	Spannung über der Last einschließlich über dem geschlossenen Kontakt
		CC 2	± 5 %	
Strom	Vorzugswerte und andere festgelegte Werte	CC 0 und CC 1	± 5 %	
		CC 2	Mindestens der Bemessungswert des Prüfstroms	Transiente Ströme wie für die Prüfung erforderlich müssen bereitgestellt werden
Frequenz	Genormte Bemessungswerte	CC 0 ... CC 2	± 2 %	Siehe Tabelle 1 in IEC 61810-1
Schwingungsform	Sinusförmig	CC 0 ... CC 2	Klirrfaktor maximal 5 %	Siehe Tabelle 1 in IEC 61810-1
Wechselanteil im Gleichstrom (Welligkeit)	0	CC 0 ... CC 2	Maximal 6 %	Siehe Tabelle 1 in IEC 61810-1
Gleichanteil im Wechselstrom	0	CC 0 ... CC 2	Maximal 2 % des Scheitelwerts	Siehe Tabelle 1 in IEC 61810-1

Tabelle A.2 – Kennwerte der Normkontaktlast

Lastkennwert	Normwerte		Kontaktlastkategorien (siehe Anhang D)	Grenzabweichungen	Anmerkungen
	Gleichstromversorgung	Wechselstromversorgung			
Last CC 0 ($\leq 30 \text{ mV} / \leq 10 \text{ mA}$)	$L/R \leq 10^{-7} \text{ s}$	$\cos \varphi \geq 0,95$	CC 0 ... CC 2		L ist die unvermeidbare Eigeninduktivität des Stromkreises
Ohmsche Last	$L/R \leq 10^{-7} \text{ s}$		CC 0 und CC 1		
	$L/R \leq 10^{-6} \text{ s}$		CC 2		
		$\cos \varphi \geq 0,95$	CC 0 ... CC 2		
Induktive Last	$L/R = 0,005 \text{ s}$		CC 0 und CC 1	$\pm 15 \%$	
	$L/R = 0,040 \text{ s}$		CC 2		
		$\cos \varphi = 0,4$	CC 0 ... CC 2	$\pm 0,1$	

ANMERKUNG Für induktive Lasten dürfen von den Normwerten abweichende Werte verwendet werden, wenn es vom Hersteller angegeben ist. Jedoch müssen die Grenzabweichungen wie in dieser Tabelle angegeben sein.

A.2 Beschreibung und Anforderungen

A.2.1 Stromquelle für die Erregung der Spule

Die Stromquelle für die Erregung der Relaispule(n) umfasst die Stromversorgung einschließlich der zugehörigen Mittel zur Stabilisierung innerhalb der vorgegebenen Spannungsgrenzen und Impedanzen ebenso wie Sicherheitsanordnungen wie z. B. Sicherungen.

Die Quelle muss die Bemessungswerte der Spulenspannung mit einer Grenzabweichung von $\pm 5 \%$ im eingeschwungenen Zustand liefern. Die Hüllkurve der Eingangsspannung muss rechteckig sein.

Die Quelle und falls erforderlich ihre Polarität müssen von außen regelbar sein.

A.2.2 Schaltgerät (zur Ansteuerung der Spule)

Dies ist eine Schaltung, um die verschiedenen Schaltvorgänge während eines Prüfzyklus auszuführen, einschließlich der Zuleitungen zu den zu prüfenden Relais, die auch in der Lage ist, die Polarität der Zuleitungen zu bistabilen Relais umzuschalten.

Dieses Gerät muss die Bemessungswerte der Spulenspannung ohne Beeinflussung der angegebenen Grenzabweichungen verarbeiten können.

A.2.3 Stromquelle für die Kontaktlast(en)

Die Stromquelle zur Versorgung des Lastkreises (der Lastkreise) umfasst die Stromversorgung einschließlich der zugehörigen Mittel zur Stabilisierung innerhalb der vorgegebenen Spannungs- und Impedanzgrenzen ebenso wie Sicherheitsanordnungen wie z. B. Sicherungen.

Die Anforderungen an die Impedanz und den Widerstand der Quelle sind in Bild A.1 angegeben. Die Grenzabweichung der Stromversorgung muss mit Tabelle A.1 übereinstimmen.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

A.2.4 Steuereinrichtung

Dies ist das Gerät, das Befehle erzeugt, um eine festgelegte Prüfabfolge ablaufen zu lassen, indem die Synchronisierung und der Fluss der Steuerbefehle (z. B. Start, Messung, Stopp) geregelt wird.

A.2.5 Mess- und Anzeigeeinrichtung

Mit diesem Gerät wird abhängig von der vom Steuergerät erzeugten Signalform das Ein- und Ausschalten der Relaiskontakte bei jedem Schaltspiel erfasst. Jedes Mal, wenn die beabsichtigte Funktion nicht ausgeführt wird, muss dies angezeigt und aufgezeichnet werden. Dieses Gerät darf keinen nennenswerten Einfluss auf das Ergebnis der Prüfung haben.

A.3 Prinzipschaltbilder für die Prüfung

Prinzipschaltbilder für die Prüfung müssen aus Tabelle 13 der IEC 61810-1 ausgewählt werden, wenn nicht anders vorgegeben.

Anhang B (normativ)

Datenauswertung

B.1 Einleitung

Dieser Anhang wurde aus der Norm für die Funktionsfähigkeit IEC 61649, 2. Ausgabe, abgeleitet, wobei bestimmte Modifikationen notwendig waren, um die Verfahren an Elementarrelais anzupassen. Die in der Norm für die Funktionsfähigkeit betrachtete Verteilung ist die Weibull-Verteilung, die empirisch für eine Datenauswertung für Elementarrelais als geeignet angesehen wird.

In IEC 61649 werden das grafische sowie das numerische Verfahren behandelt. Außerdem wurde bei der grafischen Methode nicht nur die Weibull-Wahrscheinlichkeitsanalyse sondern auch die Weibull-Hazard-Analyse aufgegriffen. Dabei werden die Weibull-Hazard- und die Weibull-Wahrscheinlichkeitsanalyse auf vollständige bzw. unvollständige Daten angewendet. Die letztgenannte Vorgehensweise ist für die Auswertung der Funktionsfähigkeit von Relais besonders sinnvoll, weil viele bei Lebensdauerprüfungen ermittelte Datensätze unvollständig sind.

ANMERKUNG Unvollständige Daten sind die Datensätze, die bei Prüfungen entweder nach einer bestimmten Anzahl von Ausfällen oder nach einer bestimmten Anzahl von Schaltspielen ermittelt werden, wenn noch Einheiten funktionsfähig sind, während vollständige Daten Datensätze ohne Zensorisierung sind.

Dieser Anhang behandelt in Übereinstimmung mit den Festlegungen in IEC 61649 das Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagramm und das Weibull-Hazard-Diagramm für die grafische Methode und die Wahrscheinlichkeitsmaximumschätzung (maximum likelihood estimation, MLE) für die numerische Methode.

Im Fall von Relais ist der Begriff „Zeit“ als „Schaltspiele“ zu verstehen. Jedoch können bei einer vorgegebenen Schalthäufigkeit die in der Anzahl der Schaltspiele angegebenen Werte in entsprechende Zeiten umgerechnet werden.

Die folgenden Symbole und Gleichungen werden in Übereinstimmung mit IEC 61649 wiedergegeben.

B.2 Abkürzungen

CDF	kumulative Verteilungsfunktion (cumulative distribution function)
MRR	Median-Rangregression (median rank regression)
MLE	Wahrscheinlichkeitsmaximumschätzung (maximum likelihood estimation)
MCTF	mittlere Schaltspiele bis zum Ausfall (mean cycles to failure)

B.3 Symbole und Definitionen

Die nachfolgenden Symbole werden in diesem Anhang B und im Anhang C verwendet. Hilfskonstanten und -funktionen sind im Text definiert.

$f(c)$	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
$F(c)$	kumulative Verteilungsfunktion
$h(c)$	Hazard-Funktion
$H(c)$	kumulative Hazard-Funktion
$R(c)$	Überlebensfunktion der Weibull-Verteilung
B_{10}	Erwartungswert der Zeit, zu der 10 % der Grundgesamtheit ausgefallen sein werden (10%-Fraktile der Lebensdauer)
c	Schaltspiel – veränderlich

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

\hat{m}	mittlere Schaltspiele bis zum Ausfall
β	Formparameter der Weibull-Verteilung
η	charakteristische Lebensdauer oder Skalenparameter der Weibull-Verteilung
σ	Standardabweichung

B.4 Weibull-Verteilung

Nachfolgend sind die Grundgleichungen der Weibull-Verteilung definiert.

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Weibull-Verteilung ist:

$$f(c) = \beta \cdot \frac{c^{\beta-1}}{\eta^\beta} \cdot e^{-\left(\frac{c}{\eta}\right)^\beta} \quad [1]$$

Die kumulative Verteilungsfunktion (CDF) oder der erwartete Bruchteil, der beim Schaltspiel c ausfällt, ist:

$$F(c) = 1 - e^{-(c/\eta)^\beta} \quad [2]$$

Die Überlebensfunktion $R(c)$ beim Schaltspiel c ist:

$$R(c) = 1 - F(c) = e^{-(c/\eta)^\beta} \quad [3]$$

Die Hazard-Funktion $h(c)$ ist:

$$h(c) = \beta \cdot \frac{c^{\beta-1}}{\eta^\beta} \quad [4]$$

Die kumulative Hazard-Funktion $H(c)$ ist:

$$H(c) = \left(\frac{c}{\eta}\right)^\beta \quad [5]$$

B.5 Verfahren

B.5.1 Grafische Methoden

Grafische Methoden sind relativ unkompliziert und beruhen auf verfügbaren Daten vermischter Ausfallarten. Dieser Abschnitt enthält die Grundlagen der Auswertung und eine Übersicht über die Verfahren zur Erstellung von Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagrammen und Weibull-Hazard-Diagrammen.

B.5.1.1 Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagramm

B.5.1.1.1 Ordnen und Eintragen der Werte

Zur Erstellung eines Weibull-Diagramms werden die Daten von der niedrigsten zur höchsten Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall geordnet. Durch dieses Ordnen ergeben sich die einzutragenden Werte auf der Achse der Schaltspiele (c) und auf der Ordinate, die kumulative Verteilungsfunktion $F(c)$, in Prozent. $F(c)$ wird mit der Median-Rangregression (MRR) berechnet. Die Punkte $(c_i, F(c_i))$ werden in ein Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz eingetragen.

Einzelheiten siehe IEC 61649, 7.2.1 und 7.2.2.

B.5.1.1.2 Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz

Nachfolgend ist ein Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz dargestellt.

Gleichung [3] kann zu folgender Gleichung umgestellt werden:

$$\frac{1}{1 - F(c)} = e^{(c/\eta)^\beta} \quad [6]$$

Durch zweifache natürliche Logarithmierung beider Seiten von Gleichung [6] ergibt sich die Gleichung einer Gerade wie folgt:

$$\ln \ln \frac{1}{1 - F(c)} = \beta \ln c - \beta \ln \eta \quad [7]$$

Diese Gleichung ergibt eine Gerade der Form $y = ax + b$. Ein Weibull-Netz ist so konstruiert, dass die kumulative Ausfallwahrscheinlichkeit auf einer doppelt logarithmischen reziproken Skale über c auf einer einfach logarithmischen Skale abgetragen wird. Wenn die Gleichung als Funktion von $\ln(c)$ abgetragen wird, ist der Anstieg der so eingetragenen Gerade der Formparameter β , d. h.:

$$y = \ln \ln \frac{1}{1 - F(c)} \quad [8]$$

$$a = \beta$$

$$x = \ln(c)$$

$$b = -\beta \ln(\eta)$$

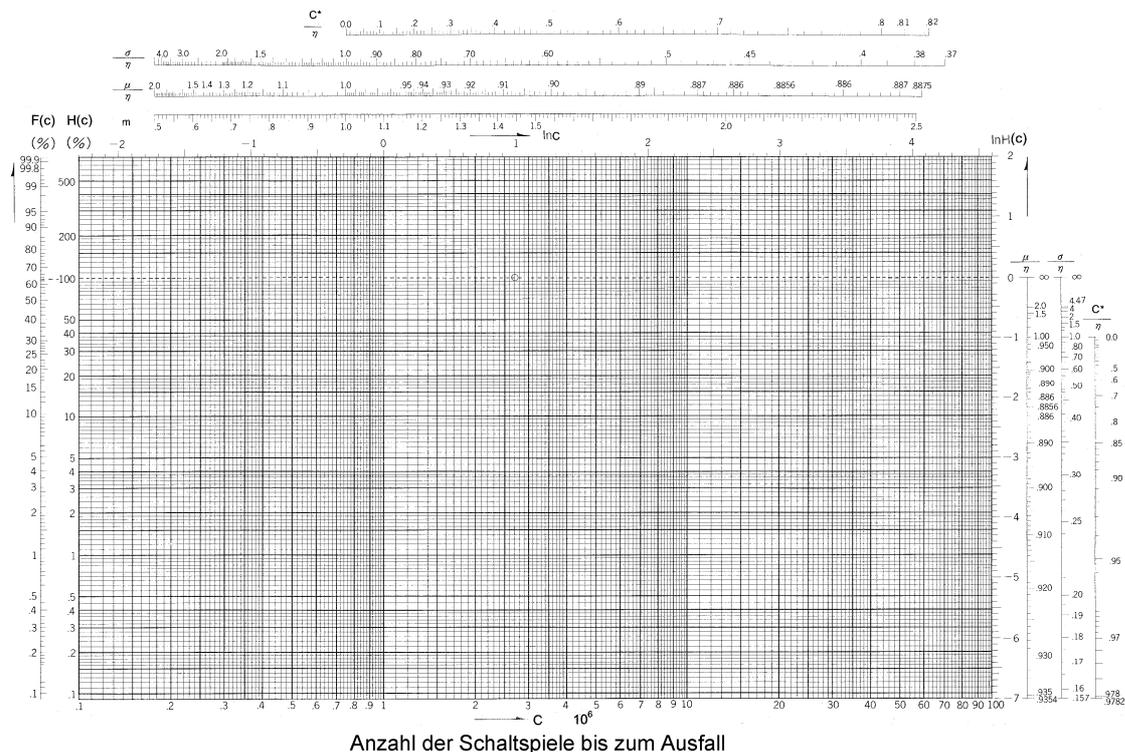
Der Skalenparameter ergibt sich dann aus folgendem Schnittpunkt:

$$\eta = e [-(\text{Schnittpunkt})/\beta] \quad [9]$$

Wenn die Daten einer Weibull-Verteilung gehorchen, ergeben sie abgetragen auf einem Weibull-Verteilungsnetz eine Gerade. Bild B.1 zeigt ein leeres Weibull-Verteilungsnetz.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



ANMERKUNG Auf der Grundlage eines von JUSE PRESS veröffentlichten Netzes teilweise neu gestaltet.

Bild B.1 – Beispiel für ein Weibull-Wahrscheinlichkeitsnetz und ein Weibull-Hazard-Netz

B.5.1.2 Hazard-Diagramm

B.5.1.2.1 Ordnen und Eintragen der Werte

Zur Erstellung eines Hazard-Diagramms werden die Daten von der niedrigsten zur höchsten Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall geordnet. Durch dieses Ordnen ergeben sich die einzutragenden Werte auf der Achse der Schaltspiele (c) und auf der Ordinate, der kumulative Hazard-Wert $H(c)$, in Prozent. $H(c)$ wird mit dem Hazard-Wert $h(c)$ berechnet. Die Punkte ($c_i, H(c_i)$) werden in ein Netz einer kumulativen Hazard-Funktion eingetragen.

B.5.1.2.2 Netz einer kumulativen Hazard-Funktion

Nachfolgend ist ein Netz einer kumulativen Hazard-Funktion dargestellt.

Durch natürliche Logarithmierung beider Seiten von Gleichung [5] ergibt sich:

$$\ln H(c) = \beta \ln c - \beta \ln \eta \tag{10}$$

Diese Gleichung ergibt eine Gerade der Form $y = ax + b$. Ein Netz einer kumulativen Hazard-Funktion ist so konstruiert, dass die kumulative Ausfallwahrscheinlichkeit auf einer logarithmischen reziproken Skale über c auf einer einfach logarithmischen Skale abgetragen wird. Wenn die Gleichung als Funktion von $\ln(c)$ abgetragen wird, ist der Anstieg der so eingetragenen Gerade der Formparameter β , d. h.:

$$y = \ln H(c) \tag{11}$$

$$a = \beta$$

$$x = \ln(c)$$

$$b = -\beta \ln(\eta)$$

Der Skalenparameter ergibt sich dann aus folgendem Schnittpunkt:

$$\eta = e [-(\text{Schnittpunkt})/\beta] \quad [12]$$

Wenn die Daten einer kumulativen Hazard-Funktion gehorchen, ergeben sie abgetragen auf einem Netz einer kumulativen Hazard-Funktion eine Gerade. Bild B.1 zeigt ein leeres Netz einer kumulativen Hazard-Funktion.

B.5.1.3 Schätzwerte von Verteilungsparametern und Kennwerten

Die Verteilungsparameter und Kennwerte im Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagramm und im Hazard-Diagramm sind gleich.

- 1) Punktschätzung des Formparameters $\hat{\beta}$

$\hat{\beta}$ wird aus dem Anstieg a im Netz abgeleitet.

- 2) Punktschätzung des Skalenparameters $\hat{\eta}$

$\hat{\eta}$ wird unmittelbar aus dem Schnittpunkt einer eingetragenen Gerade und einer Waagerechten durch $F(c) = 63,2\%$ oder $H(c) = 100\%$ bestimmt, wie im Anhang C dargestellt.

- 3) Punktschätzung der mittleren Schaltspiele bis zum Ausfall (MCTF) \hat{m}

\hat{m} ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\text{MCTF} = \hat{m} = \hat{\eta} \times \Gamma(1 + 1/\hat{\beta}) \quad [13]$$

Dabei werden der Wert für $\hat{\eta}$ und der Gamma-Funktionswert aus dem Netz bzw. mit einem wissenschaftlichen Taschenrechner oder mit einer geeigneten Tabelle einer Gamma-Funktion ermittelt.

- 4) Punktschätzung der Standardabweichung $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\hat{\sigma} = \hat{\eta} \times \sqrt{\Gamma(1 + 2/\hat{\beta}) - \Gamma^2(1 + 1/\hat{\beta})} \quad [14]$$

Dabei werden der Wert für $\hat{\eta}$ und der Gamma-Funktionswert mit den gleichen Hilfsmitteln wie in 4) ermittelt.

- 5) Punktschätzung des Fraktils (10 %) der Schaltspiele bis zum Ausfall B_{10} :

B_{10} wird unmittelbar aus dem Schnittpunkt einer eingetragenen Gerade und einer Waagerechten durch $F(c) = 10\%$ im Weibull-Diagramm oder $H(c) = -\ln 0,9 = 10,54\%$ im Hazard-Diagramm bestimmt, wie im Anhang C dargestellt.

B.5.1.4 Vermischung mehrerer Ausfallarten

Mitunter tritt ein Weibull-Wahrscheinlichkeitsdiagramm oder ein Hazard-Diagramm mit einem „Höcker“ auf.

Ist die Linie keine Gerade, wird dies als „höckriges Weibull-Diagramm“ bezeichnet. Dieser Fall wird durch eine Mischung mehrerer Ausfallarten, d. h. üblicherweise durch miteinander konkurrierende Ausfallarten, verursacht.

Wenn dieser Fall eintritt, ist eine genaue Untersuchung der ausgefallenen Einheiten der beste Weg zur Trennung der Daten in unterschiedliche Ausfallarten.

Es wird ein Datensatz von zwei verschiedenen Ausfallarten (A und B) betrachtet. Der erste Datensatz sollte nur als Daten der Ausfallart A untersucht werden, der die Daten der Ausfallart B stützt. Folglich enthält der zweite Datensatz Daten der Ausfallart B. Diese beiden Datensätze können zur Vorhersage der Ausfallverteilung benutzt werden.

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Wenn diese Aufgabe ordnungsgemäß erfüllt wird, ergeben sich getrennte gute Weibull-Auswertungen. Eine genaue Beschreibung ist in IEC 61649, Anhang G, enthalten.

B.5.2 Numerische Methoden**B.5.2.1 Verteilungsparameter**

Die Schätzung für die zwei Parameter der Weibull-Verteilung wird durch numerisches Lösen der nachfolgenden Gleichungen erhalten. Der Wert für β , der die erste Gleichung erfüllt, ist die MLE von β . Dieser Wert wird in der zweiten Gleichung benutzt, um die MLE von η abzuleiten.

ANMERKUNG 1 Jedes geeignete Rechenprogramm zur Lösung von Gleichungen kann verwendet werden, um β aus der ersten Gleichung zu ermitteln, da die Konvergenz zu einem einzigen Wert üblicherweise sehr schnell vonstatten geht.

ANMERKUNG 2 Intervallschätzung, untere Grenze usw. von β und η siehe IEC 61649.

Schritt 1 – Ermitteln desjenigen Werts für β , der der nachfolgenden Gleichung genügt. Die Lösung dieser Gleichung ist die Punktschätzung des Weibull-Formparameters $\hat{\beta}$.

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^r c_i^\beta \ln(c_i) + (n-r)c^\beta \ln(c)}{\sum_{i=1}^r c_i^\beta + (n-r)c^\beta} - \frac{1}{\beta} \right] - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln(c_i) = 0 \quad [15]$$

Schritt 2 – Berechnung von $\hat{\eta}$ unter Verwendung des Werts $\hat{\beta}$, der in Schritt 1 ermittelt wurde, mit:

$$\hat{\eta} = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r c_i^{\hat{\beta}} + (n-r)c^{\hat{\beta}} \right] \right\}^{\frac{1}{\hat{\beta}}} \quad [16]$$

B.5.2.2 Kennwerte**B.5.2.2.1 Punktschätzung der mittleren Schaltspiele bis zum Ausfall MCTF \hat{m}**

\hat{m} wird wie folgt berechnet:

$$\hat{m} = \hat{\eta} \Gamma(1 + 1/\hat{\beta}) \quad [17]$$

Dabei werden $\hat{\beta}$ und $\hat{\eta}$ in den Schritten 1 und 2 in B.5.2.1 ermittelt und der Wert der Gamma-Funktion ist in ISO 3534-1, 1.44, angegeben.

B.5.2.2.2 Standardabweichung $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ wird wie folgt berechnet:

$$\hat{\sigma} = \hat{\eta} \times \sqrt{\Gamma(1 + 2/\hat{\beta}) - \Gamma^2(1 + 1/\hat{\beta})} \quad [18]$$

B.5.2.2.3 Punktschätzung des Fraktils (10 %) der Schaltspiele bis zum Ausfall \hat{B}_{10}

\hat{B}_{10} wird wie folgt berechnet:

$$\hat{B}_{10} = \hat{\eta} \left[\ln \left(\frac{1}{0,9} \right) \right]^{1/\hat{\beta}} \quad [19]$$

B.5.2.2.4 Punktschätzung der Funktionsfähigkeit beim Schaltspiel c

Die Berechnung und die Angabe der Funktionsfähigkeit des Relais beim Schaltspiel c ist wahlfrei.

Die Punktschätzung der Funktionsfähigkeit beim Schaltspiel c wird wie folgt berechnet:

$$\hat{R}(c) = e \left[- (c / \hat{\eta})^{\hat{\beta}} \right] \quad [20]$$

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Anhang C

(informativ)

Beispiel für ein Diagramm einer kumulativen Hazard-Funktion

Bei diesem konkreten Beispiel wird das Diagramm einer kumulativen Hazard-Funktion für die Auswertung einer Lebensdauerprüfung von Elementarrelais angewendet. Dieses Verfahren orientiert sich an den Festlegungen im Anhang B. In diesem Anhang C ist ein Beispiel für unvollständige Daten mit zwei Ausfallarten angegeben. Das Verfahren mit dem kumulativen Hazard-Diagramm liefert Schätzungen der Verteilungsparameter und der Kennwerte der Funktionsfähigkeit, die aus dem Diagramm und mit einem einfachen wissenschaftlichen Taschenrechner ermittelt werden.

C.1 Verfahren mit dem kumulativen Hazard-Diagramm

In diesem Abschnitt wird ein Verfahren zur Schätzung der Parameter einer Weibull-Verteilung und von Kennwerten der Funktionsfähigkeit aus den Daten mit einem kumulativen Hazard-Netz beschrieben.

C.1.1 Ordnen und Eintragen der Werte

Die beobachteten Daten werden wie in den Schritten 1 bis 6 beschrieben geordnet und eingetragen. Es ist empfehlenswert, für die Eintragungen ein Tabellenblatt zu benutzen, wie es in Tabelle C.1 dargestellt ist.

Tabelle C.1 – Tabellenblatt zur kumulativen Hazard-Auswertung

Nr. der Stichprobe	Rangfolge	umgekehrte Rangfolge	Schaltspiele (c_i)	Ausfallart	Hazard-Wert	kumulativer Hazard-Wert (H_j %)	
	i	$K_i = n - i + 1$		M_j	h %	M_1	M_2

Schritt 1

Die Rangfolge i und die umgekehrte Rangfolge K_i werden in die entsprechenden Spalten eingetragen. Der Wert für K_i wird wie folgt berechnet:

$$K_i = n + 1 - i$$

Dabei ist

n die Anzahl der geprüften Einheiten.

Schritt 2

Die beobachteten Daten werden von der kleinsten zur größten Anzahl der Schaltspiele bis zum Ausfall geordnet und die Werte für die Schaltspiele bis zum Ausfall (c_i für i) eingetragen. Außerdem wird die Nummer der einzelnen Stichprobe in die für c_i zutreffende Spalte „Nr.“ eingetragen.

Schritt 3

Die Hazard-Werte $h(c_i)$ werden in die für c_i zutreffende Spalte eingetragen und wie folgt berechnet:

$$h(c_i) = 1/K_i \times 100 (\%)$$

Schritt 4

Wenn mehrfache Ausfallarten vorliegen, wird in die für c_i zutreffende Spalte die Anzahl der Ausfallarten M_j eingetragen. Dabei ist j eine Codenummer für eine bestimmte Ausfallart.

Schritt 5

Die kumulativen Hazard-Werte $H_j(c_i)$ werden in die zutreffende Spalte eingetragen und jeder Wert für dieselbe Ausfallart M_j wird wie folgt berechnet:

$$H_j(c_i) = \sum_{l \geq 1} h(c_l)$$

Schritt 6

Die Punkte $(c_i, H_j(c_i))$ werden in ein kumulatives Hazard-Netz eingetragen. Dann wird durch die Punkte jeder Ausfallart eine Gerade gezogen, so dass die beste Anpassung an die Daten vorliegt.

Schritt 7

Wenn die Verteilung der Punkte annähernd eine Gerade ergibt, kann zu C.1.2 übergegangen werden, da das Ergebnis einer Weibull-Verteilung zu genügen scheint und $\gamma = 0$.

Falls beim Eintragen der Gerade Schwierigkeiten auftreten, kann es günstiger sein, die Ausfallarten zu überprüfen und eine genaue Ausfalldiagnose bei den geprüften Relais durchzuführen oder die Prüfbedingungen neu zu bewerten, usw.

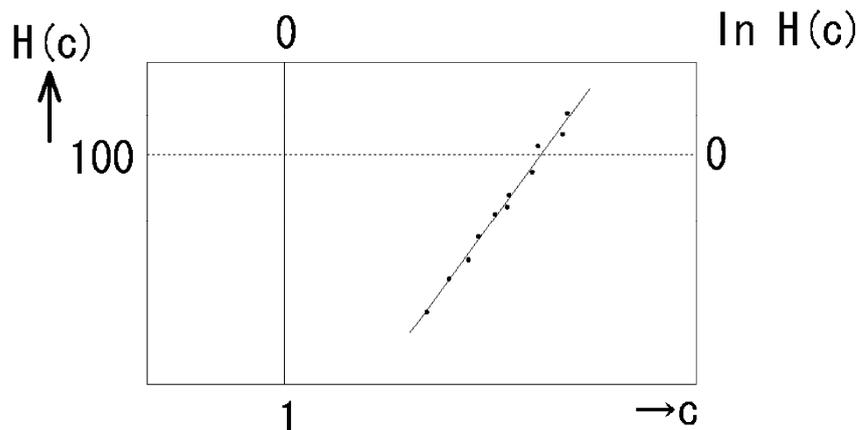


Bild C.1 – Eintragen der Punkte und Zeichnen einer Gerade

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

C.1.2 Schätzung der Verteilungsparameter

Form- und Skalenparameter werden aus dem Netz wie folgt abgeleitet:

- 1) Punktschätzung des Formparameters $\hat{\beta}$

Durch den Koordinatenpunkt ($\ln c = 1$, $\ln H(c) = 0$) wird eine zu der eingetragenen Gerade parallele Gerade gezeichnet. $\hat{\beta}$ wird als der Wert für $\ln H(c)$ am Schnittpunkt dieser parallelen Gerade und einer Senkrechten durch $\ln c = 0$ abgelesen, wie in Bild C.2 dargestellt.

- 2) Punktschätzung des Skalenparameters $\hat{\eta}$

$\hat{\eta}$ wird als der Wert für c am Schnittpunkt der ursprünglich eingetragenen Gerade und einer Waagerechten durch $H(c) = 100\%$ abgelesen, wie in Bild C.2 dargestellt.

C.1.3 Schätzung der Verteilungskennwerte

Die Schätzwerte der mittleren Schaltspiele bis zum Ausfall (MCTF) \hat{m} , der Standardabweichung $\hat{\sigma}$ und des Fraktils (10 %) der Schaltspiele bis zum Ausfall \hat{B}_{10} werden wie folgt ermittelt:

- 1) Punktschätzung der mittleren Schaltspiele bis zum Ausfall (MCTF) \hat{m}

\hat{m} ergibt sich aus Anhang B, Gleichung [13], mit den Werten für $\hat{\eta}$ und $\hat{\beta}$ aus C.1.2 und den Werten der Gamma-Funktion, die mit einem geeigneten wissenschaftlichen Rechner oder mit einer geeigneten Tabelle einer Gamma-Funktion ermittelt werden.

- 2) Punktschätzung der Standardabweichung $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ ergibt sich auf gleiche Weise aus Anhang B, Gleichung [14].

- 3) Punktschätzung des Fraktils (10 %) der Schaltspiele bis zum Ausfall \hat{B}_{10}

\hat{B}_{10} wird als der Wert für c am Schnittpunkt der ursprünglich eingetragenen Gerade und einer Waagerechten durch $H(c) = 10,54\%$ abgelesen, wie in Bild C.2 dargestellt.

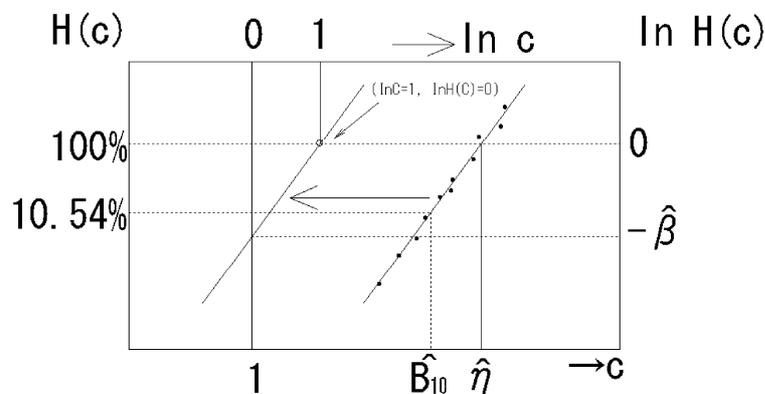


Bild C.2 – Schätzung der Verteilungsparameter

C.2 Anwendung des Beispiels auf die Daten einer Lebensdauerprüfung

Dieses Beispiel dient dem Nachweis der Brauchbarkeit der Zuverlässigkeitsauswertung mit einem Weibull-Hazard-Diagramm für Lebensdauerprüfungen von Elementarrelais. 30 Einheiten werden der Prüfung unterzogen. Die Prüfung wird bei 1 240 000 Schaltspielen zensuriert. Die Mehrheit der Einheiten fällt aufgrund von Verschweißen (Ausfallart 1) oder von Kontakterosion (Ausfallart 2) aus.

C.2.1 Ordnen und Eintragen der Werte

Es wird das Verfahren nach den Schritten 1 bis 6 in C.1.1 mit einem Tabellenblatt angewendet und das Hazard-Netz ergibt Tabelle C.2 und Bild C.3.

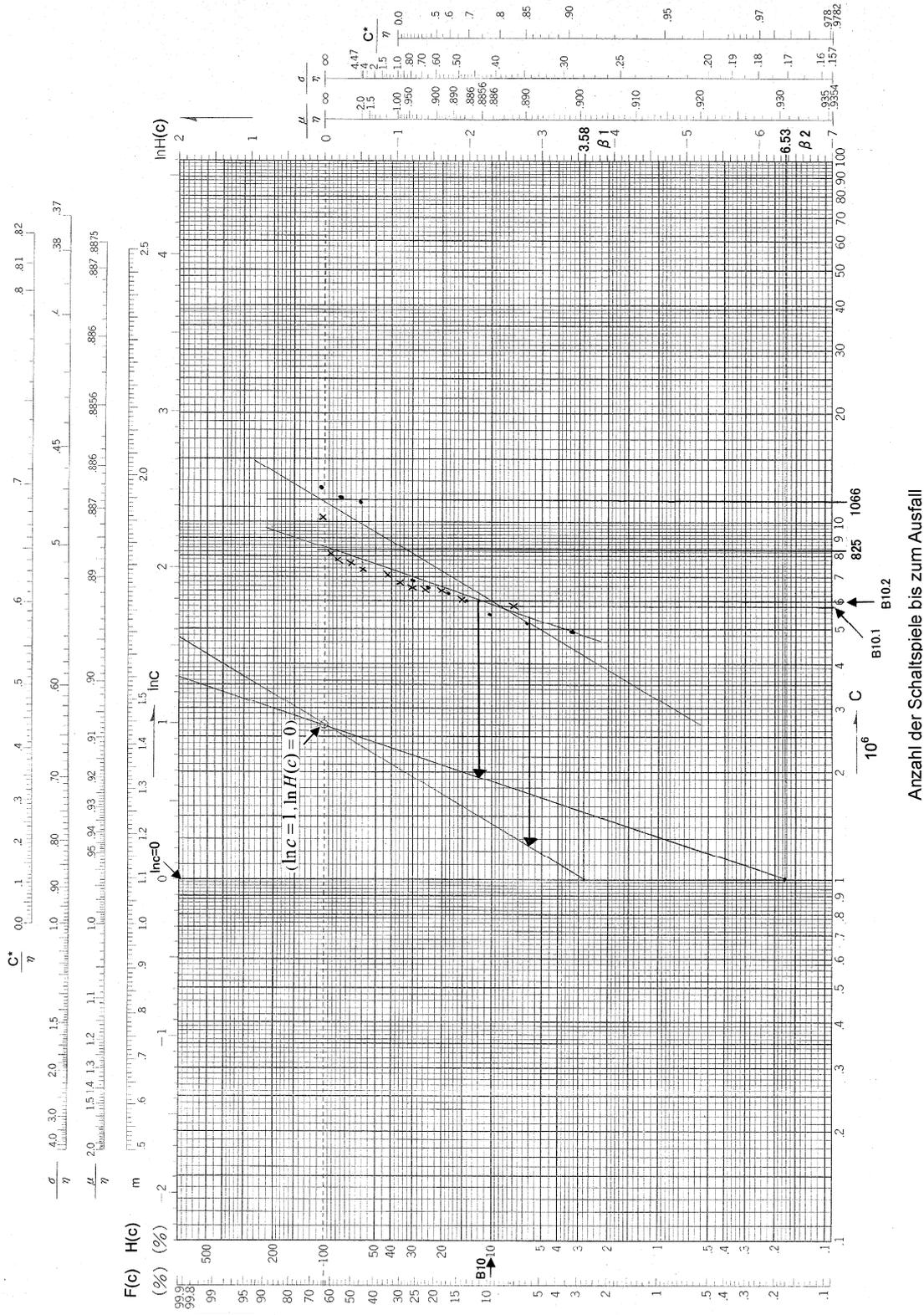
Tabelle C.2 – Beispiel für ein Tabellenblatt

Nr. der Stichprobe	Rangfolge	umgekehrte Rangfolge	Schaltspiele (c_i)	Ausfallart	Hazard-Wert h %	kumulativer Hazard-Wert (H_i %)	
	i	$K_i = n - i + 1$		M_j		M_1	M_2
12	1	30	490	1	3,333	3,333	–
27	2	29	520	1	3,448	6,782	–
3	3	28	545	1	3,571	10,353	–
10	4	27	585	2	–	–	3,704
6	5	26	585	2	–	–	3,846
22	6	25	600	2	–	–	4,000
18	7	24	600	1	4,167	14,520	–
17	8	23	605	2	–	–	4,348
30	9	22	635	1	4,545	19,065	–
9	10	21	640	2	–	–	4,762
23	11	20	645	2	–	–	5,000
28	12	19	655	1	5,263	24,328	–
21	13	18	655	2	–	–	5,556
5	14	17	670	2	–	–	5,882
15	15	16	680	1	6,250	30,578	–
1	16	15	715	2	–	–	6,667
8	17	14	715	2	–	–	7,143
2	18	13	715	1	7,692	38,271	–
20	19	12	730	2	–	–	8,333
4	20	11	730	2	–	–	9,091
19	21	10	765	2	–	–	10,000
29	22	9	780	2	–	–	11,111
11	23	8	815	2	–	–	12,500
26	24	7	1 025	2	–	–	14,286
25	25	6	1 120	1	16,667	54,937	–
24	26	5	1 160	1	20,000	74,937	–
16	27	4	1 240	1	25,000	99,937	–
14	28	3	1 240	C	–	–	–
7	29	2	1 240	C	–	–	–
13	30	1	1 240	C	–	–	–

Ausfallart 1 – Verschweißen, Ausfallart 2 – Kontaktterrosion, C = zensuriert

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



ANMERKUNG Es wird ein Hazard-Netz verwendet, das auf der Grundlage des Wahrscheinlichkeitsnetzes von JUSE PRESS teilweise neu gestaltet wurde.

Bild C.3 – Diagramme einer kumulativen Hazard-Funktion

Die Verteilung dieser Stichproben ergibt eine „höckrige Weibull-Verteilung“. Die Geraden für Ausfälle durch Verschweißen (Ausfallart 1) und für Ausfälle durch Kontakterosion (Ausfallart 2) sind als Volllinie bzw. als gestrichelte Linie dargestellt.

C.2.2 Schätzung der Verteilungsparameter

Die Anwendung der Verfahren in C.1.2 führt zu folgenden Ergebnissen:

$$\hat{\beta}_1 = 3,58, \quad \hat{\eta}_1 = 1\,066 \times 10^3$$

$$\hat{\beta}_2 = 6,53, \quad \hat{\eta}_2 = 825 \times 10^3$$

C.2.3 Schätzung der Verteilungskennwerte

Die Anwendung der Verfahren in C.1.3 führt zu folgenden Ergebnissen:

$$\hat{m}_1 = 992,9 \times 10^3, \quad \hat{\sigma}_1 = 298,5 \times 10^3, \quad \hat{B}_{10,1} = 568,5 \times 10^3$$

$$\hat{m}_2 = 785,2 \times 10^3, \quad \hat{\sigma}_2 = 141,9 \times 10^3, \quad \hat{B}_{10,2} = 584,5 \times 10^3$$

Verweisungen:

- [1] H. Shiomi, T. Mitsuhashi, M. Saito, A. Masuda, *How to use probability paper in reliability*, 1983, in japanischer Sprache

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Anhang D (informativ)

Besondere Lasten

D.1 Besondere Lasten für Telekommunikations- und Signalrelais

Für Relais, die für den Einsatz in Telekommunikations- und Signalanwendungen vorgesehen sind, kann nach einer Festlegung vom Hersteller eine Kabellastprüfung erforderlich sein.

Der Laststromkreis muss mit Bild D.1 übereinstimmen.

Einzelheiten der Prüfung (insbesondere die Kenngrößen des Kabels) müssen wie vom Hersteller vorgegeben sein.

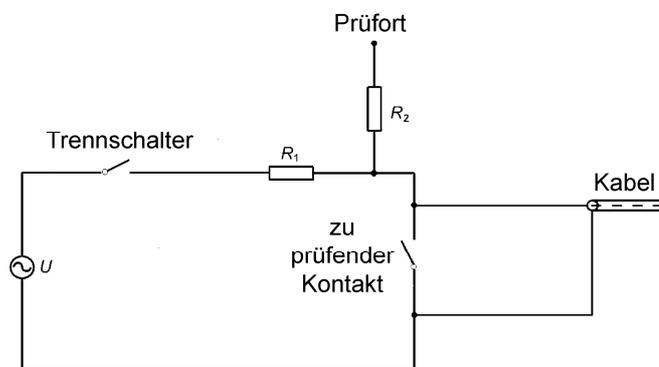


Bild D.1 – Stromkreis für die Kabellast

D.2 Besondere Lasten mit Einschaltstromstoß

Für Relais, die für Anwendungen mit Einschaltstromstößen vorgesehen sind, kann nach einer Festlegung vom Hersteller eine entsprechende Prüfung erforderlich sein.

Wenn es nicht anders festgelegt ist, muss der Laststromkreis je nach Anwendung mit den Bildern D.2, D.4 oder D.5 übereinstimmen. Jedoch darf der Hersteller eine andere Zeitkonstante als 2,5 ms (Normwert für Wolframdrahtlampen) für die in den Bildern D.2 und D.4 beschriebenen Fälle festlegen und angeben. Die Zeitdauern für den geöffneten und geschlossenen Kontakt dürfen nicht kleiner sein als der vierfache Wert der Zeitkonstante $C \times R_3$ bzw. $C \times R_2$.

Besondere Kontakt-Bemessungswerte für Einschaltstromspitzen, die durch Prüfungen nach den Bildern A.4 und A.6 ermittelt wurden, sind in folgender Form anzugeben:

Beharrungsstrom/Einschaltstromspitze/Spannung/Zeitkonstante

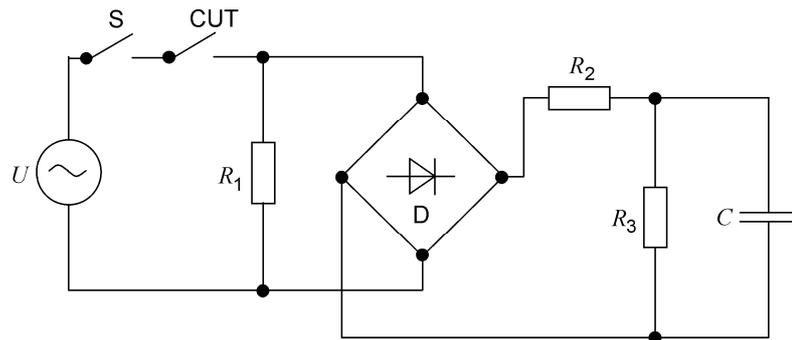
Der Beharrungsstrom repräsentiert den Bemessungsstrom für besondere Einschaltspitzen.

Siehe auch Bild D.3 mit einem Beispiel für die Prüfung von Relais mit den Bemessungswerten 10/100 A/250 V~/2,5 ms.

Kontakt-Bemessungswerte für Einschaltstromspitzen mit Korrektur des Leistungsfaktors, die nach Bild D.5 ermittelt wurden, sind in folgender Form anzugeben:

Beharrungsstrom/Spannung/Strombegrenzungswiderstand (R_2)/Kapazität (C_F)

Die Werte des Strombegrenzungswiderstands und der Kapazität brauchen nur angegeben werden, wenn sie von den in Bild D.5 angegebenen Werten abweichen.



$R_1 = U/I$ mit U als Bemessungsspannung und I als Beharrungsstrom der Last

$R_2 = R_1 \times 1,414/(X - 1)$ mit X als Verhältnis von Einschaltstromspitze zum Beharrungsstrom

$R_3 = (800/X) \times R_1$

$C \times R_2 = 2\,500\ \mu\text{s}$ (Normwert für Lampenlast, andere Werte sind zulässig)

D Gleichrichterbrücke

S Trennschalter

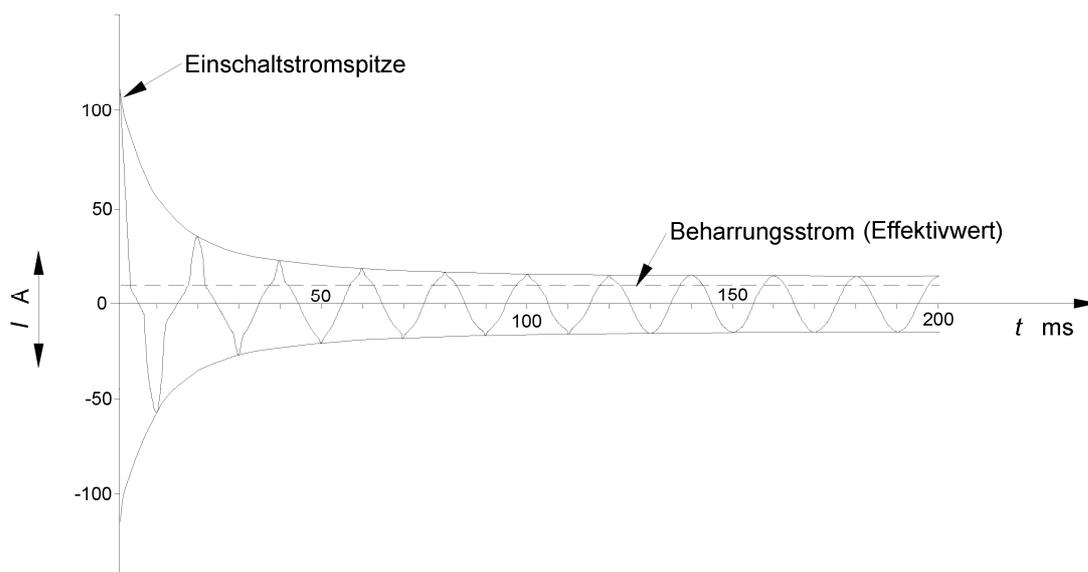
CUT zu prüfender Kontakt

Die Bauelemente der Schaltung und die Impedanz der Quelle sind so auszuwählen, dass in Bezug auf die Einschaltstromspitze und den Beharrungsstrom eine Genauigkeit von 10 % sichergestellt ist.

**Bild D.2 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen
(z. B. kapazitive Lasten und simulierte Lasten einer Wolframdrahtlampe) – Wechselstromkreise**

— Entwurf —

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



Aus Bild D.2 berechnete Werte

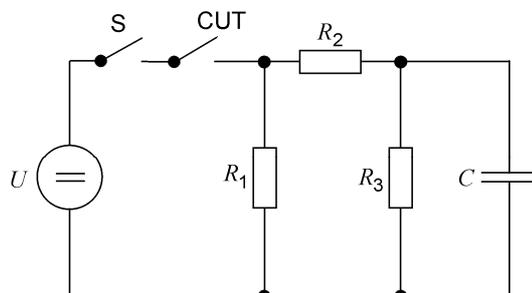
$$R_1 = 25 \, \Omega$$

$$R_2 = 3,93 \, \Omega$$

$$R_3 = 2 \, 000 \, \Omega$$

$$C = 636 \, \mu\text{F}$$

Bild D.3 – Beispiel für die Prüfung mit einer Wolframdrahtlampe für Relais mit den Bemessungswerten 10/100 A/250 V~/2,5 ms



$$R_1 = U/I \quad \text{mit } U \text{ als Bemessungsspannung und } I \text{ als Beharrungsstrom}$$

$$R_2 = R_1/(X - 1) \quad \text{mit } X \text{ als Verhältnis von Einschaltstromspitze zum Beharrungsstrom}$$

$$R_3 = (800/X) \times R_1$$

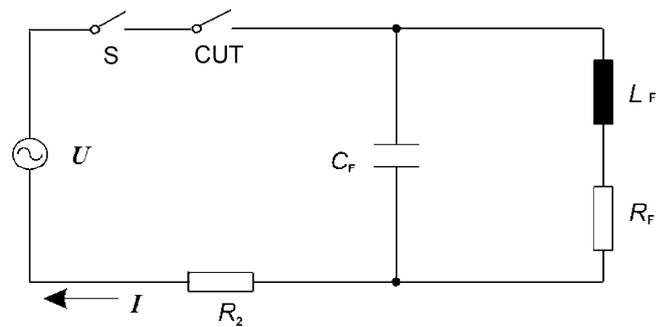
$$C \times R_2 = 2 \, 500 \, \mu\text{s} \quad (\text{Normwert für Lampenlast, andere Werte sind zulässig})$$

CUT zu prüfender Kontakt

S Trennschalter

Die Bauelemente der Schaltung und die Impedanz der Quelle sind so auszuwählen, dass in Bezug auf die Einschaltstromspitze und den Beharrungsstrom eine Genauigkeit von 10 % sichergestellt ist.

**Bild D.4 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen
(z. B. kapazitive Lasten und simulierte Lampenlasten) – Gleichstromkreise**



CUT zu prüfender Kontakt

S Trennschalter

C_F = $70 \mu\text{F} \pm 10\%$ ($I \leq 6 \text{ A}$), mit I als Beharrungsstrom

= $140 \mu\text{F} \pm 10\%$ ($6 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$), mit I als Beharrungsstrom

wenn nicht anders festgelegt und vom Hersteller angegeben

L_F und R_F sind anzupassen für I = Beharrungsstrom und (nacheilendem) Leistungsfaktor von 0,9

R_2 (einschließlich Leitungswiderstand) = $0,25 \Omega$, wenn nicht anders festgelegt und vom Hersteller angegeben

Die Impedanz der Quelle und die Bauelemente der Schaltung sind so auszuwählen, dass Folgendes sichergestellt ist:

- ein unbeeinflusster Kurzschlussstrom der Stromversorgung von 3 kA bis 4 kA;
- eine Genauigkeit von $\pm 5\%$ der Bemessungsspannung U ;
- eine Genauigkeit des Beharrungsstroms I von $-0\%/+5\%$;
- eine Genauigkeit des Leistungsfaktors von $\pm 0,05$.

Bild D.5 – Prüfstromkreis für Einschaltstromspitzen (z. B. simulierte Leuchtstofflampen-Lasten) mit Korrektur des Leistungsfaktors

Anhang E (normativ)

Kategorien der Kontaktlast

Für die Festlegung der Einzelheiten der Prüfstromkreise (siehe Tabellen A.1 und A.2) muss der Hersteller die geeignete(n) Kontaktlastkategorie(n) für die zu prüfenden Kontakte angeben.

E.1 Kontaktlastkategorie 0 (CC 0)

Eine Last, die durch eine höchste Kontaktspannung von 30 mV und einen höchsten Schaltstrom von 10 mA gekennzeichnet ist.

E.2 Kontaktlastkategorie 1 (CC 1)

Eine geringe Last, bei der kein Lichtbogen auftritt.

ANMERKUNG Ein Lichtbogen mit einer Dauer bis zu 1 ms wird vernachlässigt.

E.3 Kontaktlastkategorie 2 (CC 2)

Eine hohe Last, bei der ein Lichtbogen auftreten kann.

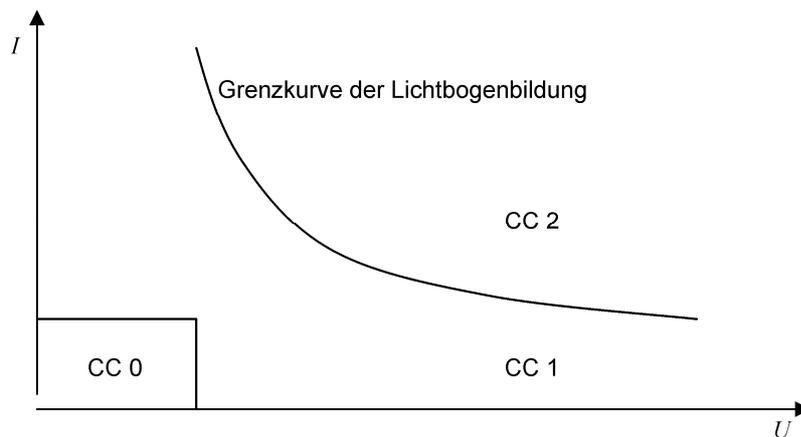


Bild E.1 – Kontaktlastkategorien

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General considerations.....	9
5 Test conditions	10
5.1 Test items	10
5.2 Environmental conditions	11
5.3 Operating conditions	11
5.4 Test equipment	11
6 Failure criteria	11
7 Output data	12
8 Analysis of output data	12
9 Presentation of reliability measures	12
Annex A (normative) Test set-up.....	14
A.1 Test circuit	14
A.2 Description and requirements	16
A.2.1 Power source for coil energization.....	16
A.2.2 Switching (coil control) device	16
A.2.3 Power source for contact loads	16
A.2.4 Control device	16
A.2.5 Measuring and indicating device.....	17
A.3 Test schematic	17
Annex B (normative) Data analysis	18
B.1 Introduction	18
B.2 Abbreviations	18
B.3 Symbols and definitions.....	18
B.4 Weibull distribution	19
B.5 Procedure	19
B.5.1 Graphical methods	19
B.5.2 Numerical methods.....	23
Annex C (informative) Example of cumulative hazard plot.....	25
C.1 Procedure of cumulative hazard plot.....	25
C.1.1 Ranking and plotting.....	25
C.1.2 Estimation of distribution parameters.....	26
C.1.3 Estimation of distribution characteristics.....	27
C.2 Example applied to life test data.....	27
C.2.1 Ranking and plotting.....	28
C.2.2 Estimation of distribution parameters.....	30
C.2.3 Estimation of distribution characteristics.....	30
Annex D (informative) Special loads	31
D.1 Special loads for telecom and signal relays	31

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

D.2 Special loads with inrush current	31
Annex E (normative) Contact load categories	34
E.1 Contact load category 0 (CC 0)	34
E.2 Contact load category 1 (CC 1)	34
E.3 Contact load category 2 (CC 2)	34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMECHANICAL ELEMENTARY RELAYS –

Part 2: Reliability

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61810-2 has been prepared by IEC technical committee 94: All-or-nothing electrical relays.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous editions are listed below:

- Inclusion of both numerical and graphical methods for Weibull evaluation.
- Establishment of full coherence with the second edition of the basic reliability standard IEC 61649.
- Separation of previous Annex A into a normative Annex A for the test set-up and an informative Annex D for special loads.

The text of this standard is based on the following documents:

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

FDIS	Report on voting
94/XX/FDIS	94/XX/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date¹ indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

¹ The National Committees are requested to note that for this publication the maintenance result date is 2013.

INTRODUCTION

Within the IEC 61810 series of basic standards covering elementary electromechanical relays, IEC 61810-2 is intended to give requirements and tests permitting the assessment of relay reliability. All information concerning endurance tests for type testing have been included in IEC 61810-1.

Recently the technical committee responsible for dependability (TC 56) has developed a new edition of IEC 61649 dealing with Weibull distributed test data. This second edition contains both numerical and graphical methods for the evaluation of Weibull-distributed data.

On the basis of this basic reliability standard, IEC 61810-2 was developed. It comprises test conditions and an evaluation method to obtain relevant reliability measures for electromechanical elementary relays. The life of relays as non-repairable items is primarily determined by the number of operations. For this reason the reliability is expressed in terms of MCTF (mean cycles to failure).

Commonly, equipment reliability is calculated from MTTF (mean time to failure) figures. With the knowledge of the frequency of operation (cycling rate) of the relay within an equipment it is possible to calculate an effective MTTF value for the relay in that application.

Such calculated MTTF values for relays can be used to calculate respective reliability, probability of failure, and availability (e.g. MTBF (mean time between failure)) values for equipment into which these relays are incorporated.

The MCTF figures can also be used as a basis to make comparative evaluations between relays with different styles of design or construction, and as an indication of product reliability under specific conditions.

ELECTROMECHANICAL ELEMENTARY RELAYS –

Part 2: Reliability

1 Scope

This part of IEC 61810 covers test conditions and provisions for the evaluation of endurance tests using appropriate statistical methods to obtain reliability characteristics for relays.

This standard applies to electromechanical elementary relays considered as non-repaired items (i.e. items which are not repaired after failure), whenever a random sample of items is subjected to a test of cycles to failure (CTF).

The lifetime of a relay is usually expressed in number of cycles. Therefore, whenever the terms “time” or “duration” are used in the basic standard IEC 61649, this term is to be understood to mean “cycles”. However, with a given frequency of operation, the number of cycles can be transformed into respective times (e.g. TTF, times to failure).

The failure criteria and the resulting characteristics of elementary relays describing their reliability in normal use are specified in this standard. A relay failure occurs when the specified failure criteria are met.

As the failure rate for elementary relays cannot be considered as constant, particularly due to wear-out mechanisms, the times to failure of tested items typically show a Weibull distribution. This standard provides both numerical and graphical methods to calculate approximate values for the two-parameter Weibull distribution, as well as lower confidence limits.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050-444:2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 444: Elementary relays*

IEC 60300-3-5:2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

IEC 61649:2008, *Weibull analysis*

IEC 61810-1:2003, *Electromechanical elementary relays – Part 1: General and safety requirements*

ISO 3534 (all parts), *Statistics – Vocabulary and symbols*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions of IEC 60050-191 and IEC 60050-444, some of which are reproduced below, as well as the following, apply.

3.1

item

any component that can be individually considered

[IEV 191-01-01, modified]

NOTE For the purpose of this standard, items are elementary relays.

3.2

non-repaired item

item which is not repaired after a failure

[IEV 191-01-03, modified]

3.3

cycle

operation and subsequent release/reset

[IEV 444-02-11]

3.4

frequency of operation

number of cycles per unit of time

[IEV 444-02-12]

3.5

reliability

ability of an item to perform a required function under given conditions for a given number of cycles or time interval

[IEV 191-02-06]

NOTE 1 It is generally assumed that the item is in a state to perform this required function at the beginning of the time interval.

NOTE 2 The term "reliability" is also used as a measure of reliability performance (see 191-12-01).

3.6

reliability test

experiment carried out in order to measure, quantify or classify a reliability measure or property of an item

[3.1.27 of IEC 60300-3-5]

3.7

life test

test with the purpose of estimating, verifying or comparing the lifetime of the class of items being tested

[3.1.17 of IEC 60300-3-5, modified]

3.8

cycles to failure (CTF)

total number of cycles of an item, from the instant it is first put in an operating state until failure

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

3.9

mean cycles to failure (MCTF)

expectation of the number of cycles to failure

3.10

time to failure (TTF)

total time duration of operating time of an item, from the instant it is first put in an operating state until failure

[IEV 191-10-02, modified]

3.11

mean time to failure (MTTF)

expectation of the time to failure

[IEV 191-12-07]

3.12

useful life

number of cycles or time duration until a certain percentage of items have failed

NOTE In this standard, this percentage is defined as 10 %.

3.13

failure

termination of the ability of an item to perform a required function

[IEV 191-04-01, modified]

3.14

malfunction

single event when an item does not perform a required function

3.15

contact failure

occurrence of break and/or make malfunctions of a contact under test, exceeding a specified number

3.16

failure criteria

set of rules used to decide whether an observed event constitutes a failure

[3.1.10 of IEC 60300-3-5]

3.17

contact category

classification of relay contacts dependent on wear-out mechanisms

NOTE Various contact categories are defined in Annex D.

4 General considerations

The provisions of this part of IEC 61810 are based on the relevant publications on dependability. In particular, the following documents have been taken into account: IEC 60050-191, IEC 60300-3-5 and IEC 61649.

The aim of reliability testing as given in this standard is to obtain objective and reproducible data on reliability performance of elementary relays representative of standard production quality. The tests described and the related statistical tools to gain reliability measures based

on the test results can be used for the estimation of such reliability measures, as well as for the verification of stated measures.

According to Clauses 8 and 9 of IEC 60300-3-5, for non-repaired items showing a non-constant failure rate the Weibull model is the most appropriate statistical tool for evaluation of reliability measures. This analysis procedure is described in IEC 61649.

Elementary relays within the scope of this standard are considered as non-repaired items. They generally do not exhibit a constant failure rate but a failure rate increasing with time, being tested until wear-out mechanisms become predominant. The cycles to failure of a random sample of tested items typically show the Weibull distribution.

The statistical procedures of this standard are valid only when at least 10 relevant failures are recorded.

The first step in the analysis of the recorded cycles to failure (CTF) of the tested relays is the determination of the two distribution parameters of the Weibull distribution. In a second step the mean cycles to failure (MCTF) is calculated as a point estimate. In a third step the useful life is determined as the lower confidence limit of the number of cycles by which 10 % of the relay population will have failed (B_{10}).

With a given frequency of operation these reliability measures expressed in number of cycles (MCTF) can be transformed into respective times (MTTF), see Annex C for an example.

The statistical procedures require some appropriate computing facility. Software for evaluation of Weibull distributed data is commercially available on the market. Such software may be used for the purpose of this standard provided it shows equivalent results when the data given in Annex C are used.

Since the number of cycles to failure highly depends on the specific set of test conditions (particularly the electrical loading of the relay contacts), values for MCTF and useful life derived from test data apply only to this set of test conditions, which have to be stated by the manufacturer together with the reliability measures.

5 Test conditions

5.1 Test items

As a minimum of 10 failures need to be recorded to perform the analysis described in this standard, 10 or more items (relays) should be submitted to the test. This allows the test to be truncated when at least 10 relays have failed.

The items shall be selected at random from the same production lot and shall be of identical type and construction. No action is allowed on the test items from the time of sampling until the test starts.

Where any particular burn-in procedure or reliability stress screening is employed by the manufacturer prior to sampling this shall apply to all production. The manufacturer shall describe and declare such procedures, together with the test results.

Unless otherwise specified by the manufacturer, all contacts of each relay under test shall be loaded as stated and monitored continuously during the test.

The test starts with all items and is stopped at some number of cycles. At that instant a certain number of items (minimum: 10 items) have failed. The number of cycles to failure of each of the failed items is recorded.

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

Items failed during the test are not replaced once they fail.

5.2 Environmental conditions

The testing environment shall be the same for all items.

- The items shall be mounted in the manner intended for normal service; in particular, relays for mounting onto printed circuit-boards are tested in the horizontal position, unless otherwise specified.
- The ambient temperature shall be as specified by the manufacturer.
- All other influence quantities shall comply with the values and tolerance ranges given in Table 1 of IEC 61810-1, unless otherwise specified.

5.3 Operating conditions

The set of operating conditions

- rated coil voltage(s);
- coil suppression (if any);
- frequency of operation;
- duty factor;
- contact load(s);
- contact load category according to Annex E

shall be as specified by the manufacturer.

Recommended values should be chosen from those given in Clause 5 of IEC 61810-1.

The test is performed on each contact load and each contact material as specified by the manufacturer.

All specified devices (for example, protective or suppression circuits), if any, which are part of the relay or stated by the manufacturer as necessary for particular contact loads, should be operated during the test.

The contacts shall be continuously monitored to detect malfunctions to open and malfunctions to close as well as unintended bridging (simultaneous closure of make and break side of a changeover contact).

The contacts are connected to the load(s) in accordance with Table 11 of IEC 61810-1 as specified and indicated by the manufacturer.

NOTE It is recommended to choose the same operating conditions as for electrical endurance tests in accordance with Clause 11 of IEC 61810-1.

5.4 Test equipment

The test circuit described in Annex A shall be used, unless otherwise specified by the manufacturer and explicitly indicated in the test report.

6 Failure criteria

Whenever any contact of a relay under test fails to open or fails to close or exhibits unintended bridging, this shall be considered as a malfunction.

Three severity levels are specified:

- Severity A: the first detected malfunction is defined as a failure;
- Severity B: the sixth detected malfunction or two consecutive malfunctions are defined as a failure;
- Severity C: as specified by the manufacturer.

The severity level used for the test shall be as prescribed by the manufacturer and stated in the test report.

7 Output data

The data to be analysed consist of cycles to failure (CTF) for each of the items put on test. These CTF values have to be known exactly. However, it is not necessary to gather the CTF values for all items under test, as the test may be stopped before all items have failed, provided at least 10 CTF values from different failed items are available.

8 Analysis of output data

The evaluation of the CTF values obtained during the test shall be carried out in accordance with the procedures given in Annex B.

9 Presentation of reliability measures

The basic reliability measures applicable to elementary relays as described in this standard and obtained from the data analysis shall be provided.

However, since the values obtained for these reliability measures using the procedures of Annex B depend to a great extent on the basic design characteristics of the relay, the test conditions of Clause 5 and the failure criteria of Clause 6, the following information shall also be provided together with the test results.

- Relay type for which the results are valid:
 - a) contact material;
 - b) deviations from standard types (if any);
 - c) type of termination;
- Set of operating conditions (see 5.3):
 - a) rated coil voltage(s);
 - b) coil suppression (if any);
 - c) frequency of operation;
 - d) duty factor;
 - e) contact load(s);
 - f) ambient conditions.
- Test schematic selected (see Clause A.3, or test circuit details, if different from the circuit described in Clause A.1).
- Severity level (see Clause 6).

In addition basic data of the test and the related analysis (see Annex B) shall be given in the test report:

- Number of items (n) on test;
- Number of failed items (r) registered during the test (min. 10);
- Time (given in number of cycles) when the test was stopped (T);
- Confidence level, if other than 90 %.

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

The test results are applicable to the samples specifically tested and variants, as stipulated by the manufacturer, provided that the relevant design characteristics remain the same.

NOTE Acceptable examples are coil variants with the same ampere-turns. Unacceptable examples are variants with AC in place of DC coils, or different contact dynamics.

When test results for various operating conditions (for example, contact loads) are available, they may be compiled as a family of curves or in suitable tables. However, it shall be ensured that a sufficient number of points are determined when plotting such curves.

Annex A (normative)

Test set-up

A.1 Test circuit

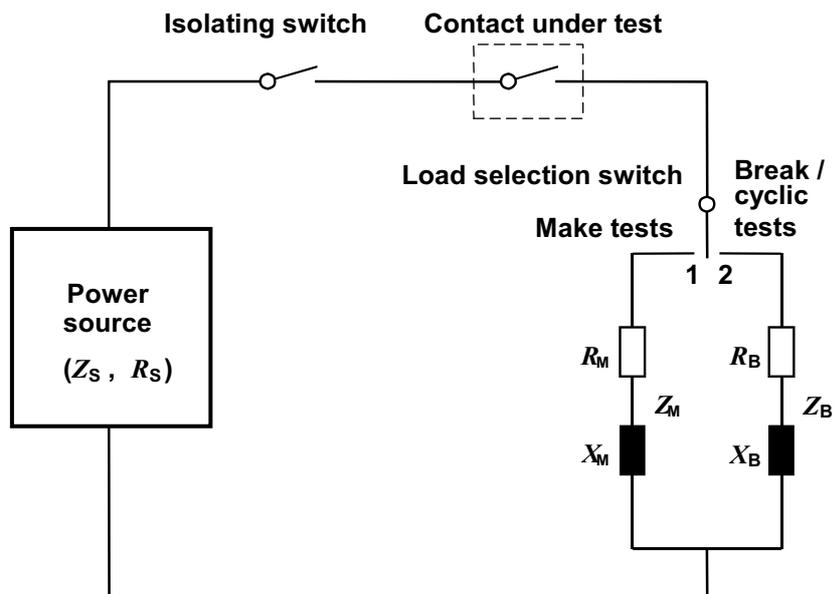
A generalized test circuit is given in Figure A.1 and a functional block diagram in Figure A.2.

NOTE The isolating switch, the load selection switch and the contact under test are to be sequenced appropriate to the test conditions specified.

The characteristics indicated in Tables A.1 and A.2 apply, unless otherwise specified.

The test conditions given in Clause 5 apply.

The declared value of the current shall be expressed in terms of the steady state (r.m.s. if a.c.) value of current in the contact circuit.



Contact categories 0 and 1

Contact category 2

$Z_s < 0,02 Z_{M,B}$ (a.c.)
 $R_s < 0,02 R_{M,B}$ (d.c.)

$Z_s < 0,05 Z_{M,B}$ (a.c.)
 $R_s < 0,05 R_{M,B}$ (d.c.)

For standard load values and tolerances for L/R and $\cos \varphi$: see Table A.2.

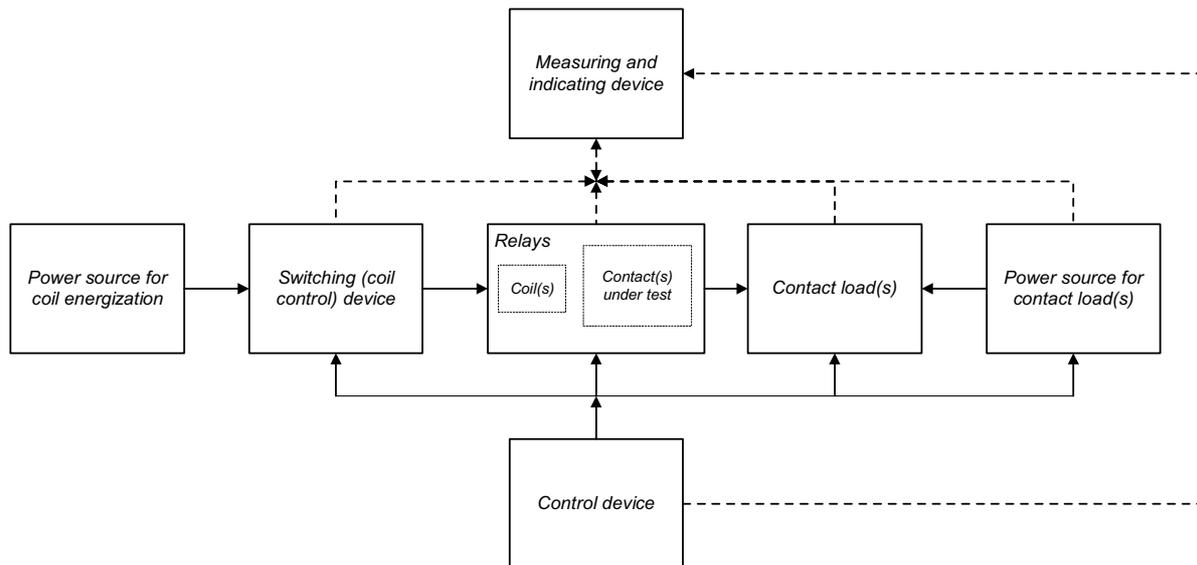
Load selection switch, position 1: Make test when different load (inrush current) is used.

Load selection switch, position 2: Make and break (or cyclic) tests with same load.

Isolating switch: Used to connect/disconnect the load circuit, independent of the contact under test.

Figure A.1 – Standard test circuit

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



NOTE The relays under test include any suppression and/or indicating device.

Figure A.2 – Functional block diagram

Table A.1 – Characteristics of power sources for contact loads

Characteristic	Standard values Power supply	Contact load categories (see Annex E)	Tolerances	Notes
Voltage	Preferred and other specified values	CC 0 and CC 1	$\pm 2\%$	Voltage across the load including the closed contact
		CC 2	$\pm 5\%$	
Current	Preferred and other specified values	CC 0 and CC 1	$\pm 5\%$	Transient currents as required for the test shall be properly provided
		CC 2	Minimum: rated test current	
Frequency	Standard rated values	CC 0 ... CC 2	$\pm 2\%$	See Table 1 of IEC 61810-1.
Waveform	Sinusoidal	CC 0 ... CC 2	Maximum distortion factor: 5%	See Table 1 of IEC 61810-1.
Alternating component in d.c. (ripple)	0	CC 0 ... CC 2	Max. 6%	See Table 1 of IEC 61810-1.
Direct component in a.c.	0	CC 0 ... CC 2	Max. 2% of peak value	See Table 1 of IEC 61810-1.

Table A.2 – Standard contact load characteristics

Load characteristics	Standard values		Contact load categories (see Annex E)	Tolerances	Notes
	DC supply	AC supply			
CC 0 load (≤ 30 mV / ≤ 10 mA)	$L/R \leq 10^{-7}$ s	$\cos \varphi \geq 0,95$	CC 0 ... CC 2		<i>L</i> is the unavoidable inherent circuit inductance
Resistive load	$L/R \leq 10^{-7}$ s		CC 0 and CC 1		
	$L/R \leq 10^{-6}$ s		CC 2		
		$\cos \varphi \geq 0,95$	CC 0 ... CC 2		
Inductive load	$L/R = 0,005$ s		CC 0 and CC 1	$\pm 15\%$	
	$L/R = 0,040$ s		CC 2		
		$\cos \varphi = 0,4$	CC 0 ... CC 2	$\pm 0,1$	

NOTE For inductive loads, values other than the standard values may be used if declared by the manufacturer. However, the tolerances should be as indicated in this table.

A.2 Description and requirements

A.2.1 Power source for coil energization

The power source for the energization of the relay coil(s) comprises the power supply including provisions for stabilization within given voltage limits and given impedances including safety arrangements, for example, fuses.

The source shall deliver the rated values of the coil voltage with a tolerance of $\pm 5\%$ for steady-state conditions. The input voltage envelope shall be rectangular.

The source and, when necessary, its polarity shall be able to be controlled externally.

A.2.2 Switching (coil control) device

This is circuitry to effect the various switching actions required during a cycle of testing, including the connections to the relays under test and having the ability to change the polarity of the connections to bistable relays.

This device shall be capable of handling the rated values of the coil voltage without affecting the stated tolerances.

A.2.3 Power source for contact loads

The power source supplying the load circuit(s) comprises the power supply including provisions for stabilization within given voltage and impedance limits including safety arrangements, for example, fuses.

The requirements for source impedance and resistance are given in Figure A.1. The tolerance of the power supply shall be in accordance with Table A.1.

A.2.4 Control device

This equipment generates the commands to run a specified test sequence controlling synchronization and the flow of orders (for example, starts, measurements, stops).

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

A.2.5 Measuring and indicating device

This device facilitates detection of the making and breaking of the relay contacts over every cycle, compared against the waveform generated by the control device. Any failure to perform the intended function shall be indicated and recorded. This device shall not have any significant influence on the outcome of the test.

A.3 Test schematic

Test schematics shall be selected from those shown in Table 13 of IEC 61810-1, unless otherwise specified.

Annex B (normative)

Data analysis

B.1 Introduction

This annex has been derived from the reliability standard IEC 61649 Ed. 2 with certain modifications necessary to adopt the procedures to elementary relays. The distribution considered in the reliability standard is of the Weibull type, which has been empirically recognized to correspond to an appropriate data analysis for elementary relays.

The graphical method as well as the numerical method are covered in IEC 61649. In addition, not only the Weibull probability analysis but also the Weibull hazard analysis is taken up in the graphical method. Here, Weibull hazard and Weibull probability analyses are applied to complete and incomplete data, respectively. The latter is especially useful for the reliability analysis of relays because many data sets obtained from life tests are incomplete.

NOTE Incomplete data are the data sets obtained from the test after either a certain number of failures or a certain number of cycles, when there are still items functioning, whereas complete data are the data sets without censoring.

This annex deals with the Weibull probability plot and the Weibull hazard plot for the graphical method, and the maximum likelihood estimation (MLE) for the numerical method in accordance with the provisions of IEC 61649.

The concept "time" is to be understood as "cycles" in the case of relays. However, with a given frequency of operation, the values indicated in numbers of cycles can be transformed into respective times.

For the sake of consistency, the following symbols and equations are reproduced in accordance with IEC 61649.

B.2 Abbreviations

CDF	Cumulative distribution function
MRR	Median rank regression
MLE	Maximum likelihood estimation
MCTF	Mean cycles to failure

B.3 Symbols and definitions

The following symbols are used in this Annex B and in Annex C. Auxiliary constants and functions are defined in the text.

$f(c)$	Probability density function
$F(c)$	Cumulative distribution function
$h(c)$	Hazard function
$H(c)$	Cumulative hazard function
$R(c)$	Reliability function of the Weibull distribution
B_{10}	Expected time at which 10 % of the population have failed (10 % fractile of the lifetime)
c	Cycle - variable

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

\hat{m}	Mean cycles to failure
ν	Weibull shape parameter
η	Weibull characteristic life or scale parameter
σ	Standard deviation

B.4 Weibull distribution

The fundamental Weibull formulae are defined as follows.

The probability density function of the Weibull distribution is:

$$f(c) = \beta \cdot \frac{c^{\beta-1}}{\eta^\beta} \cdot e^{-\left(\frac{c}{\eta}\right)^\beta} \quad [1]$$

The cumulative distribution function (CDF), or the expected fraction failing at cycle c :

$$F(c) = 1 - e^{-(c/\eta)^\beta} \quad [2]$$

The reliability function $R(c)$ at cycle c :

$$R(c) = 1 - F(c) = e^{-(c/\eta)^\beta} \quad [3]$$

The hazard function is:

$$h(c) = \beta \cdot \frac{c^{\beta-1}}{\eta^\beta} \quad [4]$$

The cumulative hazard function $H(c)$ is:

$$H(c) = \left(\frac{c}{\eta}\right)^\beta \quad [5]$$

B.5 Procedure**B.5.1 Graphical methods**

Graphical methods benefit from relatively straightforward processes and availability for data with a mixture of failure modes. The fundamentals of the analysis and an outline of the processes applied to Weibull probability and Weibull hazard plots are given in this clause.

B.5.1.1 Weibull probability plot**B.5.1.1.1 Ranking and plotting positions**

To make the Weibull plot, rank the data from the lowest to the highest number of cycles to failure. This ranking will set up the plotting positions for the cycle (c) axis and the ordinate, cumulative distribution function ($F(c)$), in percentage values. $F(c)$ is calculated by median rank regression (MRR). Dots of $(c_i, F(c_i))$ are plotted on the Weibull probability plotting paper.

For details, see IEC 61649, Subclauses 7.2.1 and 7.2.2.

B.5.1.1.2 Weibull probability plotting paper

The design of Weibull probability paper is shown below.

The equation [3] can be rewritten to the following equation:

$$\frac{1}{1 - F(c)} = e^{(c/\eta)^\beta} \quad [6]$$

Taking normal logarithms of both sides of the equation [6] twice gives an equation of a straight line as shown below:

$$\ln \ln \frac{1}{1 - F(c)} = \beta \ln c - \beta \ln \eta \quad [7]$$

The equation is a straight line of the form $y = ax + b$. Weibull paper is designed by plotting the cumulative probability of failure using a log log reciprocal scale against c on a log scale. When the equation is plotted as a function of $\ln(c)$, the slope of the straight line plotted in this manner will be β , the shape parameter, i.e.

$$y = \ln \ln \frac{1}{1 - F(c)} \quad [8]$$

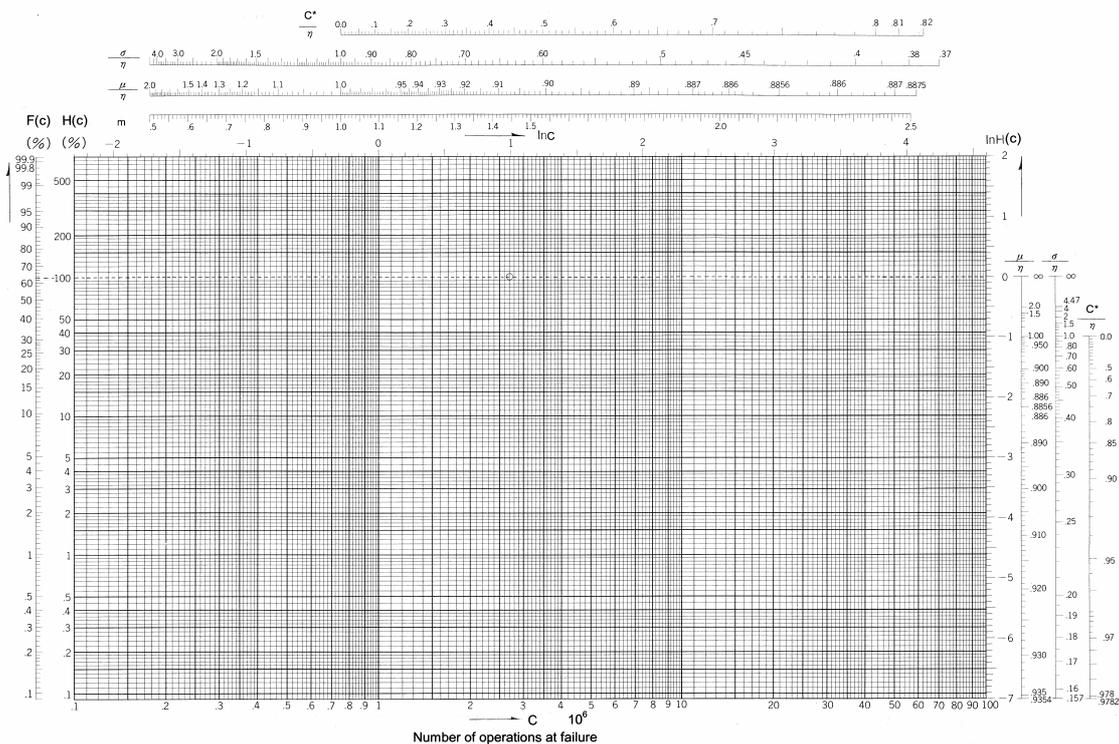
$$\begin{aligned} a &= \beta \\ x &= \ln(c) \\ b &= -\beta \ln(\eta) \end{aligned}$$

The scale parameter is then calculated from the intercept as follows:

$$\eta = e^{-(\text{intercept})/\beta} \quad [9]$$

When data are following a Weibull distribution, those data plotted on a Weibull distribution paper become a straight line. Figure B.1 shows a blank Weibull distribution paper.

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04



NOTE Partially rewritten on the basis of the paper published by JUSE PRESS
B.1 An example of Weibull probability paper and Weibull hazard paper

B.5.1.2 Hazard plot

B.5.1.2.1 Ranking and plotting positions

To make the hazard plot, rank the data from the lowest to the highest number of cycles to failure. This ranking will set up the plotting positions for the cycle (c) axis and the ordinate, cumulative hazard value $H(c)$, in percentage values. $H(c)$ is calculated by hazard value $h(c)$. Dots of $(c_i, H(c_i))$ are plotted on the cumulative hazard paper.

B.5.1.2.2 Cumulative hazard plotting paper

The design of cumulative hazard paper is shown below.

Taking natural logarithms of both sides of equation [5] gives:

$$\ln H(c) = \beta \ln c - \beta \ln \eta \quad [10]$$

The equation is a straight line of the form $y = ax + b$. Cumulative hazard paper is designed by plotting the cumulative probability of failure using a log reciprocal scale against c on a log scale. When the equation is plotted as a function of $\ln(c)$, the slope of the straight line plotted in this manner will be β , the shape parameter, i.e.

$$\begin{aligned} y &= \ln H(c) & [11] \\ a &= \beta \\ x &= \ln(c) \\ b &= -\beta \ln(\eta) \end{aligned}$$

The scale parameter is then calculated from the intercept as follows:

$$\eta = e [-(\text{intercept})/\beta] \quad [12]$$

When data are following a cumulative hazard function, those data plotted on a cumulative hazard paper become a straight line. Figure B.1 shows a blank cumulative hazard paper.

B.5.1.3 Estimate values of distribution parameters and characteristics

Distribution parameters and characteristics in the Weibull probability plot and the hazard plot are common.

- 1) The point estimate of the shape parameter, $\hat{\beta}$

$\hat{\beta}$ is derived from the slope a in the plotting paper.

- 2) The point estimate of the scale parameter, $\hat{\eta}$

$\hat{\eta}$ is derived directly from the cross point of a plotted straight line and a horizontal line through $F(c) = 63,2\%$ or $H(c) = 100\%$ as shown in Annex C.

- 3) The point estimate of mean cycles to failure (MCTF), \hat{m}

\hat{m} is given by the following expression:

$$\text{MCTF} = \hat{m} = \hat{\eta} \times \Gamma(1+1/\beta) \quad [13]$$

Where $\hat{\eta}$ and gamma functional value are obtained from a plotting paper and a handy scientific calculator or a convenient gamma functional table, respectively.

- 4) The point estimate of standard deviation, $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ is given by the following expression:

$$\hat{\sigma} = \hat{\eta} \times \sqrt{\Gamma(1+2/\hat{\beta}) - \Gamma^2(1+1/\hat{\beta})} \quad [14]$$

Where $\hat{\eta}$ and gamma functional value are also obtained from the same tools mentioned under 4) above.

- 5) The point estimate of the fractile (10%) of the cycles to failure, B_{10} :

B_{10} is derived directly from the cross point of a plotted straight line and a horizontal line through $F(c) = 10\%$ in the Weibull plot or $H(c) = -\ln 0,9 = 10,54\%$ in the hazard plot as shown in Annex C.

B.5.1.4 Mixture of several failure modes

Sometimes a Weibull probability plot or a hazard plot containing a “dogleg bend” appears.

If the line is not straight, it is called “Dogleg Weibull”. This is caused by a mixture of more than one failure mode, i.e. usually competitive failure modes.

When this occurs, a close examination of the failed items is the best way to separate the data into different failure modes.

Suppose there is a data set of two kinds of failure modes (A and B). The first set should be analyzed as A mode data only, suspending the B mode data. Consequently, the second set would contain B mode data. These two sets of data can be used to predict the failure distribution.

If this is done correctly, separate good Weibull analyses will result. A detailed description is shown in Annex G of IEC 61649.

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

B.5.2 Numerical methods**B.5.2.1 Distribution parameters**

The estimate for the two parameters of the Weibull distribution is obtained by numerically solving the equations below. The value of β that satisfies the first equation is the MLE of β . This value is used in the second equation to derive the MLE of η .

NOTE 1 Any appropriate computer routine to solve equations can be used to obtain β from the first equation, as the convergence to a single value is usually very fast.

NOTE 2 Refer to IEC 61649 for interval estimation, lower limit, etc. of β and η .

Step 1 – Find the value of β that satisfies the equation below. The solution to this equation is the point estimate of the Weibull shape parameter $\hat{\beta}$.

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^r c_i^\beta \ln(c_i) + (n-r)C^\beta \ln(C)}{\sum_{i=1}^r c_i^\beta + (n-r)C^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln(c_i) \right] = 0 \quad [15]$$

Step 2 – Compute $\hat{\eta}$ using the value of $\hat{\beta}$, obtained in step 1, from:

$$\hat{\eta} = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r c_i^{\hat{\beta}} + (n-r)C^{\hat{\beta}} \right] \right\}^{\frac{1}{\hat{\beta}}} \quad [16]$$

B.5.2.2 Characteristics**B.5.2.2.1 Point estimate of mean cycles to failure MCTF, \hat{m}**

\hat{m} is calculated as:

$$\hat{m} = \hat{\eta} \Gamma(1 + 1/\hat{\beta}) \quad [17]$$

Where $\hat{\beta}$ and $\hat{\eta}$ are obtained from steps 1 and 2 in B.5.2.1 and the gamma function value is defined in 1.44 of ISO 3534-1.

B.5.2.2.2 Standard deviation, $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ is calculated as:

$$\hat{\sigma} = \hat{\eta} \times \sqrt{\Gamma(1 + 2/\hat{\beta}) - \Gamma^2(1 + 1/\hat{\beta})} \quad [18]$$

B.5.2.2.3 Point estimate of the fractile (10%) of cycles to failure, \hat{B}_{10}

\hat{B}_{10} is calculated as:

$$\hat{B}_{10} = \hat{\eta} \left[\ln\left(\frac{1}{0.9}\right) \right]^{1/\hat{\beta}} \quad [19]$$

B.5.2.2.4 Point estimate of the reliability at cycle c

The calculation and indication of the relay reliability at cycle c is optional.

The point estimate of the reliability at cycle c is calculated as:

$$\hat{R}(c) = e^{-(c / \hat{\eta})^{\hat{\beta}}} \quad [20]$$

Annex C (informative)

Example of cumulative hazard plot

This concrete example is provided to demonstrate the procedure of cumulative hazard plot when applied to a life test analysis of elementary relays. The procedure is aligned with the provisions of Annex B. This annex takes up an example of incomplete data with two failure modes. The cumulative hazard plot procedure provides estimations of distribution parameters and reliability characteristics from a plot and a simple scientific calculator.

C.1 Procedure of cumulative hazard plot

This clause describes a procedure to estimate parameters of a Weibull distribution and reliability characteristics of the data, using cumulative hazard paper.

C.1.1 Ranking and plotting

Observed data are ranked and plotted in steps 1 to 6. It is recommended to use a work sheet illustrated in Table C.1 for plotting.

Table C.1 - Work sheet for cumulative hazard analysis

Sample No	Rank	Reverse rank	Cycles(c_i)	Failure mode	Hazard value	Comulative hazard value (H _j %)	
	i	$K_i=n-i+1$		M_j	$h\%$	M1	M2

Step 1

The ranking, i and the reverse ranking, K_i are entered in the respective columns. The value of K_i is calculated as follows:

$$K_i = n + 1 - i$$

where

n is the number of tested items.

Step 2

Observed data are sorted from smallest to largest in order of cycles to failure, with the values for cycles to failure (c_i , corresponding to i) filled in. The individual sample number is also entered in the column "No.", corresponding to c_i .

Step 3

The hazard values, $h(c_i)$ are filled into the respective column corresponding to c_i and are calculated as follows:

$$h(c_i) = 1 / K_i \times 100(\%)$$

Step 4

If multiple failure modes appear, failure mode numbers are filled in the column of M_j corresponding to c_i . Here, j is a code number of a specific failure mode.

Step 5

Cumulative hazard values $H_j(c_i)$ are filled in the respective column and each value is calculated according to the same failure mode (M_j) as follows:

$$H_j(c_i) = \sum_{l \geq 1} h(c_l)$$

Step 6

Dots corresponding to $(c_i, H_j(c_i))$ are plotted in a cumulative hazard chart. Then a straight line is drawn through the dots of each failure mode that best fits the data.

Step 7

If the distribution of dots is close to the straight line, proceed to C.1.2, as the result seems to be aligned with a Weibull distribution, $\gamma = 0$.

If it is difficult to draw the straight line, it might be better to revise the failure modes and to carry out a detailed failure diagnosis of the relays used for the test, or to re-assess the test conditions, etc.

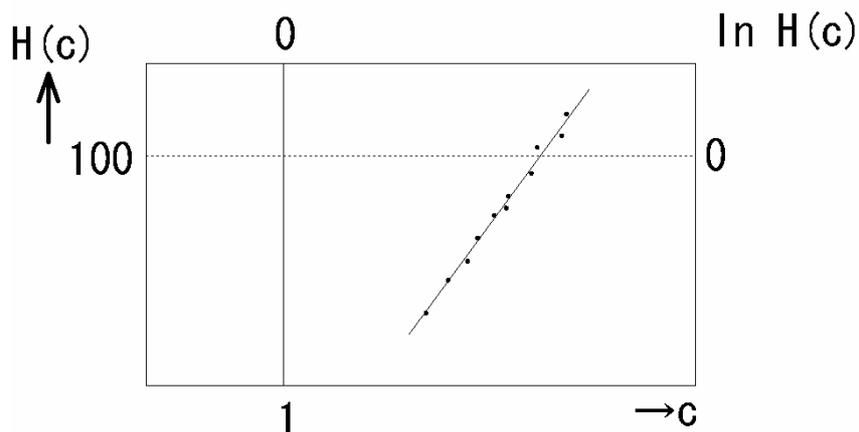


Figure C.1 - Plotting of dots and drawing of a straight line

C.1.2 Estimation of distribution parameters

Shape and scale parameters are derived from the plotting paper as follows:

- 1) The point estimate of the shape parameter, $\hat{\beta}$

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

A parallel line is drawn above the first plotted line through the coordinate point $(\ln c = 1, \ln H(c) = 0)$. $\hat{\beta}$ is read from a value of $\ln H(c)$ at the cross point of this parallel line and a vertical line through $\ln c = 0$, as shown in Fig. C.2.

2) The point estimate of the scale parameter, $\hat{\eta}$

$\hat{\eta}$ is read from the value of c at the cross point of the initially plotted straight line and a horizontal line through $H(c) = 100\%$, as shown in Fig. C.2.

C.1.3 Estimation of distribution characteristics

The estimated values of the mean cycles to failure (MCTF) \hat{m} , the standard deviation $\hat{\sigma}$ and the fractile (10%) of cycles to failure \hat{B}_{10} are obtained as follows:

1) The point estimate of the mean cycles to failure (MCTF), \hat{m}

\hat{m} is obtained from equation [13] in Annex B with the values of $\hat{\eta}$ and $\hat{\beta}$ from C.1.2 above and the gamma function value determined with a convenient scientific calculator or a suitable gamma function table.

2) The point estimate of the standard deviation, $\hat{\sigma}$

$\hat{\sigma}$ is obtained in the same way from equation [14] in Annex B.

3) The point estimate of the fractile (10%) of cycles to failure, \hat{B}_{10}

\hat{B}_{10} can be read from the value of c at the cross point of the initially plotted straight line and a horizontal line through $H(c) = 10,54\%$, as shown in Fig. C.2.

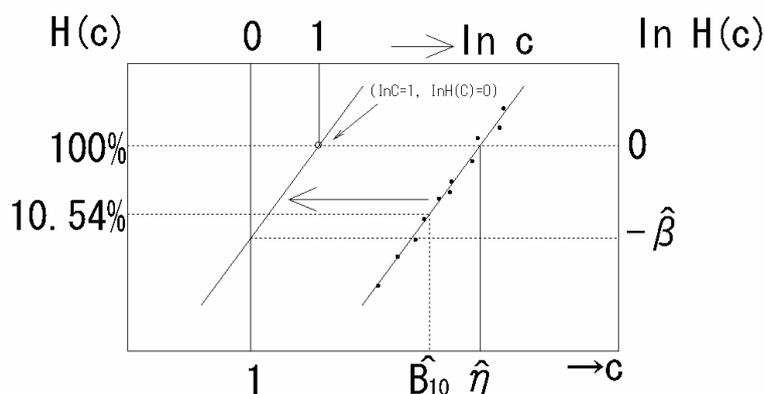


Figure C.2 - Estimation of distribution parameters

C.2 Example applied to life test data

This example is provided to demonstrate the usefulness of reliability analysis by Weibull hazard plot based on life tests of elementary relays. Thirty items are put under test. The test is censored at 1.240.000 cycles. The majority of items fail because of welding (failure mode 1) or erosion of contacts (failure mode 2).

C.2.1 Ranking and plotting

Applying the procedure from step 1 to step 6 of C.1.1 for the work sheet and the hazard plot yields Table C.2 and Figure C.3.

Table C.2 – Example work sheet

Sample No	Rank	Reverse rank	KCycles(c _i)	Failure mode	Hazard value	Comulative hazard value (H _f %)	
	i	K _i =n-i+1		M _j	h%	M1	M2
12	1	30	490	1	3,333	3,333	-
27	2	29	520	1	3,448	6,782	-
3	3	28	545	1	3,571	10,353	-
10	4	27	585	2	-	-	3,704
6	5	26	585	2	-	-	3,846
22	6	25	600	2	-	-	4,000
18	7	24	600	1	4,167	14,520	-
17	8	23	605	2	-	-	4,348
30	9	22	635	1	4,545	19,065	-
9	10	21	640	2	-	-	4,762
23	11	20	645	2	-	-	5,000
28	12	19	655	1	5,263	24,328	-
21	13	18	655	2	-	-	5,556
5	14	17	670	2	-	-	5,882
15	15	16	680	1	6,250	30,578	-
1	16	15	715	2	-	-	6,667
8	17	14	715	2	-	-	7,143
2	18	13	715	1	7,692	38,271	-
20	19	12	730	2	-	-	8,333
4	20	11	730	2	-	-	9,091
19	21	10	765	2	-	-	10,000
29	22	9	780	2	-	-	11,111
11	23	8	815	2	-	-	12,500
26	24	7	1025	2	-	-	14,286
25	25	6	1120	1	16,667	54,937	-
24	26	5	1160	1	20,000	74,937	-
16	27	4	1240	1	25,000	99,937	-
14	28	3	1240	C	-	-	-
7	29	2	1240	C	-	-	-
13	30	1	1240	C	-	-	-

Mode 1 = Welding, Mode 2 = Contact erosion, C = censored

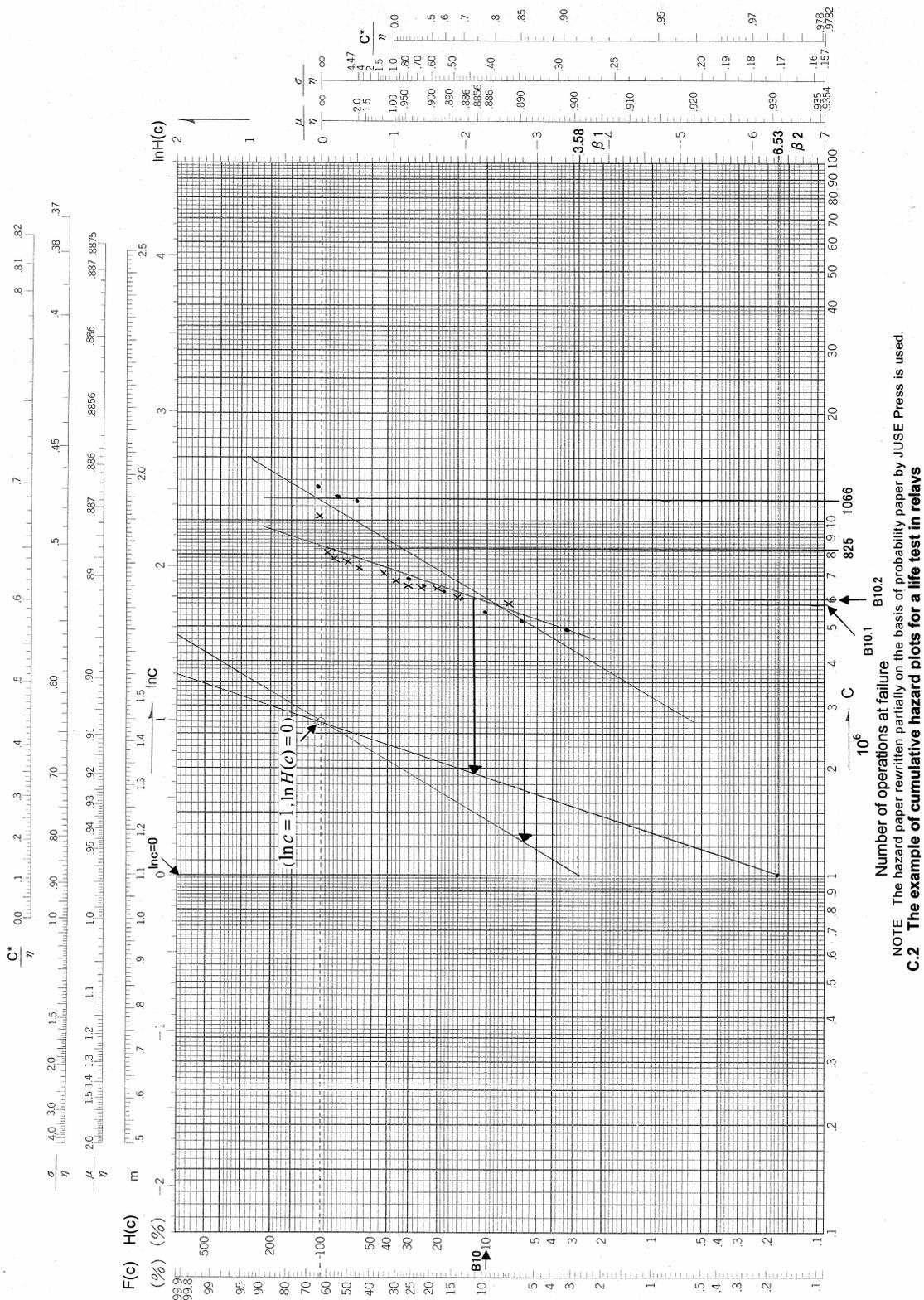


Figure C.3 - Cumulative hazard plots

Distribution of this sample is a “dogleg” Weibull type. The straight lines for welding failures (mode 1) and contact erosion failures (mode 2) are shown in solid line and dashed line, respectively.

C.2.2 Estimation of distribution parameters

Applying the procedures of C.1.2 yields the following results:

$$\hat{\beta}_1 = 3,58, \quad \hat{\eta}_1 = 1.066 \times 10^3$$

$$\hat{\beta}_2 = 6.53, \quad \hat{\eta}_2 = 825 \times 10^3$$

C.2.3 Estimation of distribution characteristics

Applying the procedures of C.1.2 yields the following results:

$$\hat{m}_1 = 992,9 \times 10^3, \quad \hat{\sigma}_1 = 298,5 \times 10^3, \quad \hat{B}_{10^{*1}} = 568,5 \times 10^3$$

$$\hat{m}_2 = 785,2 \times 10^3, \quad \hat{\sigma}_2 = 141,9 \times 10^3, \quad \hat{B}_{10^{*2}} = 584,5 \times 10^3$$

References:

[1] H.Shioimi, T. Mitsuhashi, M.Saito, A Masuda "How to use probability paper in reliability", 1983 in Japanese.

Annex D (informative)

Special loads

D.1 Special loads for telecom and signal relays

For relays intended to be used in telecom and signalling applications, a cable load test may be applicable when specified by the manufacturer.

The load circuit shall be in accordance with Figure D.1.

Test details (in particular the cable characteristics) shall be as specified by the manufacturer.

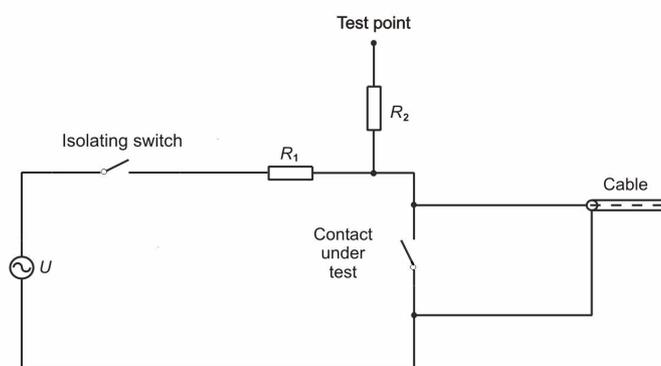


Figure D.1 – Circuit for cable load

D.2 Special loads with inrush current

For relays intended to be used in applications with inrush currents, a respective test may be applicable when specified by the manufacturer.

The load circuit shall be in accordance with Figures D.2, D.4 or D.5 as appropriate, unless otherwise specified. However, the manufacturer is permitted to specify and declare a time constant other than 2,5 ms (standard value for tungsten filament lamps) for the cases described in Figures D.2 and D.4. The time periods for the open and closed contact shall be no less than 4 times the time constant $C \times R_3$ and $C \times R_2$, respectively.

Special contact ratings for inrush current loads established by tests in accordance with Figures A.4 and A.6 shall be described in the following format:

Steady state current / Peak inrush current / Voltage / Time constant

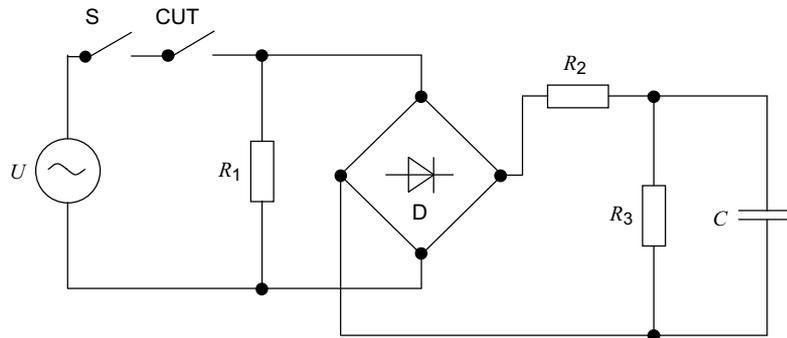
The steady state current represents the rated current for special inrush loads.

See Figure D.3 with an example for the testing of relays rated 10/100 A/250 V~/2,5 ms.

In case of contact ratings established in accordance with Figure D.5 for inrush current loads with power-factor correction the following format shall be used:

Steady state current / Voltage / Current limiting resistance (R_2) / Capacitance(C_F)

The values of the current limiting resistance and the capacitance need to be indicated only when deviating from the values indicated in Figure D.5.



$$R_1 = U / I$$

where U is the rated voltage and I is the steady state current of the load;

$$R_2 = R_1 \times 1,414 / (X - 1)$$

where X is the ratio between the peak inrush current and the steady state current;

$$R_3 = (800/X) \times R_1$$

$$C \times R_2 = 2\,500 \mu\text{s} \text{ (standard value for lamp load, other values are permitted)}$$

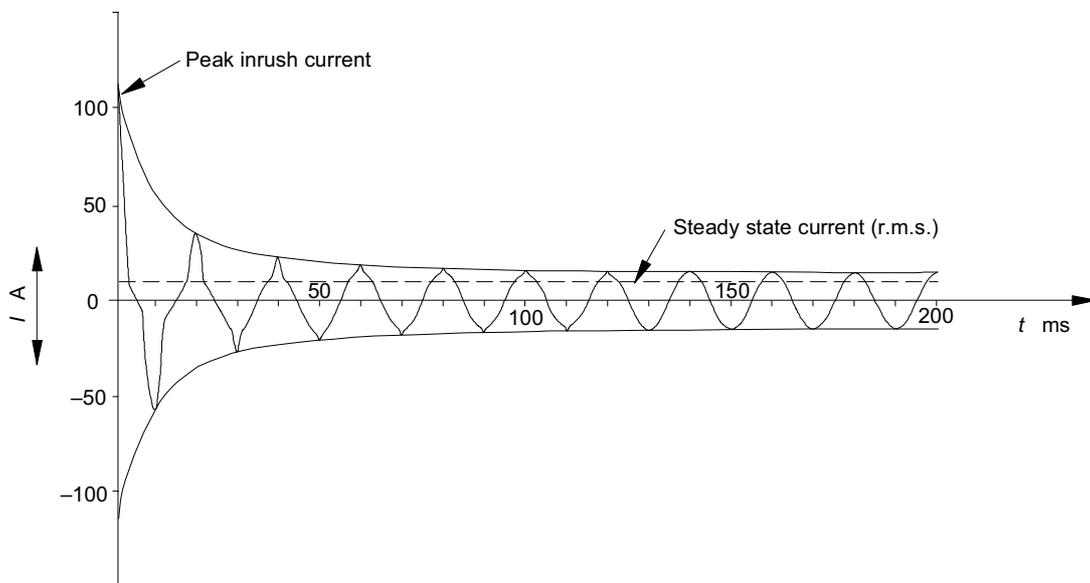
D rectifier-bridge

S isolating switch

CUT contact under test

The circuit elements and the source impedance are chosen so as to ensure a 10 % accuracy of the peak inrush current, and the steady state current.

Figure D.2 – Test circuit for inrush current loads (e.g. capacitive loads and simulated tungsten filament lamp loads) — AC circuits



Values calculated from Figure D.2

$$R_1 = 25 \Omega$$

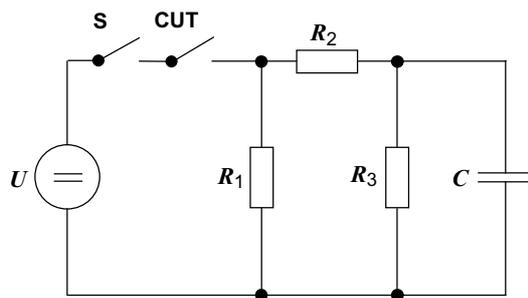
$$R_2 = 3,93 \Omega$$

$$R_3 = 2\,000 \Omega$$

$$C = 636 \mu\text{F}$$

Figure D.3 – Example for a tungsten filament lamp test for relays rated 10/100 A/250 V~/2,5 ms

E DIN IEC 61810-2 (VDE 0435-120):2008-04

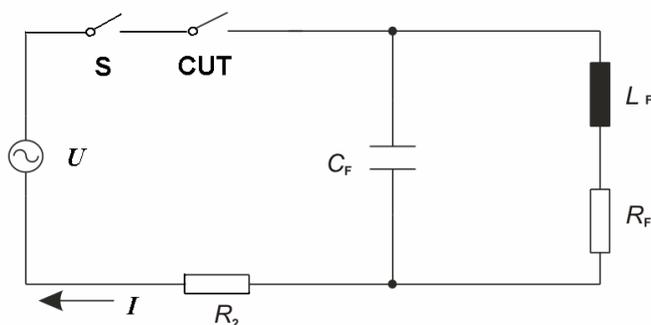


$R_1 = U/I$ where U is the rated voltage and I is the steady state current;
 $R_2 = R_1 / (X - 1)$ where X is the ratio between the peak inrush current and the steady state current;
 $R_3 = (800/X) \times R_1$
 $C \times R_2 = 2\,500\ \mu\text{s}$ (standard value for lamp load, other values are permitted)

CUT contact under test
 S isolating switch

The circuit elements and the source impedance are chosen so as to ensure a 10 % accuracy of the peak inrush current, and the steady state current.

Figure D.4 – Test circuit for inrush current loads (e.g. capacitive loads and simulated lamp loads) — DC circuits



CUT contact under test
 S isolating switch
 $C_F = 70\ \mu\text{F} \pm 10\%$ ($I \leq 6\ \text{A}$), where I is the steady state current,
 $= 140\ \mu\text{F} \pm 10\%$ ($6\ \text{A} < I \leq 20\ \text{A}$), where I is the steady state current
 unless otherwise specified and declared by the manufacturer
 L_F and R_F adjusted to have $I =$ steady state current and 0,9 (lagging) power factor
 R_2 (including wire resistance) = 0,25 Ω unless otherwise specified and declared by the manufacturer

- The source impedance and the circuit elements are chosen so as to ensure
- a prospective short-circuit current of the supply of 3-4 kA;
 - an accuracy of $\pm 5\%$ of the rated voltage U ;
 - an accuracy of the steady state current I of $-0\% / +5\%$;
 - an accuracy of the power factor of $\pm 0,05$.

Figure D.5 – Test circuit for inrush current loads (e.g. simulated fluorescent lamp loads) with power-factor correction

Annex E (normative)

Contact load categories

For the purpose of selecting details for test circuits (see Tables A.1 and A.2) the manufacturer shall declare the appropriate contact load category(ies) for the contact under test.

E.1 Contact load category 0 (CC 0)

A load characterized by a maximum contact voltage of 30 mV and a maximum switching current of 10 mA.

E.2 Contact load category 1 (CC 1)

A low load without arcing.

NOTE Arcing with a duration of up to 1 ms is disregarded.

E.3 Contact load category 2 (CC 2)

A high load where contact arcing can occur.

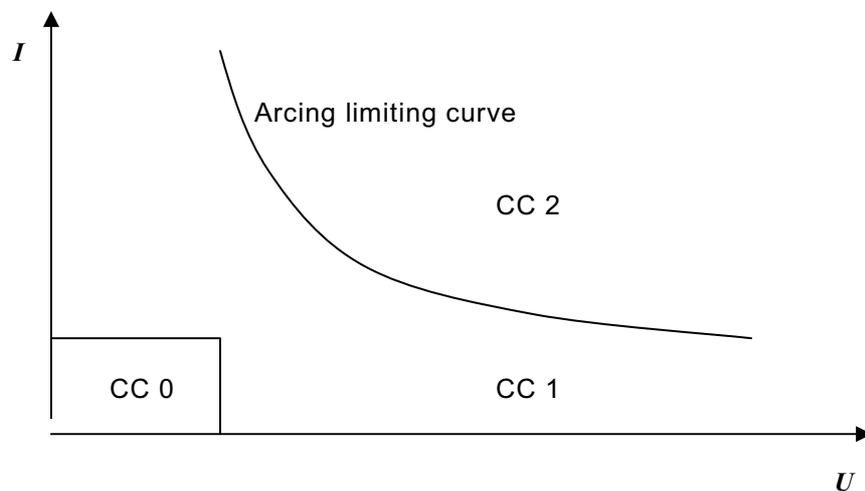


Figure D.1 – Contact load categories