

	DIN EN IEC 62271-207 (VDE 0671-207)	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

ICS 29.130.10

Einsprüche bis 2022-02-03

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62271-207
(VDE 0671-207):2013-02

**Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen –
 Teil 207: Erdbebenqualifikation für gasisolierte Schaltgerätekombinationen,
 metallgekapelte und isolierstoffgekapelte Schaltanlagen mit
 Bemessungsspannungen über 1 kV
 (IEC 17C/769/CD:2021);
 Text Deutsch und Englisch**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies, metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear for rated voltages above 1 kV

(IEC 17C/769/CD:2021);

Text in German and English

Appareillage à haute tension –

Partie 207: Qualification sismique pour les ensembles d'appareillage de commutation à isolation gazeuse, à enveloppe métallique et à isolation solide pour des tensions nominales supérieures à 1 kV (IEC 17C/769/CD:2021);

Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

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

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 66 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 17C/769/CD:2021-01 „High-voltage switchgear and controlgear – Part 207: Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies, metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear for rated voltages above 1 kV“ (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 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/SC 17C „Assemblies“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. 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 FprEN nur 6 Wochen 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/UK 432.2 „Typegeprüfte Hochspannungsschaltanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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

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

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 62271-207 (VDE 0671-207):2013-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) untere Bemessungsspannung von 52 kV auf über 1 kV angepasst, um Mittelspannungsgeräte einzubeziehen, die bisher in den Anwendungsbereich von IEC TS 62271-210 fielen;
- b) Qualifizierungsverfahren weiter mit den überarbeiteten Anhängen A und P der Norm IEEE 693-2018 standardisiert, einschließlich Folgendem:
- c) Anforderungs-Antwortspektren nach **IEC 62271-207** an Performance-Level-Spektren nach IEEE 693-2018 sowie an Spektren nach IEC TS 62271-210 angepasst;
- d) schrittweises Verfahren hinzugefügt, das Anwender der Norm bei der Auswahl einer geeigneten seismischen Qualifikationsklasse unterstützt, bei der sowohl die seismische Integrität als auch ein kosteneffizientes Design gegeben sind;
- e) analytische Verfahren zur Kombination von Erdbebenkomponenten hinzugefügt;
- f) Verweis auf öffentlich verfügbare Beschleunigungsdiagramme für Prüf- und Berechnungszwecke hinzugefügt, die speziell für die Spektren nach IEEE 693-2018 entwickelt wurden, da die Spektren nach **IEC 62271-207** und IEC TS 62271-210 in ihrer Form mit den Spektren nach IEEE 693 identisch sind.
- g) verschiedene Erweiterungen der Testverfahren hinzugefügt;
- h) mindestens erforderliche Angaben für Berichte zur seismischen Qualifizierung hinzugefügt.

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	8
4 Anforderungen an die Erdbebenqualifizierung.....	11
4.1 Allgemeines.....	11
4.2 Seismische Qualifikationsklassen.....	11
4.3 Auswahl der seismischen Qualifikationsklasse.....	15
4.3.1 Einschätzung des standortspezifischen seismischen Gefährungsgrades.....	15
4.3.2 Auswirkung der Gebäudereaktion und Höhe.....	16
4.3.3 Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk.....	16
5 Qualifizierung durch Prüfung.....	16
5.1 Allgemeines.....	16
5.2 Befestigung.....	17
5.3 Prüfparameter.....	17
5.3.1 Messungen.....	17
5.3.2 Frequenzbereich.....	17
5.3.3 Parameter für den Resonanzfrequenz-Suchlauf.....	18
5.3.4 Parameter für die Zeitverlauf-Prüfung (seismische Beanspruchungsprüfung).....	18
5.4 Prüfverfahren.....	18
5.4.1 Allgemeines.....	18
5.4.2 Sichtprüfung und Funktionsprüfungen.....	18
5.4.3 Resonanzfrequenz-Suchlauf.....	19
5.4.4 Zeitverlauf-Prüfung (seismische Beanspruchungsprüfung).....	19
6 Qualifizierung durch Kombination von Prüfung und Berechnung.....	20
6.1 Allgemeines.....	20
6.2 Dynamische Daten und Funktionsdaten.....	20
6.3 Berechnung.....	20
6.3.1 Allgemeines.....	20
6.3.2 Analytische Verfahren zur Kombination von Erdbebenkomponenten.....	21
6.3.3 Statische Analyse für biegesteife Betriebsmittel.....	21
6.3.4 Berechnung mit statischen Koeffizienten.....	22
6.3.5 Dynamische Berechnung des Antwortspektrums.....	22
6.3.6 Zeitverlauf-Analyse.....	23
6.4 Analyse durch Erfahrung oder Ähnlichkeit.....	23
7 Bewertung der Erdbebenqualifikation.....	24
7.1 Kombination von Lasten und Beanspruchungen.....	24
7.2 Gültigkeitskriterien für die Form des seismischen Signals und die seismische Prüfung.....	24

7.3	Bewertung der Prüfergebnisse hinsichtlich der Konstruktion und Funktionalität.....	24
7.3.1	HS-Schaltanlage.....	24
7.3.2	Mittelspannungs-Schaltanlage.....	25
7.4	Zulässige Beanspruchungen.....	25
7.5	Annahmekriterien für das Modell.....	26
7.6	Annahmekriterien für die Ergebnisse der Analyse durch Ähnlichkeit.....	26
8	Dokumentation.....	26
8.1	Prüfbericht.....	26
8.2	Bericht über die Berechnung.....	27
8.3	Analysebericht bei Analyse durch Ähnlichkeit.....	28
	Anhang A (normativ) Charakterisierung der Prüfanordnung.....	29
A.1	Anregung mit niedrigem Pegel.....	29
A.1.1	Allgemeines.....	29
A.1.2	Prüfverfahren.....	29
A.1.3	Berechnung.....	29
A.2	Bestimmung der relativen Dämpfung durch Prüfen.....	29
A.2.1	Bestimmung der relativen Dämpfung durch Prüfung mit freiem Ausschwingen.....	29
A.2.2	Bestimmung der relativen Dämpfung durch Messung der Halbwertsbandbreite.....	30
A.2.3	Bestimmung der relativen Dämpfung durch Kurvenanpassung an Frequenzgangverfahren.....	30
A.2.4	Bestimmung der relativen Dämpfung durch Kurvenanpassung im Zeitbereich.....	31
	Anhang B (informativ) Kriterien für die Erdbebenfestigkeit vorgasisolierten metallgekapselten Schaltgerätekombinationen.....	32
B.1	Allgemeines.....	32
B.2	Fundamente.....	32
B.3	Verfahren zur Verankerung von Geräten an Fundamenten.....	32
B.4	Verbindung zu benachbarten Betriebsmitteln.....	33
B.5	Anwendung von Versteifungen am Gestell von Schaltgerätekombinationen.....	33
	Anhang C (informativ) Ablaufdiagramm zum Qualifizierungsprozess.....	34
	Literaturhinweise	36
Bilder		
Bild 1	– Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG2.5 (ZPA = 0,25 g).....	13
Bild 2	– Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG5 (ZPA = 0,50 g).....	14
Bild 3	– Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG10 (ZPA = 1,00 g).....	15
Bild 4	– Übersicht über maximale Beanspruchungen, Lasten usw. [QUELLE: IEEE 693-2018, Anhang S]...	28
Bild 5	– Beispiel für Übersicht über maximale Beanspruchungen, Lasten usw. [QUELLE: IEEE 693-2018, Anhang S].....	28
Bild A.1	– Nomogramm zur Bestimmung der äquivalenten relativen Dämpfung.....	30

Tabellen

Tabelle 1 – Seismische Qualifikationsklassen für Schaltgerätekombinationen Waagerechte Beanspruchungsklassen.....	11
Tabelle 2 – Vergleich der Qualifikationsklassen nach verschiedenen Normen.....	12

Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 207: Erdbebenqualifikation für gasisolierte Schaltgerätekombinationen, metallgekapselte und isolierstoffgekapselte Schaltanlagen mit Bemessungsspannungen über 1 kV

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62271 gilt für Folgendes:

- gasisolierte Schaltgerätekombinationen für Wechselstrom nach **IEC 62271-203** mit Bemessungsspannungen über 52 kV für die Innenraum- und Freiluftaufstellung einschließlich ihrer Untergestelle;
- metallgekapselte Schaltgerätekombinationen für Bemessungsspannungen über 1 kV und bis zu 52 kV, die mit **IEC 62271-200** (metallgekapselt) und **IEC 62271-201** (isolierstoffgekapselt) übereinstimmen, die bodenmontiert sind und die für den Einsatz unter seismischen Bedingungen vorgesehen sind.

Hinweise zu Wechselwirkungen zwischen Untergestellen und dem Erdreich/den Fundamenten sind in [Abschnitt 4.3.3](#) enthalten.

Die seismische Qualifizierung der Schaltgerätekombinationen berücksichtigt das Prüfen von typischen Schaltgerätekombinationen in Kombination mit analytischen Methoden. Die Wechselwirkung zwischen direkt befestigten Hilfs- und Steuereinrichtungen und Schaltgerätekombinationen ist berücksichtigt.

Die seismischen Qualifizierung umfasst die Auswahl der seismischen Qualifikationsklasse ([Abschnitt 4](#)), die Verfahren für die Qualifizierung durch Prüfung ([Abschnitt 5](#)) und kombinierte Prüfung und Berechnung ([Abschnitt 6](#)), die Annahmekriterien ([Abschnitt 7](#)) und die Dokumentation der seismischen Qualifizierung ([Abschnitt 8](#)).

Die Qualifizierung von Schaltgerätekombinationen für Erdbeben wird nur auf Anforderung durchgeführt.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-47, *Environmental testing – Part 2-47: Tests – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-57, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history method*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

IEC 60068-3-3 Edition 2.0 2019-08, *Environmental testing - Part 3-3: Supporting documentation and guidance - Seismic test methods for equipment*

IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-203, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60068-3-3, IEC 62271-1, IEC 62271-200, IEC 62271-201, IEC 62271-203, ISO 2041 und die folgenden Begriffe.

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

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Hochspannungs-Schaltanlage (im Anwendungsbereich dieser Norm)

HS-Schaltanlage

gasisierte Schaltgerätekombinationen für Wechselstrom nach IEC 62271-203 mit Bemessungsspannungen über 52 kV für die Innenraum- und Freiluftaufstellung einschließlich ihrer Untergestelle

3.2

Mittelspannungs-Schaltanlage (im Anwendungsbereich dieser Norm)

MS-Schaltanlage

metallgekapselte Schaltgerätekombinationen für Bemessungsspannungen über 1 kV und bis zu 52 kV, die mit IEC 62271-200 (metallgekapselt) und IEC 62271-201 (isoliertstoffgekapselt) übereinstimmen und bodenmontiert sind

3.3

sprödes Material

ein Material, das sich vor dem Bruch nur geringfügig oder gar nicht plastisch verformt. Als begrenzte Verformung gelten weniger als 10 % je 5 cm bei einem Bruch unter Zugbelastung

[QUELLE: IEEE 693-2018]

3.4

formbares Material

ein Material, das sich vor dem Bruch deutlich plastisch verformt. Als deutliche plastische Verformung gelten weniger 10 % oder mehr je 5 cm bei einem Bruch unter Zugbelastung

[QUELLE: IEEE 693-2018]

3.5

flexibles Betriebsmittel

Betriebsmittel, Konstruktionen und Komponenten, deren niedrigste Resonanzfrequenz kleiner als 33 Hz ist

3.6

biegesteifes Betriebsmittel

Betriebsmittel, Konstruktionen und Komponenten, deren niedrigste Resonanzfrequenz größer als 33 Hz ist

3.7

Fallbeschleunigung

g

Schwerkraftbedingte Beschleunigung, die 9,81 m/s² beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm wird g auf die nächste ganze Zahl gerundet, d. h. auf 10 m/s².

3.8

Bodenbeschleunigung

die Beschleunigung des Erdbodens, die von einem vorgegebenen Erdbeben herrührt

3.9

Spitzenwert der Bodenbeschleunigung

PGA (en: peak ground acceleration)

die maximale Bodenbeschleunigung einer beliebigen Komponente im Zeitverlauf

3.10

Nullpunktbeschleunigung

ZPA (en: zero point acceleration)

die spektrale Beschleunigung für Frequenzen über 33 Hz

3.11

Etagenbeschleunigung

Beschleunigung des Fußbodens eines bestimmten Stockwerks (oder einer Gerätebefestigung) als Antwort auf ein vorgegebenes Erdbeben

3.12

Antwortspektrum

die grafische Darstellung der maximalen Antwort einer Anordnung von identisch gedämpften Oszillatoren mit einem Freiheitsgrad und unterschiedlichen Frequenzen, die alle der gleichen Grunderregung ausgesetzt sind

3.13

Anforderungs-Antwortspektrum

RRS (en: required response spectrum)

Antwortspektrum, das das erforderliche Niveau der Eingangsbewegung für eine bestimmte Qualifikationsklasse definiert

3.14

Etagen-Antwortspektrum

Antwortspektrum des Bodenbeschleunigungsverlaufs in einem Stockwerk (oder einer Gerätebefestigung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Beschleunigungsantwortspektren können für jede der drei Anregungskomponenten berechnet werden.

3.15

Überhöhungsfaktor

Verstärkungsfaktor, der die Verstärkung der seismischen Belastung in Bezug auf den Boden durch die Reaktion von Gebäuden und Konstruktionen berücksichtigt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Überhöhungsfaktor wird anstelle einer genaueren Schätzung des Anteils der Reaktion des Gebäudes (oder einer anderen Gerätebefestigung) an der Reaktion des qualifizierten Betriebsmittels verwendet.

3.16

Resonanzfrequenz

Frequenzen, die parallel zu der Eigenfrequenz eines Systems auftreten (bei denen die Antwortamplitude ein relatives Maximum ist) Bei diesen Frequenzen können selbst kleine periodische Antriebskräfte Schwingungen mit großer Amplitude erzeugen

3.17

vollständige quadratische Addition

CQC-Regel (en: complete quadratic combination)

ein Verfahren zur Addition der Moden, das besonders für Systeme mit eng beieinander liegenden Frequenzen nützlich ist

3.18

Dämpfung

energieverbrauchende Mechanismen in einem System

Anmerkung 1 zum Begriff: Praktisch hängt die Dämpfung von vielen Parametern ab, wie Systemaufbau, Schwingungsform, Spannung, eingeleiteter Kraft, Geschwindigkeit, Werkstoff, Schlupf in Verbindungen.

[QUELLE: IEC 60068-3-3, Ausgabe 2.0, 2019-08]

3.18.1

kritische Dämpfung

Kleinstwert der geschwindigkeitsabhängigen Dämpfung, bei der das ausgelenkte System ohne Überspringen in seine Ruhelage zurückkehrt

[QUELLE: IEC 60068-3-3, Ausgabe 2.0, 2019-08]

3.18.2

Dämpfungsgrad

Verhältnis der tatsächlichen Dämpfung zur kritischen Dämpfung in einem System mit geschwindigkeitsabhängiger Dämpfung

[QUELLE: IEC 60068-3-3, Ausgabe 2.0, 2019-08]

3.19

Richtungsfaktor

Faktor, der den Unterschied der Stärke zwischen waagerechter und senkrechter Bodenbeschleunigung bei einem Erdbeben berücksichtigt

[QUELLE: IEC 60068-3-3, Ausgabe 2.0, 2019-08]

3.20

normale Betriebslast

jede Kraft, Belastung oder Beanspruchung, die sich aus dem Betrieb des Betriebsmittels ergibt und bei der vernünftigerweise davon ausgegangen werden kann, dass sie während eines Erdbebens auftritt

3.21

seismische Qualifikationsklasse

Es gibt die vier seismischen Qualifikationsklassen „Schwach“, „AG2.5“, „AG5“ und „AG10“. Die Klasse in der ein Betriebsmittel qualifiziert sein muss hängt von der seismischen Aktivität der Region ab, in der es eingesetzt werden soll. Zwischenliegende seismische Qualifikationsklassen sind ebenfalls zulässig und werden durch eine angemessene Skalierung der verfügbaren Klassen nach ihrer ZPA erreicht, damit sie mit der standortspezifischen ZPA übereinstimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die seismische Qualifikationsklasse „AG2.5“ stimmt mit der Qualifikationsklasse „Mäßig“ nach IEC 62271-207:2012 überein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die seismische Qualifikationsklasse „AG5“ stimmt mit der Qualifikationsklasse „Hoch“ nach IEC 62271-207:2012, dem Schärfegrad 1 nach IEC TS 62271-210:2013 sowie dem Performance Level „Moderate“ nach IEEE 693-2018 überein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die seismische Qualifikationsklasse „AG10“ stimmt mit dem Schärfegrad 2 nach IEC TS 62271-210:2013 sowie dem Performance Level „High“ nach IEEE 693-2018 überein.

3.22

Zeitverlauf

Aufzeichnung der Zeitfunktion von Beschleunigung, Schwinggeschwindigkeit oder Auslenkung

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition ist nicht mit der Definition in ISO 2041 identisch.

[QUELLE: IEC 60068-3-3, Ausgabe 2.0, 2019-08]

4 Anforderungen an die Erdbebenqualifizierung

4.1 Allgemeines

Die Erdbebenqualifizierung muss die Fähigkeit der Schaltgerätekombinationen, seismischen Beanspruchungen standzuhalten, nachweisen. Diese kann durch Prüfen oder durch eine Kombination von Prüfung und Berechnung nachgewiesen werden.

An der Kapselung und den Hauptstrombahnen, wie auch an den Hilfs- und Steuerstromkreisen, einschließlich den maßgeblichen Untergestellen darf kein Versagen auftreten.

Bei duktilem (zähem) Material sind mäßige bleibende Verformungen zulässig, sofern sie die einwandfreie Funktion des Betriebsmittels nicht beeinträchtigen. Das Betriebsmittel muss nach der seismischen Beanspruchung, wie in 7.3 festgelegt, einwandfrei arbeiten.

4.2 Seismische Qualifikationsklassen

Eine seismische Qualifikationsklasse ist definiert als die Stärke der seismischen Anregung, bei der Betriebsmittel das seismische Qualifikationsziel einhalten müssen. Die Qualifizierung muss für eine der vier in [Tabelle 1](#) angegebenen Qualifikationsklassen durchgeführt werden: Schwach, AG2.5, AG5 und AG10.

Die Qualifikationsklassen stehen im Zusammenhang mit der ZPA des Anforderungs-Antwortspektrums. Für die Qualifikationsklasse „Schwach“ beträgt die horizontale ZPA 0,10 g oder weniger. Für die Qualifikationsklasse „AG2.5“ beträgt die ZPA 0,25 g. Für die Qualifikationsklasse „AG5“ beträgt die ZPA 0,50 g. Für die Qualifikationsklasse „AG10“ beträgt die ZPA 1,00 g.

Tabelle 1 – Seismische Qualifikationsklassen für Schaltgerätekombinationen Waagerechte Beanspruchungsklassen

Qualifikationsklasse	Anforderungs-Antwortspektrum (RRS)	Nullpunktbeschleunigung (ZPA)
Schwach	---	$\leq 1,0 \text{ m/s}^2$ (0,10 g)
AG2.5	Bild 1	$2,5 \text{ m/s}^2$ (0,25 g)
AG5	Bild 2	$5,0 \text{ m/s}^2$ (0,50 g)
AG10	Bild 3	10 m/s^2 (1,00 g)

ANMERKUNG 1 Die seismische Qualifikationsklasse „AG2.5“ stimmt mit der Qualifikationsklasse „Mäßig“ nach [IEC 62271-207:2012](#) überein.

ANMERKUNG 2 Die seismische Qualifikationsklasse „AG5“ stimmt mit der Qualifikationsklasse „Hoch“ nach [IEC 62271-207:2012](#), dem Schärfegrad 1 nach IEC TS 62271-210:2013 sowie dem Performance Level „Moderate“ nach IEEE 693-2018 überein.

ANMERKUNG 3 Die seismische Qualifikationsklasse „AG10“ stimmt mit dem Schärfegrad 2 nach IEC TS 62271-210:2013 sowie dem Performance Level „High“ nach IEEE 693-2018 überein.

Ein Vergleich der Qualifikationsklassen nach dieser Norm mit den Qualifikationsklassen nach der Vorgängernorm [IEC 62271-207:2012](#), nach IEC TS 62271-210:2013 und nach IEEE 693-2018 ist in [Tabelle 2](#) angegeben. Dabei wird die ZPA als Grundlage für den Vergleich verwendet.

Tabelle 2 – Vergleich der Qualifikationsklassen nach verschiedenen Normen

ZPA	IEC 62271-207:2020	IEC 62271-207:2012	IEC- TS 62271-210:2013	IEEE 693-2018
$\leq 1,0 \text{ m/s}^2$ (0,10 g)	Schwach	Schwach	–	Schwach
2,5 m/s ² (0,25 g)	AG2.5	Mäßig	–	–
5,0 m/s ² (0,50 g)	AG5	Hoch	Schärfegrad 1	Performance Level „Moderate“
10,0 m/s ² (1,00 g)	AG10	–	Schärfegrad 2	Performance Level „High“

Die festgelegten seismischen Qualifikationsklassen in [Tabelle 1](#) können für Normungszwecke und Prüfungen herangezogen werden. Typische Beispiele sind metallgekapselte und isolierstoffgekapselte Mittelspannungs-Schaltgerätekombinationen. Bei kundenspezifischen Anwendungen, wie z. B. gasisolierte Hochspannungs-Schaltanlagen, die aus genormten Modulen von gasisolierten Schaltanlagen in Kombination mit gasisolierten Sammelschienen bestehen, die sich über mehrere hundert Meter erstrecken können und von maßgeschneiderten Stahlkonstruktionen getragen werden, kann die Berücksichtigung des lokalen seismischen Gefährdungsgrades eine kosteneffiziente und erdbebensichere Auslegung ermöglichen. Andere Qualifikationsklassen, die sich aus den Anforderungen des Anwenders ergeben und die auf spezifischen Untersuchungen vor Ort oder Vorschriften in nationalen Normen basieren können und z. B. die Bodenart, die Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk, die Reaktion des Gebäudes und die Einbauhöhe berücksichtigen, dürfen in Übereinstimmung mit der Beschreibung in [4.3](#) angewendet werden.

Die Auswahl der seismischen Qualifikationsklasse liegt in der Verantwortung des Anwenders und basiert in der Regel auf einer Bewertung der geophysikalischen Parameter am Standort, auf einer Risikobeurteilung und auf Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.

Keine Qualifizierung ist erforderlich für die seismische Qualifikationsklasse „Schwach“, sofern die konstruktive und die seismische Bauweise dem anerkannten Stand der Technik entsprechen.

Für senkrechte Beanspruchungsschärfe beträgt der Richtungsfaktor 0,8.

Die empfohlenen Anforderungs-Antwortspektren sind in [Bild 1](#) und [Bild 2](#) und [Bild 3](#) für die verschiedenen seismischen Qualifikationsklassen angegeben. Die Kurven beziehen sich auf Dämpfungswerte der Schaltgerätekombinationen von 2 % und 5 %. Wenn der Dämpfungsfaktor nicht bekannt ist, wird bei Hochspannungs-Schaltanlagen eine Dämpfung von 2 % und bei Mittelspannungs-Schaltanlagen eine Dämpfung von 5 % angewendet.

Spektren für andere Dämpfungswerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden.

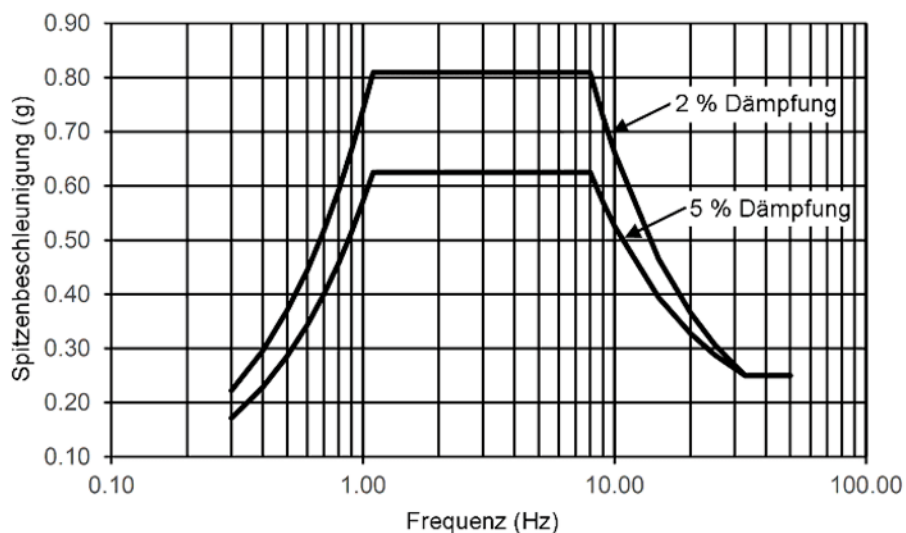
Spektralbeschleunigungen, S_a (g), für Frequenzen, f (Hz):

$$S_a = 0,572 \beta \text{ für } 0,0 \leq f \leq 1,1$$

$$S_a = 0,625 \beta \text{ für } 1,1 \leq f \leq 8,0$$

$$S_a = (6,6 \beta - 2,64) / f - 0,2 \beta + 0,33 \text{ für } 8,0 \leq f \leq 33$$

$$S_a = 0,25 \text{ für } f > 33$$



$\beta = (3,21 - 0,68 \ln(d)) / 2,1156$. Dabei ist d die Dämpfung in Prozent (2, 5, 10, usw.) und $d \leq 20$ %

Bild 1 – Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG2.5 (ZPA = 0,25 g)

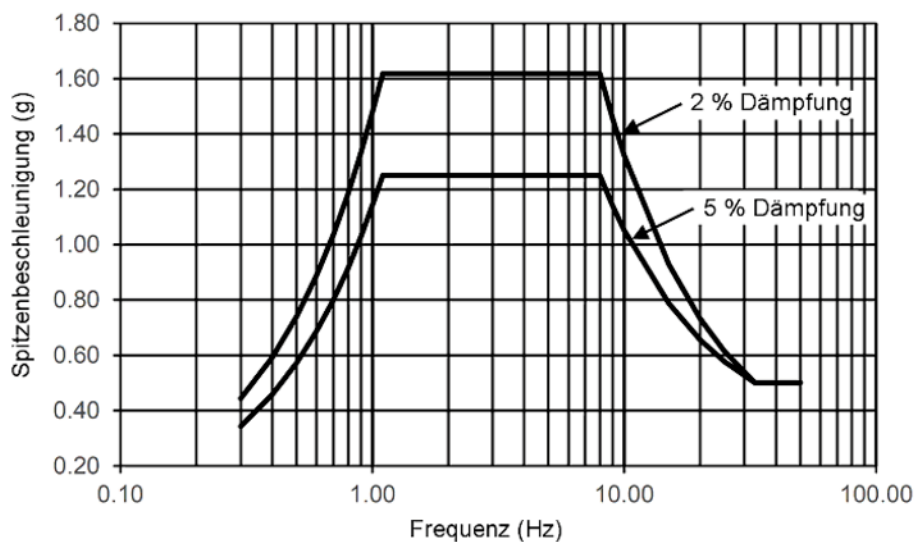
Spektralbeschleunigungen, S_a (g), für Frequenzen, f (Hz):

$$S_a = 1,144 \beta \text{ für } 0,0 \leq f \leq 1,1$$

$$S_a = 1,25 \beta \text{ für } 1,1 \leq f \leq 8,0$$

$$S_a = (13,2 \beta - 5,28) / f - 0,4 \beta + 0,66 \text{ für } 8,0 \leq f \leq 33$$

$$S_a = 0,50 \text{ für } f > 33$$



$\beta = (3,21 - 0,68 \ln(d)) / 2,1156$. Dabei ist d die Dämpfung in Prozent (2, 5, 10, usw.) und $d \leq 20$ %

Bild 2 – Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG5 (ZPA = 0,50 g)

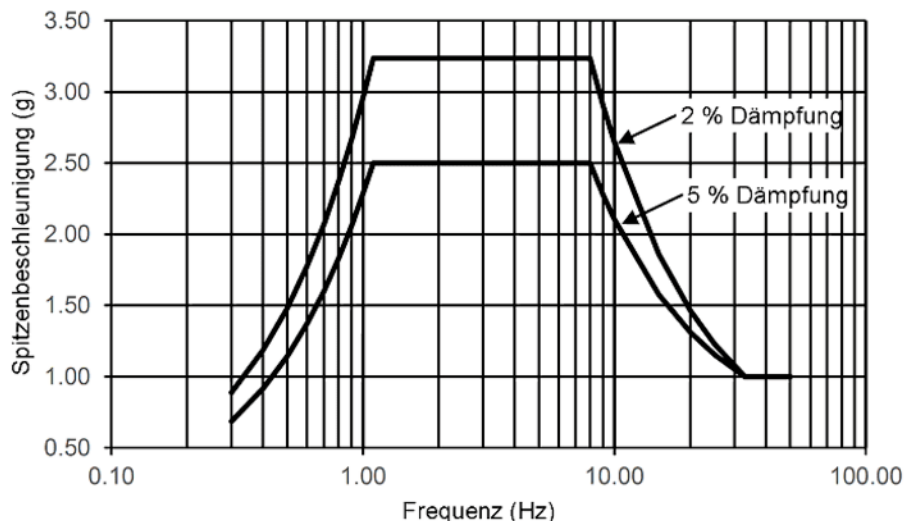
Spektralbeschleunigungen, S_a (g), für Frequenzen, f (Hz):

$$S_a = 2,288 \beta \text{ für } 0,0 \leq f \leq 1,1$$

$$S_a = 2,50 \beta \text{ für } 1,1 \leq f \leq 8,0$$

$$S_a = (26,4 \beta - 10,56) / f - 0,8 \beta + 1,32 \text{ für } 8,0 \leq f \leq 33$$

$$S_a = 1,00 \text{ für } f > 33$$



$\beta = (3,21 - 0,68 \ln(d)) / 2,1156$. Dabei ist d die Dämpfung in Prozent (2, 5, 10, usw.) und $d \leq 20$ %

Bild 3 – Anforderungs-Antwortspektrum (RRS) für die Qualifikationsklasse AG10 (ZPA = 1,00 g)

4.3 Auswahl der seismischen Qualifikationsklasse

Die projektspezifische seismische Qualifikationsklasse wird unter Berücksichtigung des in 4.3.1 beschriebenen standortspezifischen seismischen Gefährdungsgrades, der in 4.3.2 beschriebenen Auswirkung der Gebäudereaktion und der Höhe sowie zusätzlicher Faktoren, wie der in 4.3.3 beschriebenen Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk oder zusätzliche Kundenanforderungen, ausgewählt.

Die seismische Qualifikationsklasse „Schwach“ ist anwendbar, wenn der in 4.3.1 definierte standortspezifische seismische Gefährdungsgrad einem ZPA kleiner gleich 0,10 g entspricht.

4.3.1 Einschätzung des standortspezifischen seismischen Gefährdungsgrades

Der standortspezifische seismische Gefährdungsgrad wird durch die ZPA ausgedrückt, die sich aus einer standortspezifischen Analyse der seismischen Gefährdung, aus den örtlichen Bauvorschriften oder aus der verfügbaren Literatur ergibt. Sofern der Anwender nichts anderes festlegt, sollte der standortspezifische seismische Gefährdungsgrad einen Wiederkehrzeitraum berücksichtigen, der nicht kleiner als der in den örtlichen Vorschriften vorgeschriebene Wiederkehrzeitraum ist.

Bei der Einschätzung des standortspezifischen seismischen Gefährdungsgrades in Übereinstimmung mit den örtlichen Bauvorschriften darf das folgende Verfahren angewendet werden:

- Die dem Standort zugeordnete PGA wird ermittelt.
- Falls erforderlich, ist ein Gewichtungsfaktor anzuwenden, der der Gewichtungskategorie für Umspannwerke in der Bauvorschrift entspricht. Dadurch wird der Wiederkehrzeitraum des Erdbebens erhöht.
- Falls erforderlich, wird ein Bodenfaktor angewendet, der der Bodenklasse des Standorts entspricht, die häufig aus dem projektspezifischen geotechnischen Untersuchungsbericht hervorgeht.

- d) Falls erforderlich, werden die fehlernahe Auswirkungen berücksichtigt.
- e) In den Bauvorschriften wird von einem duktilen Verhalten der Bauwerke ausgegangen und ein Faktor zur Verringerung der Reaktion angewendet. Die elastische Reaktion des Betriebsmittels wird berücksichtigt. Es wird kein Faktor zur Verringerung der Reaktion angewendet.

4.3.2 Auswirkung der Gebäudereaktion und Höhe

Die aus dem Einfluss der dynamischen Eigenschaften der Reaktion von Gebäuden und Konstruktionen herrührende Verstärkung der Erdbodenbeschleunigung muss anhand einer der folgenden Möglichkeiten berücksichtigt werden:

- a) Der Anwender muss ein Etagen-Antwortspektrum bereitstellen, das die positionsspezifische Reaktion innerhalb des Gebäudes auf das elastische Auslegungsspektrum ausdrückt, wie es nach den Bauvorschriften in Übereinstimmung 4.3.1 ermittelt wurde. Alternativ darf dies auch vom Hersteller in Absprache mit dem Anwender entwickelt werden.
- b) Wo keine Angaben verfügbar sind, darf die Verstärkung mittels eines Überhöhungsfaktors berücksichtigt werden. Die empfohlenen Werte sind in IEC 60068-3-3:2019, Tabelle 5, angegeben, aber eine maßgebende Festlegung kann andere Werte für gegebene örtliche Bedingungen vorschreiben. In jedem Fall sollte die Größe der Verstärkung der seismischen Beanspruchung aufgrund der Reaktion des Gebäudes zwischen dem Anwender und dem Hersteller vereinbart werden.

4.3.3 Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk

Eine Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk tritt auf, wenn sich der Boden aufgrund der Belastung des Bodens durch das auf das Erdbeben reagierende System Anlage/Fundament verformt. Das System aus Boden/Fundament kann eine ins Gewicht fallende Komponente in den dynamischen Eigenschaften des Systems Anlage/Fundamente/Boden werden, was die Auslenkung, die die Anlage während eines Erdbebens erfährt, vergrößern oder verringern kann. Eine Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk tritt bei bestimmten Kombinationen von Anlagen-Masse und Größe, Fundamentart und -Anordnung und Bodeneigenschaften auf. Transformatoren und flüssigkeitsgefüllte Drosselspulen sind besonders anfällig für Wechselwirkungen zwischen Boden und Bauwerk. Die Schaukelbewegung von Transformatoren kann eine vergrößerte Beschleunigung und Auslenkung von hohen Komponenten in der Anlage verursachen, wie z. B. Durchführungen und Überspannungsableiter. Die Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk wird allgemein bei der Auslegung der Schaltanlagen-Betriebsmittel nicht berücksichtigt, sofern dies nicht speziell vom Anwender gefordert wird. Sie nimmt dort zu, wo große Beschleunigungen, schwere Betriebsmittel, hochgelegene Schwerpunkte oder weiches/nachgiebiges Gelände vorhanden sind.

5 Qualifizierung durch Prüfung

5.1 Allgemeines

Das Prüfverfahren muss mit IEC 60068-3-3 übereinstimmen. Abweichend davon muss jedoch das Zeitverlauf-Prüfverfahren nach IEC 60068-2-57 angewendet werden. Das Zeitverlauf-Prüfverfahren simuliert die tatsächlichen Bedingungen besser, da das Verhalten des Prüflings nicht immer linear ist.

Die Qualifizierung muss an einem repräsentativen Prüfling und unter dem Bemessungs-Betriebsdruck durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Der Bemessungs-Betriebsdruck ist für eine Prüfung unter realistischen Bedingungen erforderlich. Nichtsdestoweniger benötigen Prüffelder für seismisches Prüfen angemessene Sicherheitsvorkehrungen.

Die seismische Prüfung sollte, in Form eines Test-Antwortspektrums, das das RRS umschließt, die Fähigkeit der Schaltgerätekombinationen nachweisen, ihre geforderten Funktionen während und nach einer seismischen Beanspruchung zu erfüllen. Dieser Nachweis muss nach den Festlegungen in 5.4 ausgeführt werden.

Falls die Hilfs- und Steuereinrichtungen oder andere Teile der Anlage dynamisch entkoppelt sind, darf ihre Qualifizierung unabhängig voneinander durchgeführt werden.

Falls ein Prüfling nicht zusammen mit seinem Untergestell geprüft werden kann (z. B. aufgrund seiner Größe), muss der dynamische Beitrag der Konstruktion durch Berechnung ermittelt und bei der Prüfung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Bei gasisolierten Hochspannungs-Schaltanlagen ist es wegen der Größe und des Gewichts nicht möglich eine komplette Schaltanlage auf einem Rütteltisch zu prüfen. Die Berechnung ist immer erforderlich um Angaben über die seismische Qualifikation bereitzustellen.

5.2 Befestigung

Der Prüfling muss, einschließlich Dämpfern (sofern vorhanden), wie für den Betrieb aufgebaut werden.

Die waagerechte Ausrichtung des Prüflings muss so sein, dass die Achse der Anregung entlang seiner beiden orthogonalen Hauptachsen wirkt.

Alle Befestigungen oder Verbindungen, die nur für die Prüfung erforderlich sind, dürfen das dynamische Verhalten des Prüflings nicht beeinflussen (z. B. müssen Adapterplatten, die zwischen dem Betriebsmittel und dem Rütteltisch verwendet werden, starr sein).

Die Art des Aufbaus des Prüflings muss dokumentiert werden und muss eine Beschreibung sämtlicher Zwischenbefestigungen und Verbindungen enthalten (siehe IEC 60068-2-47).

5.3 Prüfparameter

5.3.1 Messungen

Messungen sollten in Übereinstimmung mit IEC 60068-3-3:2019 durchgeführt werden.

Es müssen mindestens die folgenden Signale aufgezeichnet werden:

- a) Beschleunigung am Rütteltisch;
- b) Beschleunigungen an signifikanten Stellen des Prüflings:
 - 1) an kritischen Komponenten:
 - i) Bauteile, an denen maximale Auslenkungen und nennenswerte relative Bewegungen zu erwartet werden;
 - ii) Komponenten mit großer Masse;
 - 2) nahe des Schwerpunkts;
 - 3) mindestens eine Messstelle, die direkt mit der Hauptkonstruktion verbunden ist (in der Regel auf der Oberseite von Schaltanlagen);
- c) für Betriebsmittel über 52 kV: Dehnung kritischer Bauelemente (wie z. B. Durchführungen, Flansche, Gehäuse und Untergestelle).

5.3.2 Frequenzbereich

Der Frequenzbereich muss sich in Übereinstimmung mit 5.3 der IEC 60068-2-57:2013 von 1 Hz bis mindestens 35 Hz erstrecken, da die vorherrschenden Frequenzen bei Erdbeben in diesem Bereich liegen. Der Frequenzbereich wird auf den Versuch zum Resonanzfrequenz-Suchlauf und auf die Erzeugung der künstlichen Erdbebenwelle angewendet.

Aufgrund der Einschränkungen einiger Rütteltische ist es nicht erforderlich, das RRS unterhalb von Frequenzen von 70 % der niedrigsten Resonanzfrequenz des Geräts zu umschließen.

5.3.3 Parameter für den Resonanzfrequenz-Suchlauf

Der Versuch zum Resonanzfrequenz-Suchlauf muss nach IEC 60068-3-3:2019, Abschnitt 15.1 durchgeführt werden.

Für den Resonanzfrequenz-Suchlauf wird eine Beschleunigung von 0,1 g empfohlen. Im Falle ausgeprägter Resonanzen kann dieser Wert auf 0,05 g reduziert werden. Die Suche muss nacheinander durch Sinusanregungen in den drei Hauptachsen mit einer maximalen Geschwindigkeit von 1 Oktave/min durchgeführt werden.

5.3.4 Parameter für die Zeitverlauf-Prüfung (seismische Beanspruchungsprüfung)

Die Prüfrichtungen müssen in Übereinstimmung mit IEC 60068-3-3:2019, Abschnitt 10 gewählt werden.

Eine Prüfung in drei Achsen wird empfohlen.

Die Qualifikationsklasse muss in Übereinstimmung mit [Abschnitt 4](#) gewählt werden.

Spektren für andere Dämpfungswerte können durch lineare Interpolation ermittelt werden.

Die Gesamtdauer der Zeitverlauf-Anregung muss mindestens 30 s betragen, wobei die starke Bewegungsphase nicht unter 20 s betragen darf.

5.4 Prüfverfahren

5.4.1 Allgemeines

Die Prüffolge muss wie folgt sein:

- Funktionskontrollen vor der Prüfung;
- Resonanzfrequenz-Suchlauf (erforderlich zur Bestimmung von kritischen Frequenzen und relativer Dämpfung und/oder für Berechnungen);
- Zeitverlauf-Prüfung (seismische Beanspruchungsprüfung);
- Resonanzfrequenz-Suchlauf;
- Funktionskontrollen nach der Prüfung.

5.4.2 Sichtprüfung und Funktionsprüfungen

Vor und nach den Prüfungen müssen die folgenden Betriebskenndaten oder -einstellungen bei Bemessungs-Versorgungsspannung und Bemessungs-Betriebsdruck aufgezeichnet oder (falls zutreffend) ausgewertet werden:

- Sichtprüfung;
- Schließzeit von Schaltgeräten, sofern zutreffend;
- Öffnungszeit von Schaltgeräten, sofern zutreffend;
- Funktion jeglicher herausziehbarer und abnehmbarer Teile;
- Gas- und/oder Flüssigkeitsdichtheit, sofern relevant;
- Messung des Widerstands der Hauptstrombahn;

- g) Stehwechselfeldspannungsprüfung zwischen den Phasen sowie zwischen Phase und Erde als Zustandskontrolle (alle Schaltgeräte in geschlossener Stellung) in Übereinstimmung mit IEC 62271-1:2017, Abschnitt 7.2.12 und/oder IEC 62271-203:2011, Abschnitt 6.2.11;
- h) Stehwechselfeldspannungsprüfung als Zustandskontrolle von Schaltgeräten in geöffneter Stellung in Übereinstimmung mit IEC 62271-1:2017, Abschnitt 7.2.12 und/oder IEC 62271-203:2011, Abschnitt 6.2.11.

Diese Funktionsprüfungen können im Labor des Herstellers durchgeführt werden.

5.4.3 Resonanzfrequenz-Suchlauf

Der Versuch zum Resonanzfrequenz-Suchlauf muss nach IEC 60068-3-3:2019, Abschnitt 15.1 durchgeführt werden.

5.4.4 Zeitverlauf-Prüfung (seismische Beanspruchungsprüfung)

Die Zeitverlauf-Prüfung muss in Übereinstimmung mit IEC 60068-2-57 mit den in 5.3.4 festgelegten Parametern durchgeführt werden.

Während der Erdbebenprüfung müssen zusätzlich zu den in 5.3.1 festgelegten Parametern die folgenden Parameter aufgezeichnet werden:

- elektrischer Durchgang der Hauptstrombahn (falls zutreffend);
- elektrischer Durchgang des Hilfs- und Steuerstromkreises (Öffner-/Schließkontakte);

Während der Prüfung muss an den Steuerstromkreisen die Bemessungsspannung anliegen.

Es ist ein Prüfdurchgang erforderlich, bei dem sich zu Beginn alle Schaltgeräte im betriebsbereiten Zustand befinden müssen (z. B. Leistungsschalter geschlossen, Lasttrennschalter geschlossen, Erdungsschalter geöffnet). Die Prüfbedingung hängt von den Schaltgeräten und ihrer Fähigkeit ab, während der starken Bewegungsphase im Zeitverlauf Funktionen auszuführen:

- Während dieser Betriebsprüfung muss jeder Leistungsschalter mindestens eine Schaltsequenz in der Mitte der gesamten Prüfdauer und damit in der starken Bewegungsphase ausführen (Empfehlung für Betriebsmittel bis einschließlich 52 kV: Öffnen-5 s-Schließen-5 s-Öffnen);
- für Betriebsmittel bis einschließlich 52 kV: andere Schaltgeräte müssen wie angegeben funktionieren (z. B. Öffnen eines Lasttrennschalters);
- jegliche weiteren Schaltgeräte müssen während der Zeitverlauf-Prüfung nicht betätigt werden.

ANMERKUNG 1 Leistungsschalter stellen das Schaltvermögen auch bei seismischen Ereignissen sicher. Andere Schaltgeräte erbringen nur den Nachweis für die vom Hersteller angegebene Funktionalität.

ANMERKUNG 2 Optional kann ein weiterer Prüfdurchlauf durchgeführt werden, bei dem alle Schaltgeräte in Betriebsposition ohne Betätigung sind. Die Durchführung dieser Prüfung stimmt mit den in IEEE 693 definierten Verfahren überein.

ANMERKUNG 3 Wenn die Prüfung als Grundlage für eine Berechnung verwendet werden soll, müssen weitere Aufzeichnungen durchgeführt werden, um relevante Daten bereitzustellen. Weitere Prüfparameter sind:

- Auslenkung von Bauteilen, an denen nennenswerte Bewegungen zu erwarten sind;
- Dehnung an kritischen Bauelementen (wie z. B. Durchführungen, Flansche, Gehäuse und Untergestelle);
- Beschleunigung an relevanten Stellen am Prüfling.

Die Kriterien für die Bewertung der Gültigkeit von Prüfungen und der Testergebnisse sind in 7.2 bzw. 7.3 enthalten.

6 Qualifizierung durch Kombination von Prüfung und Berechnung

6.1 Allgemeines

Dieses Verfahren darf angewendet werden,

- um den Qualifikationsnachweis für Schaltgerätekombinationen zu erbringen, die bereits unter anderen seismischen Bedingungen geprüft wurden;
- um den Qualifikationsnachweis für Schaltgerätekombinationen zu erbringen, die bereits geprüften ähnlich sind, die aber Änderungen enthalten, die das dynamische Verhalten beeinflussen (z. B. Änderung oder Erweiterung der Anordnung oder der Masse von Bauteilen);
- um den Qualifikationsnachweis für Schaltgerätekombinationen zu erbringen, falls ihre dynamischen Daten und Funktionsdaten bekannt sind;
- um den Qualifikationsnachweis für Schaltgerätekombinationen zu erbringen, deren Qualifikation nicht durch Prüfung erbracht werden kann (z. B. auf Grund ihrer Größe, ihres Gewichts oder ihrer Komplexität).

Bei Mittelspannungs-Schaltanlagen besteht die Konstruktion hauptsächlich aus dem Gestell einschließlich Stützen, Rahmen, Streben und Anbauten, die alle seismischen Beanspruchungen zwischen dem Betriebsmittel und dem Boden übertragen. Das dynamische Verhalten des Betriebsmittels oder der Baugruppe hängt von der Konstruktion ab. Zwei oder mehr Baugruppen können als konstruktiv ähnlich angesehen werden, wenn sie das gleiche Konstruktionsschema und die gleichen Verbindungsarten aufweisen; sie können sich hinsichtlich der Massenverteilung und/oder der Maße unterscheiden. Der funktionale Teil besteht aus Komponenten, die als logische Untergruppen von Gerätefunktionen betrachtet werden, die typischerweise als physische Geräte, Module oder Unterbaugruppen organisiert und angeordnet sind und die vom Betriebsmittel abgenommen und unter Verwendung derselben mechanischen und elektrischen Schnittstellen auf einer Prüfvorrichtung montiert werden können, um als eigenständige Einheiten geprüft zu werden.

6.2 Dynamische Daten und Funktionsdaten

Dynamische Daten (relative Dämpfungen, Eigenfrequenzen, Beanspruchungen kritischer Elemente in Abhängigkeit von der aufgebrachten Beschleunigung) für die Berechnung müssen mit einem der folgenden Verfahren ermittelt werden:

- a) dynamische Prüfung einer ähnlichen Prüfanordnung ([Abschnitt 5](#));
- b) dynamische Prüfung bei niedrigeren Prüfklassen;
- c) Bestimmung von Eigenfrequenzen und relativen Dämpfungswerten durch andere Prüfungen, wie z. B. Prüfung mit freiem Ausschwingen oder Anregung mit niedrigem Pegel (siehe [Anhang A](#)).

Funktionsdaten dürfen aus einer früheren Prüfung an einer ähnlichen Prüfanordnung entnommen werden.

Wird bei einer Mittelspannungs-Schaltanlage während der Prüfung ein nichtlineares Verhalten der Konstruktion festgestellt, muss die Analyse unter Berücksichtigung der Prüfergebnisse sowie unter Verwendung der äquivalenten elastischen Steifigkeit und Dämpfung neu bewertet werden. Die Nichtlinearität bezieht sich hauptsächlich auf die Dämpfung, die wesentlich höher sein kann als die bei niedrigen Pegeln gemessene Dämpfung, sowie auf die Steifigkeit, die sich mit zunehmender Beanspruchung ändern kann und folglich die Resonanzfrequenzen verändern kann.

6.3 Berechnung

6.3.1 Allgemeines

Das allgemeine Verfahren ist wie folgt: