

**DIN EN 60255-181**

ICS 29.120.70

Einsprüche bis 2016-11-30

**Entwurf****Messrelais und Schutzeinrichtungen –  
Teil 181: Funktionsanforderungen für den Frequenzschutz  
(IEC 95/347/CD:2016)**

Measuring relays and protection equipment –  
Part 181: Functional requirements for frequency protection  
(IEC 95/347/CD:2016)

Relais de mesure et dispositifs de protection –  
Partie 181: Exigences fonctionnelles pour les protections de fréquence  
(IEC 95/347/CD:2016)

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-09-30 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 des DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [dke@vde.com](mailto:dke@vde.com) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://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 126 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

## Inhalt

|                                                                               | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort.....                                                       | 6     |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                      | 7     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                | 7     |
| 3 Begriffe .....                                                              | 7     |
| 4 Spezifikation der Funktion .....                                            | 10    |
| 4.1 Allgemeines .....                                                         | 10    |
| 4.2 Eingangserregungsgrößen/Erregungsgrößen.....                              | 10    |
| 4.3 Binäre Eingangssignale.....                                               | 11    |
| 4.4 Funktionslogik.....                                                       | 12    |
| 4.4.1 Betriebskennwerte.....                                                  | 12    |
| 4.4.2 Rücksetzkennwerte .....                                                 | 13    |
| 4.5 Weitere Einflussfunktionen/-bedingungen.....                              | 14    |
| 4.5.1 Allgemeines .....                                                       | 14    |
| 4.5.2 Spezifische Kennwerte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion ..... | 14    |
| 4.5.3 Spezifische Kennwerte für die ROCOF-Funktion.....                       | 15    |
| 4.6 Binäre Ausgangssignale.....                                               | 15    |
| 4.6.1 Allgemeines .....                                                       | 15    |
| 4.6.2 Startsignal (Anzugssignal).....                                         | 15    |
| 4.6.3 Ansprechsignal (Auslösesignal) .....                                    | 15    |
| 4.6.4 Weitere binäre Ausgangssignale.....                                     | 15    |
| 5 Spezifikation des Betriebsverhaltens .....                                  | 16    |
| 5.1 Allgemeines .....                                                         | 16    |
| 5.2 Effektiver Messbereich und Arbeitsbereich .....                           | 16    |
| 5.3 Genauigkeit der charakteristischen Größe.....                             | 16    |
| 5.4 Startzeit für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion.....                | 17    |
| 5.5 Startzeit für die ROCOF-Funktion .....                                    | 17    |
| 5.6 Genauigkeit der Einstellung der Ansprechverzögerung .....                 | 17    |
| 5.7 Rückfallzeit .....                                                        | 18    |
| 5.8 Rücksetzhysterese und Rücksetzverhältnis.....                             | 18    |
| 5.9 Genauigkeit der Stabilisierungs-/Sperrerelemente.....                     | 18    |
| 5.10 Stabilität bei einer Spannungsvektorverschiebung .....                   | 18    |
| 5.11 Anforderungen an Spannungseingangssignale .....                          | 18    |
| 6 Funktionsprüfverfahren.....                                                 | 19    |
| 6.1 Allgemeines .....                                                         | 19    |
| 6.2 Bestimmung von bleibenden Fehlern der charakteristischen Größe .....      | 20    |
| 6.2.1 Genauigkeit des Startwerts .....                                        | 20    |
| 6.2.2 Bestimmung der Rücksetzhysterese oder des Rücksetzverhältnisses.....    | 25    |
| 6.3 Bestimmung der Startzeit .....                                            | 33    |

|                                                                                                     | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 6.3.1 Allgemeines.....                                                                              | 33    |
| 6.3.2 Unter-/Überfrequenz .....                                                                     | 33    |
| 6.3.3 Frequenzgradient .....                                                                        | 37    |
| 6.4 Bestimmung der Genauigkeit der Ansprechverzögerung .....                                        | 40    |
| 6.4.1 Allgemeines.....                                                                              | 40    |
| 6.4.2 Beschreibung des Prüfverfahrens.....                                                          | 40    |
| 6.4.3 Prüfbericht der Genauigkeit der Ansprechverzögerung.....                                      | 42    |
| 6.5 Bestimmung der Rückfallzeit.....                                                                | 42    |
| 6.5.1 Allgemeines.....                                                                              | 42    |
| 6.5.2 Unter-/Überfrequenz .....                                                                     | 42    |
| 6.5.3 Frequenzgradient .....                                                                        | 45    |
| 6.6 Betriebsverhalten bei Oberschwingungen .....                                                    | 47    |
| 6.6.1 Allgemeines.....                                                                              | 47    |
| 6.6.2 Genauigkeit des Startwerts der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....                       | 47    |
| 6.7 Betriebsverhalten bei einer Verschiebung des Spannungsvektors .....                             | 49    |
| 6.7.1 Allgemeines.....                                                                              | 49    |
| 6.7.2 Beschreibung des Prüfverfahrens.....                                                          | 50    |
| 6.7.3 Einstellungen für den Unterfrequenz-/Überfrequenzschutz.....                                  | 50    |
| 6.7.4 ROCOF-Schutzeinstellung.....                                                                  | 50    |
| 7 Anforderungen an die Dokumentation .....                                                          | 51    |
| 7.1 Typprüfbericht .....                                                                            | 51    |
| 7.2 Andere Anwenderdokumentationen.....                                                             | 51    |
| Anhang A (normativ) Gleichung für ein Prüfsignal mit konstanter Frequenzänderung ( $d/f/dr$ ) ..... | 53    |
| Anhang B (normativ) Berechnung von Mittelwert, Medianwert und Modalwert .....                       | 54    |
| B.1 Mittelwert .....                                                                                | 54    |
| B.2 Medianwert.....                                                                                 | 54    |
| B.3 Modalwert.....                                                                                  | 54    |
| B.4 Beispiel.....                                                                                   | 54    |
| Anhang C (informativ) Frequenzmessung und -berechnung .....                                         | 55    |
| C.1 Begriffe .....                                                                                  | 55    |
| C.2 Signalüberwachungsmodell .....                                                                  | 55    |
| C.3 Allgemeine Anforderungen an die Frequenzmessung.....                                            | 56    |
| C.4 Periodischer Algorithmus .....                                                                  | 57    |
| C.5 Analysealgorithmus.....                                                                         | 58    |
| C.5.1 Algorithmus der Dreipunktabtastung.....                                                       | 58    |
| C.5.2 Algorithmus der numerischen Integration .....                                                 | 58    |
| C.6 Algorithmus der Fehlerverringerng.....                                                          | 59    |
| C.6.1 Methode der kleinsten Quadrate.....                                                           | 59    |
| C.6.2 Kleinste absolute Approximation.....                                                          | 60    |

|                                                       | Seite |
|-------------------------------------------------------|-------|
| C.6.3 Newton-Verfahren .....                          | 60    |
| C.6.4 Algorithmus des erweiterten Kalmanfilters ..... | 61    |
| C.7 Diskrete Fouriertransformation .....              | 62    |
| C.8 Quadraturdemodulation .....                       | 62    |
| Literaturhinweise .....                               | 63    |

## Bilder

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 – Vereinfachtes Funktionsblockschaltbild der Schutzfunktion .....                                                        | 10 |
| Bild 2 – Erläuterung des mittleren Frequenzgradienten ( $\Delta f/\Delta t$ ) .....                                             | 11 |
| Bild 3 – Unabhängige Zeitkennlinie der Unterfrequenzfunktion .....                                                              | 12 |
| Bild 4 – Unabhängige Zeitkennlinie der Überfrequenzfunktion .....                                                               | 13 |
| Bild 5 – Unabhängige Zeitkennlinie der ROCOF-Funktion (für einen negativen oder positiven Anstieg) .....                        | 13 |
| Bild 6 – Diagramm mit der Erläuterung der Start-, Ansprech-, Rückfall- und Rücksetzzeit und der zugehörigen Werte .....         | 14 |
| Bild 7 – Beispiel für das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion .....                                                      | 21 |
| Bild 8 – Beispiel für das Prüfverfahren für die ROCOF-Funktion .....                                                            | 23 |
| Bild 9 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Überfrequenzfunktionen .....                                | 26 |
| Bild 10 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Unterfrequenzfunktionen .....                              | 26 |
| Bild 11 – Prüfverfahren für die Messung des Rücksetzwerts für ROCOF-Funktionen: Beispiel für eine positive ROCOF-Funktion ..... | 30 |
| Bild 12 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer plötzlichen Frequenzänderung .....                           | 33 |
| Bild 13 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer Frequenzrampe mit konstantem Anstieg .....                   | 34 |
| Bild 14 – Beispiel für einen Prüfbericht der Startzeiten für die Überfrequenz-/Unterfrequenzschutzfunktion .....                | 37 |
| Bild 15 – Messung der Startzeit der ROCOF-Funktion .....                                                                        | 38 |
| Bild 16 – Histogramm für die Prüfergebnisse der Startzeit für die ROCOF-Funktion .....                                          | 40 |
| Bild 17 – Messung der Rückfallzeit der Überfrequenzfunktion mit einer plötzlichen Frequenzänderung .....                        | 43 |
| Bild 18 – Messung der Rückfallzeit der Überfrequenzfunktion mit einer Frequenzrampe mit konstantem Anstieg .....                | 43 |
| Bild 19 – Messung der Rückfallzeit der ROCOF-Funktion .....                                                                     | 45 |
| Bild 20 – Histogramm für die Prüfergebnisse der Rückfallzeit für die ROCOF-Funktion .....                                       | 47 |
| Bild 21 – Beispiel für die ansteigende pseudo-stetige Rampe für Überfrequenzfunktionen .....                                    | 48 |
| Bild C.1 – Nulldurchgangsalgorithmus .....                                                                                      | 57 |
| Bild C.2 – Pegeldurchgangsalgorithmus .....                                                                                     | 57 |

## Tabellen

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den Überfrequenz-/Unterfrequenzschutz ..... | 16 |
| Tabelle 2 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den                                         |    |

|                                                                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                                                                                      | Seite |
| Frequenzgradientenschutz.....                                                                                        | 16    |
| Tabelle 3 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion .....                                             | 22    |
| Tabelle 4 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit .....                                                                | 22    |
| Tabelle 5 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit (alternative Möglichkeit) .....                                      | 22    |
| Tabelle 6 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion .....                                                                  | 25    |
| Tabelle 7 – Prüfbericht der Genauigkeit der Frequenzableitung.....                                                   | 25    |
| Tabelle 8 – Prüfpunkte für die Rücksetzhysterese der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....                        | 28    |
| Tabelle 9 – Prüfbericht der Rücksetzhysterese der Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion .....                          | 28    |
| Tabelle 10 – Prüfpunkte für den Rücksetzwert der ROCOF-Funktion.....                                                 | 32    |
| Tabelle 11 – Prüfbericht des Rücksetzwerts für die ROCOF-Funktion.....                                               | 32    |
| Tabelle 12 – Prüfpunkte für die Überfrequenzfunktion.....                                                            | 35    |
| Tabelle 13 – Prüfpunkte für die Unterfrequenzfunktion.....                                                           | 36    |
| Tabelle 14 – Prüfbericht der Startzeiten für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion.....                            | 37    |
| Tabelle 15 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion .....                                                                 | 39    |
| Tabelle 16 – Prüfprotokoll für die typische Startzeit der ROCOF-Funktion .....                                       | 40    |
| Tabelle 17 – Prüfpunkte für die Messung der Ansprechverzögerung .....                                                | 41    |
| Tabelle 18 – Prüfpunkte für die Genauigkeit der Ansprechverzögerung .....                                            | 41    |
| Tabelle 19 – Prüfbericht der Genauigkeit der Ansprechverzögerung für die<br>Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion..... | 42    |
| Tabelle 20 – Prüfpunkte für die Überfrequenzfunktion.....                                                            | 44    |
| Tabelle 21 – Prüfpunkte für die Unterfrequenzfunktion.....                                                           | 44    |
| Tabelle 22 – Prüfbericht der Rückfallzeit für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion.....                           | 45    |
| Tabelle 23 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion .....                                                                 | 46    |
| Tabelle 24 – Typische Rückfallzeit der ROCOF-Schutzfunktion.....                                                     | 47    |
| Tabelle 25 – Überlagerte Oberschwingungen.....                                                                       | 48    |
| Tabelle 26 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion .....                                            | 49    |

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 95/347/CD:2016 „Measuring relays and protection equipment – Part 181: Functional requirements for frequency protection“ (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 95 „Measuring relays and protection equipment“ 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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 434 „Messrelais und Schutzeinrichtungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

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

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

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

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

## Messrelais und Schutzeinrichtungen – Teil 181: Funktionsanforderungen für den Frequenzschutz

### 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60255 legt die Mindestanforderungen für die Bewertung der Funktionalität und des Betriebsverhaltens des Frequenzschutzes fest. Außerdem wird in dieser Norm festgelegt, wie Ergebnisse von Prüfungen des Betriebsverhaltens dokumentiert und veröffentlicht werden.

Die vorliegende Norm behandelt die Funktionen, die auf der Frequenzmessung oder der Messung des Frequenzgradienten beruhen. Darüber hinaus beschreibt diese Norm den Frequenzschutz, wenn zusätzliche Stabilisierungselemente benutzt werden.

Diese Norm definiert die Faktoren, die die Genauigkeit unter stationären Bedingungen und die Merkmale des Betriebsverhaltens unter dynamischen Bedingungen beeinflussen. Außerdem sind in der Norm Prüfverfahren zum Nachweis von Betriebskennwerten und der Genauigkeit enthalten.

In dieser Norm werden die folgenden Frequenzschutzfunktionen behandelt.

|                                         | Funktionsnummern nach<br>IEEE/ANSI C37.2 | Logikknoten nach<br>IEC 61850-7-4 |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| Unterfrequenzschutz                     | 81U                                      | PTUF                              |
| Überfrequenzschutz                      | 81O                                      | PTOF                              |
| Frequenzgradientenschutz (ROCOF-Schutz) | 81R                                      | PFRC                              |

Diese Norm behandelt keine Synchronisationsfunktionen oder Funktionen für die Synchronisationsprüfung.

Die vorliegende Norm enthält keine Funktionsbeschreibungen weiterer Merkmale, die häufig mit Frequenzschutzfunktionen im Zusammenhang stehen, wie eine Unterspannungssperre, eine  $df/dt$ - oder  $\Delta f/\Delta t$ -Überwachung, eine Stromüberwachung oder eine Leistungsüberwachung ( $I/P$ -Funktion). Es wird nur deren Einfluss auf die Frequenzschutzfunktion betrachtet.

Die allgemeinen Anforderungen an Messrelais und Schutzeinrichtungen sind in IEC 60255-1 festgelegt.

### 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 61850 (alle Teile), *Communications networks and systems for power utility automation*

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary* (verfügbar unter [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org))

IEC 60255-1, *Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements*

IEC 61869 (alle Teile), *Instrument transformers*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### **Kennlinie**

Kurve, die die Beziehung zwischen der theoretisch festgelegten Ansprechzeit und der charakteristischen Größe darstellt

### 3.2

#### **Einstellwert (Startwert) der charakteristischen Größe**

$G_S$

Referenzwert für die Definition der theoretischen Kurve der Zeit in Abhängigkeit von der charakteristischen Größe

### 3.3

#### **Rücksetzwert**

Wert der Eingangserregungsgröße (oder der charakteristischen Größe), bei dem ein Messrelais rücksetzt

[IEV 447-02-12]

### 3.4

#### **Startzeit**

Dauer des Zeitintervalls zwischen dem Zeitpunkt, an dem die charakteristische Größe des Messrelais in Ruhestellung unter festgelegten Bedingungen geändert wird, und dem Zeitpunkt, an dem das Startsignal ansteht

### 3.5

#### **Ansprechzeit**

Dauer des Zeitintervalls zwischen dem Zeitpunkt, an dem die charakteristische Größe des Messrelais in Ruhestellung unter festgelegten Bedingungen geändert wird, und dem Zeitpunkt, an dem das Relais anspricht

[IEV 447-05-05]

### 3.6

#### **Rückfallzeit**

Dauer des Zeitintervalls zwischen dem Zeitpunkt, an dem eine festgelegte Änderung des Werts der Eingangserregungsgröße, die ein Rückfallen des Relais bewirkt, eintritt, und dem Zeitpunkt des Rückfallens

[IEV 447-05-10]

### 3.7

#### **Rücksetzzeit**

Dauer des Zeitintervalls zwischen dem Zeitpunkt, an dem die charakteristische Größe des Messrelais in Arbeitsstellung unter festgelegten Bedingungen geändert wird, und dem Zeitpunkt, an dem das Relais zurücksetzt

[IEV 447-05-06]

### 3.8

#### **Überschwingzeit**

Differenz zwischen der Ansprechzeit des Relais beim festgelegten Wert der Eingangserregungsgröße und der längsten Dauer des Werts der Eingangserregungsgröße, der bei einer plötzlichen Verringerung (für die Funktion bei einem zu hohen Wert)/Erhöhung (für die Funktion bei einem zu niedrigen Wert) auf einen festgelegten Wert unter den Einstellwert (für die Funktion bei einem zu hohen Wert)/über den Einstellwert (für die Funktion bei einem zu niedrigen Wert) nicht zum Ansprechen ausreicht

### 3.9

#### **Rücksetzhysterese**

#### **Rückfallhysterese**

Absolutwert der Differenz zwischen dem Arbeitswert und dem Rücksetzwert

### 3.10

#### **Rücksetzverhältnis**

#### **Rückfallverhältnis**

Verhältnis zwischen dem Punkt, an dem das Relais gerade nicht mehr startet (das Startsignal wechselt von EIN zu AUS) und dem tatsächlichen Startwert des Elements

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Rücksetzverhältnis wird für den Frequenzgradienten nach der Festlegung in 4.4.2 und 5.8 verwendet.

### 3.11

#### **effektiver Messbereich**

Teil des Arbeitsbereichs einer Eingangserregungsgröße oder charakteristischen Größe, in dem die Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden

[IEV 447-07-08]

### 3.12

#### **Arbeitsbereich**

Bereich, in dem das Messrelais unter festgelegten Bedingungen entsprechend den festgelegten Anforderungen die vorgesehenen Aufgaben ausführt

[IEV 447-03-16]

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen sind, siehe effektiver Messbereich [IEV 447-07-08].

Anmerkung 2 zum Begriff: Für die einwandfreie Berechnung der Frequenz ist ein Mindestpegel der Eingangserregungsgröße wie der Spannung erforderlich.

[QUELLE: IEV 447-03-16, modifiziert – Anmerkung 2 wurde ergänzt.]

### 3.13

#### **Frequenzgradientenfunktion**

**ROCOF** (en: Rate of Change of Frequency function)

Schutzfunktion, die ansprechen soll, wenn sich die Frequenz um einen bestimmten Betrag je Zeiteinheit ändert

### 3.14

#### **Periode**

kleinste positive Differenz zwischen zwei Werten der unabhängigen Variablen, bei denen sich die Werte einer periodischen Größe identisch wiederholen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn  $f(t)$  eine periodische Größe darstellt, ist  $f(t + T) = f(t)$ .

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Falle einer Zeitfunktion wird manchmal die Benennung „Periodendauer“ verwendet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Formelzeichen  $T$  wird für die Periode hauptsächlich dann verwendet, wenn die unabhängige Variable die Zeit ist.

[IEV 103-06-01]

### 3.15

#### **Frequenz**

Kehrwert der Periode

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle einer zeitabhängigen Funktion wird vorwiegend das Formelzeichen  $f$  verwendet. In der Optik wird vorwiegend das Formelzeichen  $\nu$  (griech. nü) benutzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für eine Sinuskurve ist die Frequenz die erste Ableitung des Phasenwinkels.

[QUELLE: IEV 103-06-02, modifiziert – Anmerkung 2 wurde ergänzt.]

## 4 Spezifikation der Funktion

### 4.1 Allgemeines

In Bild 1 ist die Schutzfunktion mit ihren Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen, mit dem Messelement, dem Zeitverzögerungskennwert und der Funktionslogik dargestellt. Der Hersteller muss für die spezifische Implementierung das entsprechende Funktionsblockschaltbild bereitstellen.

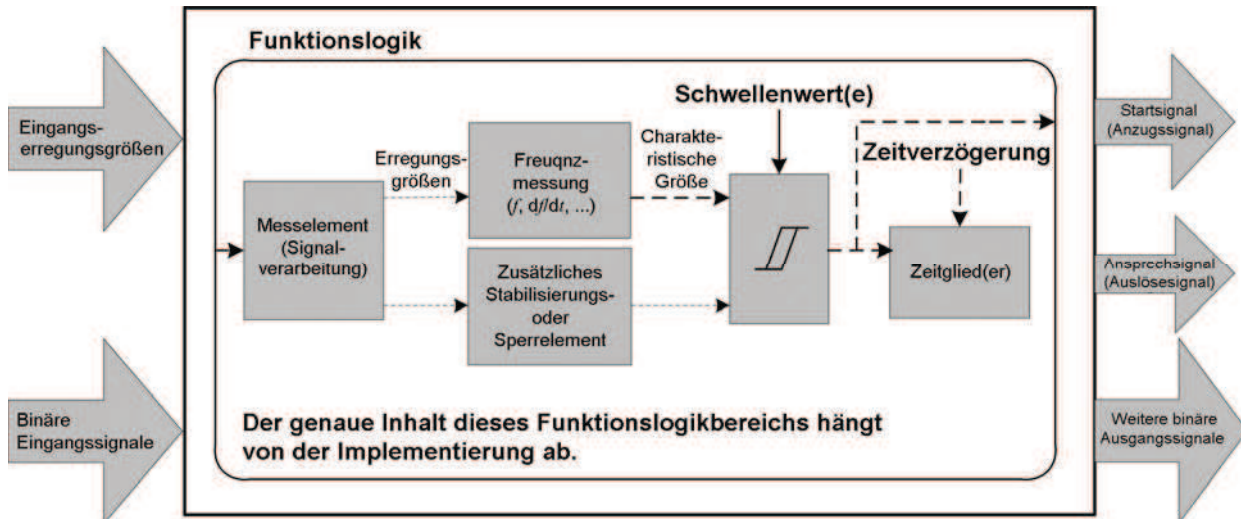


Bild 1 – Vereinfachtes Funktionsblockschaltbild der Schutzfunktion

### 4.2 Eingangserregungsgrößen/Erregungsgrößen

Die Eingangserregungsgrößen sind Messsignale wie Spannungen. Ihre Bemessungswerte sowie die entsprechenden Anforderungen sind in IEC 60255-1 festgelegt. Eingangserregungsgrößen können über direkte Verbindungen mit Primärleitern (z. B. Niederspannungsschienen) oder von Messwandlern (z. B. Spannungswandler nach der Normenreihe IEC 61869) oder als Datenpaket über eine Kommunikationsschnittstelle mit einem geeigneten Kommunikationsprotokoll (wie nach IEC 61850-9-2) übermittelt werden.

Die Dokumentation der Schutzfunktion muss die Art der von der Schutzfunktion verwendeten Eingangserregungsgrößen angeben. Beispiele dafür sind:

- Messung der einphasigen oder mehrphasigen Leiterspannung gegen Erde;
- Messung der einphasigen oder mehrphasigen Leiter-Leiter-Spannung.

Wenn die Schutzeinrichtung nicht mit Spannungswandlereingängen ausgerüstet ist oder nicht mit Phasenspannungswandlern verbunden ist oder wenn die Spannungssignale unterhalb eines unteren Schwellenwerts liegen, kann die Frequenzmessung auf die Netzstromeingangsgrößen gestützt werden. Wenn Leiterströme als Eingangserregungsgröße für ihren Frequenzschutz verwendet werden, muss der Hersteller das angeben.

Der Hersteller muss festlegen, welche Erregungsgrößen für den Betrieb des Frequenzschutzes genutzt werden. Beispiele sind:

- Nutzung der Leiterspannung gegen Erde oder der Leiter-Leiter-Spannung;
- Nutzung von zwei verschiedenen Spannungsquellen;
- Nutzung von aus Phasengrößen abgeleiteten Signalen, z. B. die Mitsystemspannung, oder von berechneten Leiter-Leiter-Spannungen usw.;
- Nutzung des Leiterstroms oder des Mitsystemstroms usw.

Die Art der charakteristischen Größe muss angegeben werden. Beispiele sind:

- die Frequenz auf der Basis einer momentanen oder mittleren Frequenzmessung;

- der Frequenzgradient ( $df/dt$ ) auf der Basis einer momentanen oder mittleren  $df/dt$ -Messung;
- der mittlere Frequenzgradient über einem veränderlichen Zeitraum ( $\Delta f/\Delta t$ ).

Die Frequenz und  $df/dt$ -Größen können als ein Mittelwert der Momentanwerte über einem festgelegten Zeitraum (z. B. ein Netzfrequenzzyklus oder mehrere Netzfrequenzzyklen) gemessen werden. Dieser Zeitraum kann in Abhängigkeit von der Anwendereinstellung feststehend oder veränderlich sein. Der Mittelwert wirkt sich auf die Zeitkennwerte (z. B. Startzeit) aus.

Der Hersteller muss angeben, ob die Frequenzmessung durch eine Anwendereinstellung (z. B. eine Frequenz, die über eine wählbare Anzahl von Zyklen gemittelt wird) beeinflusst wird. Der Hersteller muss den Einfluss dieser Einstellungen auf das Verhalten der Schutzfunktion angeben.

Der mittlere Frequenzgradient über einem Zeitraum ( $\Delta f/\Delta t$ ) beruht auf der Differenz zwischen zwei momentanen Frequenzmesswerten ( $\Delta f$ ) über einem veränderlichen Zeitraum ( $\Delta t$ ). Nach diesem Konzept werden langzeitige Tendenzen der Frequenz überwacht, die weniger anfällig gegen schwingende Frequenzauslenkungen sind. Diese Art der charakteristischen Größe wird in Bild 2 dargestellt.

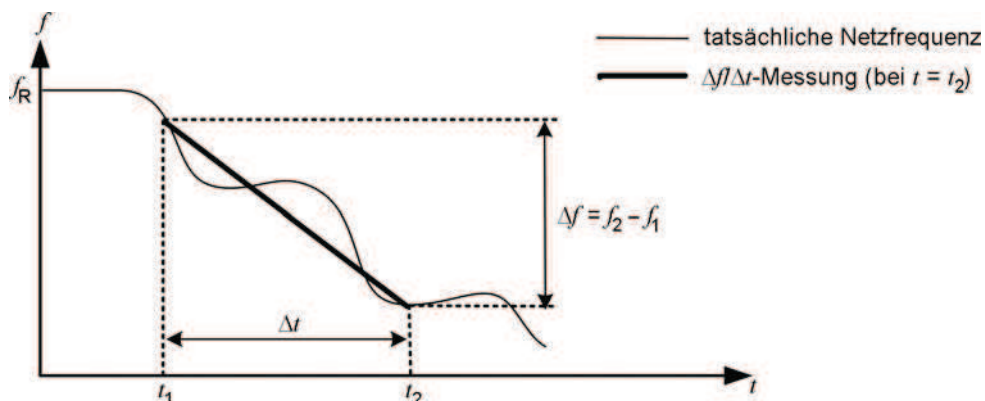


Bild 2 – Erläuterung des mittleren Frequenzgradienten ( $\Delta f/\Delta t$ )

Alle diese charakteristischen Größen beruhen auf einer grundlegenden Frequenzmessung. Im informativen Anhang C wird eine Auswahl anderer vorhandener Algorithmen beschrieben.

### 4.3 Binäre Eingangssignale

Sofern binäre Eingangssignal (extern oder intern angesteuert) verwendet werden, muss deren Einfluss auf die Schutzfunktion im Funktionslogikschaltbild eindeutig beschrieben werden. Es darf auch eine zusätzliche Beschreibung in Textform bereitgestellt werden, wenn diese der weiteren Klärung der Funktionalität der Eingangssignale und ihrer vorgesehenen Nutzung dient.

Die binären Eingangssignale für diese Funktion können von einer Anzahl verschiedener Quellen stammen. Beispiele dafür sind:

- herkömmlich über Leitungen zu physischen (typischerweise optisch isolierten) Eingängen;
- über eine Kommunikationsschnittstelle von externen Geräten;
- über interne logische Verbindungen von anderen Funktionselementen innerhalb des Relais; z. B. Unterspannungssperre,  $df/dt$ - oder  $\Delta f/\Delta t$ -Überwachung, Stromüberwachung und Leistungsüberwachung ( $I/P$ -Funktion);
- über interne logische Verbindungen innerhalb des Frequenzschutzelements.

Das Empfangsverfahren des Signals ist weitgehend unerheblich, außer dass es mit den Betriebsanforderungen übereinstimmen muss. Definitionen, Bemessungs- und Normwerte für binäre Eingangssignale sind in IEC 60255-1 festgelegt.

## 4.4 Funktionslogik

### 4.4.1 Betriebskennwerte

#### 4.4.1.1 Allgemeines

Die Beziehung zwischen Ansprechzeit und charakteristischer Größe kann mit einer Kennlinie angegeben werden. Die Form dieser Kurve muss vom Hersteller durch eine Gleichung (bevorzugt) oder graphisch angegeben werden.

Diese Norm legt einen unabhängigen Zeitkennwert fest (d. h. eine unabhängige Verzögerung).

Ein unabhängiger Zeitkennwert wird definiert als der Einstellwert der charakteristischen Größe  $G_S$  und als der Einstellwert der Ansprechzeit  $t_{op}$ . Wenn keine absichtliche Verzögerung benutzt wird, wird die Ausgangsgröße der Schutzfunktion als eine momentane Ausgangsgröße bezeichnet.

Die Ansprechzeit der Schutzfunktion ist die Summe aus der Startzeit und dem Einstellwert der Ansprechzeit  $t_{op}$ .

#### 4.4.1.2 Kennlinie für die Unterfrequenzfunktion

Für die Unterfrequenzfunktion gilt  $t_{(G)} = t_{op}$  bei  $G < G_S$ . Bild 3 zeigt die unabhängige Zeitkennlinie:

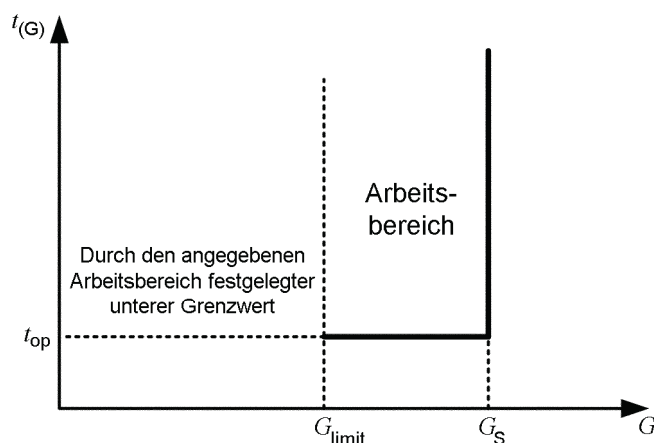


**Bild 3 – Unabhängige Zeitkennlinie der Unterfrequenzfunktion**

**ANMERKUNG** Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt.

#### 4.4.1.3 Kennlinie für die Überfrequenzfunktion

Für die Überfrequenzfunktion gilt  $t_{(G)} = t_{op}$  bei  $G > G_S$ . Bild 4 zeigt die unabhängige Zeitkennlinie:

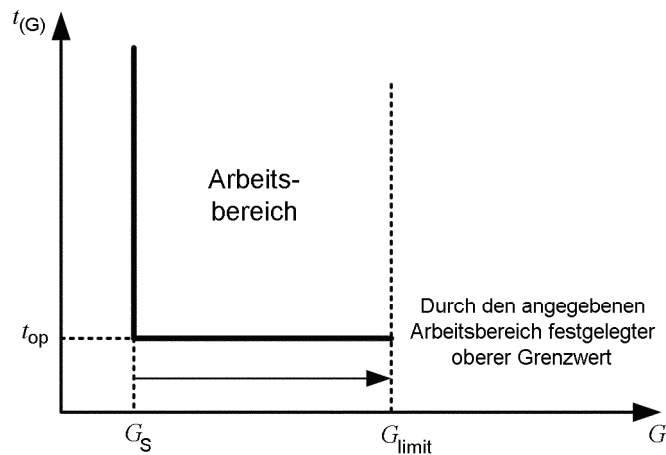


**Bild 4 – Unabhängige Zeitkennlinie der Überfrequenzfunktion**

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt.

#### 4.4.1.4 Kennlinie für die Frequenzgradientenfunktion (ROCOF)

Für die ROCOF-Funktion gilt  $t_{(G)} = t_{op}$  bei  $|G| > |G_S|$ . Bild 5 zeigt die unabhängige Zeitkennlinie.

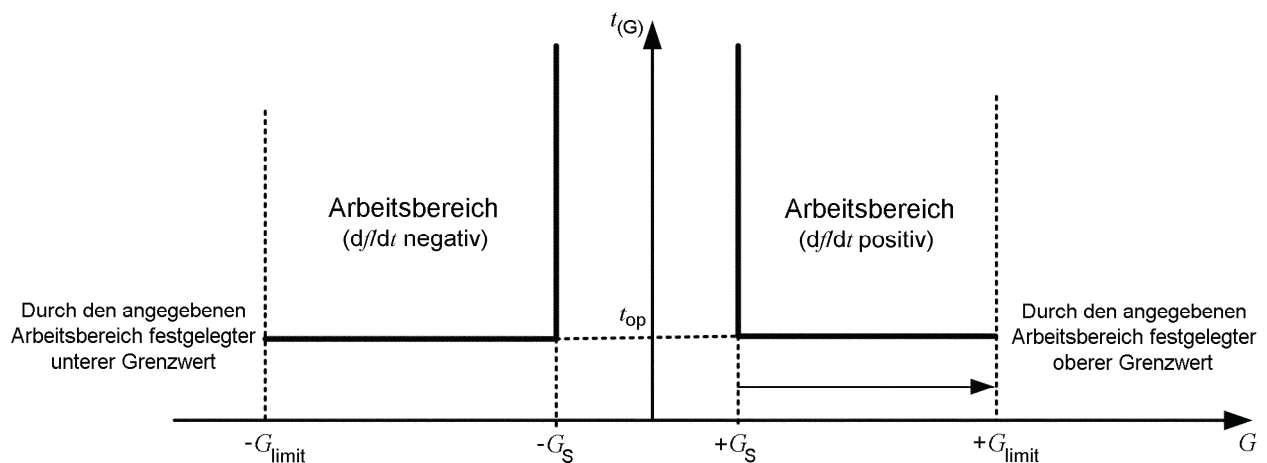


**Bild 5 – Unabhängige Zeitkennlinie der ROCOF-Funktion (für einen negativen oder positiven Anstieg)**

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt.

Die Arbeitskennlinie kann je nach Anwendereinstellung nur für einen positiven oder nur für einen negativen Frequenzanstieg definiert werden. Diese Arbeitskennlinien müssen vom Hersteller angegeben werden.

#### 4.4.2 Rücksetzkennwerte

Generell gibt es kein absichtlich verzögertes Rücksetzen, die Funktion muss in ihren Ruhezustand zurückkehren, wenn:

- $G > G_S$  + (Rücksetzhysterese) für die Unterfrequenzfunktion;
- $G < G_S$  – (Rücksetzhysterese) für die Überfrequenzfunktion;
- $|G| < (\text{Rücksetzverhältnis}) \times |G_S|$  oder  $|G| < |G_S|$  – (Rücksetzhysterese) für die ROCOF-Funktion oder die entsprechende Gleichung, wenn  $d/dt$  mit Vorzeichen verwendet werden.

Für die ROCOF-Funktionen kann das Rücksetzverhältnis mit einer absoluten Mindest-Rücksetzhystere verknüpft werden, die für untere Schwellenwerte gilt. In diesem Fall ist der Rücksetzwert der größere Wert entweder des angegebenen Rücksetzverhältnisses oder der Rücksetzhystere (z. B. Rücksetzverhältnis 98 % mit einer Mindest-Rücksetzhystere von 40 mHz/s).

Für einen Frequenzschutz muss nur die Rückfallzeit angegeben werden. Eine absichtliche Rücksetzzeitkennlinie wird bei Frequenzschutzfunktionen im Allgemeinen nicht empfohlen. Die Differenz zwischen Rückfallzeit und Rücksetzzeit wird in Bild 6 noch einmal erläutert.

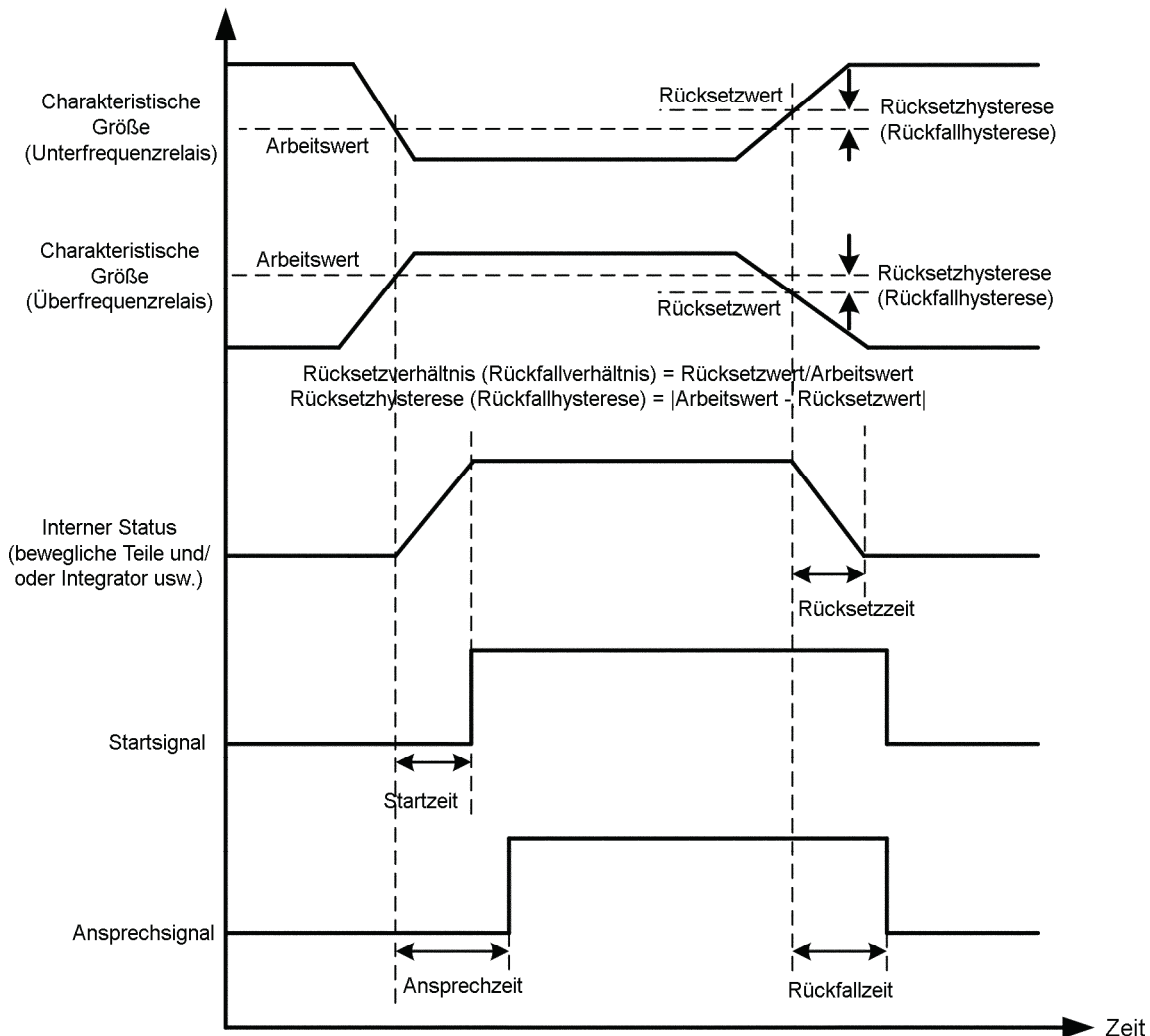


Bild 6 – Diagramm mit der Erläuterung der Start-, Ansprech- Rückfall- und Rücksetzzeit und der zugehörigen Werte

## 4.5 Weitere Einflussfunktionen/-bedingungen

### 4.5.1 Allgemeines

### 4.5.2 Spezifische Kennwerte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion

Die folgenden Bedingungen können das Verhalten der Frequenzschutzfunktion beeinflussen. Diese Bedingungen können durch weitere Funktionselemente festgestellt werden, die dann auf eine vorher definierte Weise über binäre Eingangssignale mit dem Frequenzschutz in Wechselwirkung treten, z. B. mit dem Sperrfrequenzschutz, wenn die Spannungspegel unterhalb vorgegebener Grenzwerte liegen. Das Betriebsverhalten dieser spezifischen Kennwerte muss vom Hersteller in der Dokumentation beschrieben werden.

Beispiele für die Ermittlung spezifischer Kennwerte der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion sind:

- Unterspannungssperre;
- Überwachung der Gleichheit der drei Phasen;
- $dI/dt$ - oder  $\Delta I/\Delta t$ -Überwachung;
- Stromüberwachung;
- Leistungsüberwachung ( $I/P$ -Funktion).

#### 4.5.3 Spezifische Kennwerte für die ROCOF-Funktion

Beispiele für die Ermittlung spezifischer Kennwerte der ROCOF-Funktion sind:

- Unterspannungssperre;
- Überwachung der Gleichheit der drei Phasen;
- Unterfrequenz-/Überfrequenzüberwachung;
- Stromüberwachung.

### 4.6 Binäre Ausgangssignale

#### 4.6.1 Allgemeines

Die binären Ausgangssignale dieser Funktion dürfen auf verschiedene Weise bereitgestellt werden. Beispiele dafür sind:

- herkömmlich über Leitungen von physischen Ausgangskontakten von Schutzeinrichtungen;
- über eine Kommunikationsschnittstelle zu externen Geräten;
- über interne logische Verbindungen zu anderen Funktionselementen innerhalb der Schutzeinrichtung;
- über interne logische Verbindungen innerhalb des Frequenzschutzelements.

Das Bereitstellungsverfahren des Signals ist weitgehend unerheblich, außer dass es mit den Betriebsanforderungen übereinstimmen muss. Definitionen, Bemessungs- und Normwerte für binäre Ausgangssignale sind in IEC 60255-1 festgelegt.

#### 4.6.2 Startsignal (Anzugssignal)

Das Startsignal ist das Ausgangssignal von Mess- und Schwellenwertelementen ohne eine absichtliche Verzögerung.

Der Hersteller muss die Informationen über die Startsignale, die für das Start-/Fehlererkennungselement verwendete(n) Kennwerte und Logik, die erforderlichen Einstellparameter, die Bedeutung und die Nutzung der Einstellungen und die von der Funktion stammenden Ausgangssignale in dem Umfang festlegen, wie er für eine einwandfreie Anwendung und Prüfung notwendig ist.

Wird kein Startsignal vorgegeben, muss der Hersteller Informationen darüber angeben, wie Prüfungen im Zusammenhang mit dem Startsignal nach den Festlegungen in Abschnitt 6 durchzuführen sind.

#### 4.6.3 Ansprechsignal (Auslösesignal)

Das Ansprechsignal ist das Ausgangssignal der Mess- und Schwellenwertelemente nach dem Ende einer absichtlichen Ansprechverzögerung. Bei unverzögerten Elementen darf dieses Signal gleichzeitig mit dem Startsignal (falls verfügbar) auftreten.

#### 4.6.4 Weitere binäre Ausgangssignale

Wenn beliebige weitere binäre Ausgangssignale zur Nutzung zur Verfügung stehen, muss deren Arbeitsweise im Funktionslogikschaltbild eindeutig dargestellt werden. Es darf auch eine zusätzliche Beschreibung

in Textform bereitgestellt werden, wenn diese der weiteren Klärung der Funktionalität der Ausgangssignale und ihrer vorgesehenen Nutzung dient.

## 5 Spezifikation des Betriebsverhaltens

### 5.1 Allgemeines

Da die vorliegende Norm die Mindestanforderungen für den Frequenzschutz festlegt, werden hier nur die Daten des Betriebsverhaltens, die für die Erfüllung dieser Mindestanforderungen erforderlich sind, betrachtet und dargelegt. Diese Norm legt außerdem fest, wie das Betriebsverhalten im Zusammenhang mit diesen Mindestanforderungen vom Hersteller dokumentiert werden muss.

### 5.2 Effektiver Messbereich und Arbeitsbereich

Die Tabellen 1 und 2 geben anhand von Beispielen an, wie der effektive Messbereich und der Arbeitsbereich für den Überfrequenz-/Unterfrequenzschutz und den Frequenzgradientenschutz vom Hersteller angegeben werden müssen. Abhängig von der Technik für die Frequenzschutzfunktion kann der Bereich von den in den Tabellen angegebenen Werten abweichen, wobei die angegebenen Werte nur Beispiele für das Datenformat darstellen. Der Hersteller muss den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich angeben und die Daten müssen in dem in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Format veröffentlicht werden.

**Tabelle 1 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den Überfrequenz-/Unterfrequenzschutz**

| Größe    | Effektiver Messbereich               | Arbeitsbereich                       |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Spannung | 5 % bis 150 % der Bemessungsspannung | 2 % bis 200 % der Bemessungsspannung |
| Frequenz | 35 Hz bis 75 Hz                      | 20 Hz bis 95 Hz                      |

**Tabelle 2 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den Frequenzgradientenschutz**

| Größe            | Effektiver Messbereich               | Arbeitsbereich                       |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Spannung         | 5 % bis 150 % der Bemessungsspannung | 2 % bis 200 % der Bemessungsspannung |
| Frequenz (*)     | 35 Hz bis 75 Hz                      | 20 Hz bis 95 Hz                      |
| Frequenzgradient | –5 Hz/s bis +5 Hz/s                  | –10 Hz/s bis +10 Hz/s                |

(\*) Falls der Algorithmus zur Messung des Frequenzgradienten vom Wert der Frequenz selbst nicht beeinflusst wird, muss der Hersteller den Wortlaut „nicht anwendbar“ angeben. Das Verhalten des Schutzes außerhalb des effektiven Messbereichs muss von Hersteller angegeben werden.

Wenn Leiterströme als Eingangserregungsgrößen für den Frequenzschutz verwendet werden, muss der Hersteller den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für die Ströme angeben.

### 5.3 Genauigkeit der charakteristischen Größe

Der Hersteller muss die Genauigkeit der charakteristischen Größe zusammen mit einem Bereich von Einstellwerten, über den die Genauigkeit anwendbar ist, angeben. Darüber hinaus muss der Hersteller das Verhalten der Funktion über dem angegebenen Arbeitsbereich vorgeben.

Für die Unter-/Überfrequenz muss die Genauigkeit mit einem absoluten Frequenzwert (z. B.  $\pm 10$  mHz) angegeben werden. Zusätzlich zum Absolutwert kann ein relativer Wert (falls gefordert) angegeben werden und der Genauigkeitsfehler muss der Höchstwert der beiden Terme sein (z. B.  $\pm 0,01$  % oder  $\pm 10$  mHz, je nachdem, welcher Wert größer ist).

Für die ROCOF-Funktion muss die Genauigkeit mit einem relativen oder absoluten  $d/f/dt$ -Wert oder eine Kombination beider Werte angegeben werden (z. B.  $\pm 5\%$  oder  $\pm 15\text{ mHz/s}$ , je nachdem, welcher Wert größer ist).

Das Prüfverfahren für die Bewertung der Genauigkeit der charakteristischen Größe wird in Abschnitt 6 beschrieben.

#### 5.4 Startzeit für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion

Die Startzeit für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion hängt von mehreren Faktoren ab:

- Anfangsfrequenzwert (im Allgemeinen annähernd Bemessungsfrequenz);
- Endfrequenzwert (bei einem einfachen stationären Prüfzustand);
- die Art des Übergangs vom Anfangs- zum Endwert;
- das Frequenzmessverfahren, wenn die Frequenz auf einem Mittelwert über einem gleitenden Zeitraum beruht.

Die Startzeit muss vom Hersteller als das Ergebnis von zwei verschiedenen Prüfverfahren vorgelegt werden:

- mit einer plötzlichen Änderung zwischen dem Anfangswert der Prüffrequenz und dem Endfrequenzwert;
- mit verschiedenen stetigen Frequenzanstiegen ( $d/f/dt$ ) zwischen dem Anfangsfrequenzwert und dem Endfrequenzwert.

Umfassendere Informationen über das Prüfverfahren und definierte Prüfpunkte können Abschnitt 6 entnommen werden.

Für jedes Prüfverfahren muss der Hersteller den Mindestwert, den Mittelwert und den Höchstwert der Startzeit auf der Basis aller Prüfpunkte nach Abschnitt 6 angeben. Außerdem muss eine graphische Darstellung der gesamten Prüfgruppe erfolgen.

Wenn die Frequenzmessung auf einem veränderlichen Zeitraum nach einer Anwendereinstellung beruht, muss die Startzeit mit der Standardeinstellung dieses veränderlichen Zeitraums angegeben werden.

#### 5.5 Startzeit für die ROCOF-Funktion

Die Startzeit der ROCOF-Funktionen hängt ähnlich wie die Unter-/Überfrequenzfunktion von verschiedenen Faktoren ab. Die Startzeit muss vom Hersteller als Ergebnis von Prüfungen auf der Basis der verschiedenen Anstiege mit einem konstanten Frequenzgradienten zwischen dem Anfangswert der Prüffrequenz und dem Endwert der Prüffrequenz angegeben werden. Umfassendere Informationen über das Prüfverfahren und definierte Prüfpunkte können Abschnitt 6 entnommen werden.

Der Hersteller muss den Medianwert, den Mindestwert und den Höchstwert der Startzeit auf der Basis aller Prüfpunkte nach Abschnitt 6 angeben. Außerdem muss eine graphische Darstellung der gesamten Prüfgruppe mit dem bezeichneten Modalwert und dem Medianwert erfolgen. Die statistische Terminologie wird in Anhang B erläutert.

Wenn die Frequenzmessung auf einem veränderlichen Zeitraum nach einer Anwendereinstellung beruht, muss die Startzeit mit der Standardeinstellung dieses veränderlichen Zeitraums angegeben werden.

#### 5.6 Genauigkeit der Einstellung der Ansprechverzögerung

Die Ansprechverzögerung ist der Zeitraum von dem Zeitpunkt, an dem das Startsignal (Anzugssignal) aktiviert wird, bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Ansprechsignal (Auslösesignal) aktiviert ist.

Diese Verzögerung darf nicht mit der Ansprechzeit der Frequenzschutzfunktion verwechselt werden, die den Zeitraum vom Zeitpunkt des Auftretens des Netzfehlzustands bis zum Zeitpunkt der Ausgabe des Arbeitsbefehls (Auslösebefehl) der Schutzfunktion bezeichnet.

Der größte zulässige Fehler der festgelegten Ansprechverzögerung muss angegeben werden entweder als:

- ein Prozentwert des Zeiteinstellwerts zusammen mit einem feststehenden größten Zeitfehler (wobei dieser den Prozentwert überschreiten darf), je nachdem, welcher Wert größer ist; z. B.  $\pm 5\%$  oder  $\pm 20\text{ ms}$ , je nachdem, welcher Wert größer ist; oder
- ein feststehender größter Zeitfehler (z. B.  $\pm 20\text{ ms}$ ).

Der Hersteller muss den größten Fehlergrenzwert für die Ansprechzeit zusammen mit einem Einstellbereich der Verzögerung, über den er gilt, angeben.

Das Prüfverfahren zur Bewertung der Ansprechverzögerung ist in Abschnitt 6 beschrieben.

In einigen Implementierungen kann die interne Messzeit in die Ansprechzeit einbezogen werden und nicht zusätzlich zur Verzögerungseinstellung gelten, wie es definiert wurde. Der Hersteller muss angeben, wie die Ansprechzeit in Frequenzschutzfunktionen behandelt wird.

### 5.7 Rückfallzeit

In Frequenzschutzanwendungen kann es wichtig sein, die Rückfallzeit der Frequenzschutzstufen zu betrachten, wenn die Frequenz in ihren normalen Zustand zurückkehrt. Diese Information wirkt sich auf die Zeitsteuerung der verschiedenen Schutzstufen in Abstimmung mit dem Netzschutz und dem Generatorschutz usw. aus. Der Hersteller muss die Rückfallzeit nach dem im Abschnitt 6 beschriebenen Prüfverfahren angeben.

### 5.8 Rücksetzhysterese und Rücksetzverhältnis

Für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion muss der Hersteller die Rücksetzhysterese in mHz angeben (z. B. Rücksetzhysterese: 5 mHz).

Für die Frequenzgradientenfunktion muss der Hersteller den Rücksetzwert angeben, der auf ein Rücksetzverhältnis begrenzt sein kann (z. B. Rücksetzverhältnis 98 %) oder mit einem Rücksetzverhältnis im Zusammenhang mit einer absoluten Mindest-Rücksetzhysterese definiert werden kann, die für untere Schwellenwerte gilt (z. B. Rücksetzverhältnis 98 % mit einer Mindest-Rücksetzhysterese von 40 mHz/s).

Abschnitt 6 beschreibt das Prüfverfahren für die Bewertung der Rücksetzhysterese und des Rücksetzverhältnisses.

### 5.9 Genauigkeit der Stabilisierungs-/Sperrelemente

Der Hersteller muss die verwendeten Stabilisierungs-/Sperrelemente und deren Genauigkeit angeben.

### 5.10 Stabilität bei einer Spannungsvektorverschiebung

Für die ROCOF-Funktion muss der Hersteller angeben, ob das Startsignal bei einer Spannungsvektorverschiebung stabil ist (kein fehlerhaftes Ansprechen). Wenn die Funktion nicht stabil ist, muss der Hersteller die kleinste Verzögerung angeben, die erforderlich ist, um die Stabilität des Arbeitssignals sicherzustellen. Die Stabilität muss nach dem in Abschnitt 6 beschriebenen Prüfverfahren geprüft werden.

### 5.11 Anforderungen an Spannungseingangssignale

Wenn Spannungsmesswandler verwendet werden, muss der Hersteller die Arten der Spannungswandler angeben, die erforderlich sind, um das beanspruchte Niveau des Betriebsverhaltens aufrechtzuerhalten (siehe Normenreihe IEC 61869).

Werden direkte Niederspannungsverbindungen verwendet, muss der Bemessungsspannungsbereich anhand des angegebenen effektiven Messbereichs und des Arbeitsbereichs nach 5.2 definiert werden.

## 6 Funktionsprüfverfahren

### 6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält eine genaue Beschreibung der Prüfungen, die zum Nachweis der in Abschnitt 5 beschriebenen Genauigkeit der Frequenzschutzfunktion und der Spezifikation des Betriebsverhaltens durchgeführt werden müssen. Diese Prüfungen sind nicht als Inbetriebnahmeprüfungen vor Ort oder Stückprüfungen von Schutzrelais vorgesehen, welche unter Bezugnahme auf die Anweisungen des Herstellers durchgeführt werden müssen. Einige der in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren und Anforderungen an das Betriebsverhalten können jedoch auch auf Inbetriebnahme-/Betriebsprüfungen angewendet werden.

Diese Prüfungen sind, wie in Abschnitt 5 erläutert, ein verbindlicher Teil der Typprüfungen für die Schutzfunktion. Die Prüfbedingungen werden ausführlich beschrieben und wie die Prüfergebnisse in der Dokumentation des Herstellers veröffentlicht werden müssen. Dadurch wird der Vergleich der technischen Anforderungen des Anwenders mit den in der Herstellerdokumentation angegebenen Spezifikationen der Schutzfunktion ermöglicht.

Die Prüfungen sind so konzipiert, dass alle Aspekte der Hardware und der Firmware (soweit zutreffend) der Frequenzschutzfunktion einbezogen werden. Das bedeutet, dass die Spannungseinprägung (oder die Stromeinprägung) an der Schnittstelle zur Schutzeinrichtung erfolgen muss, entweder direkt in die üblichen Eingangsanschlüsse des Spannungswandlers oder als gleichwertiges digitales Signal mit dem geeigneten Protokoll an der entsprechenden Schnittstelle. Auf die gleiche Weise muss das Auslösesignal, soweit möglich, von den Ausgangsanschlüssen abgenommen werden oder als gleichwertige Signale an einer entsprechenden Schnittstelle.

Bei den Prüfungen, die mit dem Zeitverhalten verknüpft sind, muss der Hersteller angeben, mit welcher Ausgangsgröße die Start- und Ansprechzeit gemessen worden ist (binärer Ausgangsauslösekontakt oder statischer Ausgang oder GOOSE-Nachricht nach der Normenreihe IEC 61850). Wenn die Schutzeinrichtung verschiedene Ausgabemedien zur Verfügung stellen kann, muss der Hersteller angeben, wie das Zeitverhalten beeinflusst wird.

Für Schutzeinrichtungen, bei denen einige oder alle Einstellwerte Primärwerte sind, kann für die Durchführung der Prüfungen ein Spannungswandlerverhältnis ausgewählt werden.

Zur Bestimmung der Genauigkeit der Frequenzschutzfunktionen unter stationären Bedingungen muss die eingeprägte charakteristische Größe eine sinusförmige Bemessungsspannungsamplitude sein, deren Frequenz an die Prüfanforderungen angepasst werden sollte. Wenn die Frequenzfunktionen auf dem Leiterstrom beruhen, muss das gleiche Prüfverfahren eingehalten werden und die Prüfbedingungen müssen im Typprüfbericht umfassend beschrieben werden.

Mehrere in diesem Abschnitt beschriebene Funktionsprüfungen beruhen auf Signalen mit Wellenformen mit einem konstanten Frequenzanstieg. Die Gleichung dieser Prüfwellenformen ist im normativen Anhang A noch einmal angegeben. Wenn das Prüfsignal auf berechneten Abtastwerten beruht, die mit einer Prüfeinrichtung wiedergegeben werden, muss die Abtastfrequenz der Prüfwellenform 4 800 Hz oder mehr betragen, damit eine hohe Auflösung sichergestellt wird. Die Abtastfrequenz von 4 800 Hz beruht auf der genormten Abtastrate, die für Messwandler mit einer digitalen Schnittfläche definiert ist (IEC 61869-9).

In den nachfolgenden Abschnitten werden die anzuwendenden Prüfeinstellungen als Prozentwert des verfügbaren Einstellbereichs angegeben.

Für Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktionen können die Mindest-/Höchstwerte des Einstellbereichs mit einer großen Abweichung unterhalb oder oberhalb der Bemessungswerte liegen. Zur Begrenzung der Anzahl der Prüfpunkte und um den Schwerpunkt auf typische Einstellungen zu legen, muss der geprüfte Einstellbereich vom Frequenzbemessungswert zum oberen Einstellwert des Bereichs (mit positiven Prozentwerten) oder zum unteren Einstellwert des Bereichs (mit negativen Prozentwerten) definiert werden. Damit kann für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion die tatsächlich anzuwendende Einstellung nach der folgenden Gleichung berechnet werden.

Für Prüfpunkte, die mit positiven Prozentwerten definiert sind:  $f_S = (f_{Max} - f_R) \cdot X + f_R$

Für Prüfpunkte, die mit negativen Prozentwerten definiert sind:  $f_S = (f_R - f_{\min}) \cdot X + f_R$

Dabei ist

- $f_S$  der tatsächliche Einstellwert, der bei der Prüfung verwendet wird (oder ein annähernd anwendbarer Einstellwert);
- $f_{\max}$  der höchste verfügbare Einstellwert;
- $f_{\min}$  der niedrigste verfügbare Einstellwert;
- $f_R$  die Bemessungsfrequenz (z. B. 50 Hz, 60 Hz ...);
- $X$  der Prozentwert des Prüfpunkts geteilt durch 100, der im Prüfverfahren angegeben ist (siehe Tabellen 3, 8, 12 usw.).

Für die in Tabelle 3 definierten Arbeitseinstellungen wären die tatsächlich anwendbaren Arbeitsfrequenzeinstellungen unter der Annahme eines verfügbaren Einstellbereichs von 40 Hz bis 70 Hz (entsprechend der Schrittweite der Einstellungen können die gerundeten Werte benutzt werden) z. B.:

- bei 50 Hz Bemessungsfrequenz: 40 Hz, 49 Hz, 49,5 Hz, 49,75 Hz, 49,9 Hz, 50 Hz, 50,2 Hz, 50,5 Hz, 51 Hz, 52 Hz, 70 Hz;
- bei 60 Hz Bemessungsfrequenz: 40 Hz, 58 Hz, 59 Hz, 59,5 Hz, 59,8 Hz, 60 Hz, 60,1 Hz, 60,25 Hz, 60,5 Hz, 61 Hz, 70 Hz.

Für ROCOF-Funktionen können die tatsächlich anwendbaren Einstellungen nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$S_{AV} = (S_{MAX} - S_{MIN}) \cdot X + S_{MIN}$$

Dabei ist

- $S_{AV}$  der tatsächliche Einstellwert, der bei der Prüfung verwendet wird (oder ein annähernd anwendbarer Einstellwert);
- $S_{MAX}$  der höchste verfügbare Einstellwert;
- $S_{MIN}$  der niedrigste verfügbare Einstellwert;
- $X$  der Prozentwert des Prüfpunkts geteilt durch 100, der im Prüfverfahren angegeben ist (siehe Tabellen 6, 10, 15 usw.).

Für die ROCOF-Einstellungen in Tabelle 6 wären die tatsächlich anwendbaren Arbeitsfrequenzeinstellungen unter Annahme eines verfügbaren Einstellbereichs von 0,1 Hz/s bis 10 Hz/s z. B. 0,1 Hz/s, 1,09 Hz/s, 2,08 Hz/s, 3,07 Hz/s, 4,06 Hz/s, 5,05 Hz/s, 6,04 Hz/s, 7,03 Hz/s, 8,02 Hz/s, 9,01 Hz/s, 10 Hz/s. Entsprechend der Schrittweite der Einstellungen können die gerundeten Werte benutzt werden.

## 6.2 Bestimmung von bleibenden Fehlern der charakteristischen Größe

### 6.2.1 Genauigkeit des Startwerts

#### 6.2.1.1 Unter-/Überfrequenz

##### 6.2.1.1.1 Beschreibung der erzeugten Frequenzrampe

Das empfohlene Prüfverfahren ist eine pseudo-stetige Frequenzrampe.

Die Rampe beginnt bei der Startfrequenz  $f_{\text{start}}$ . Die Startfrequenz liegt weit genug entfernt vom erwarteten Startwert  $G_S$  für die Frequenzschutzfunktion.

Die Rampe kann nach der Aktivierung des Startsignals unterbrochen werden. Das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion wird in Bild 7 dargestellt.

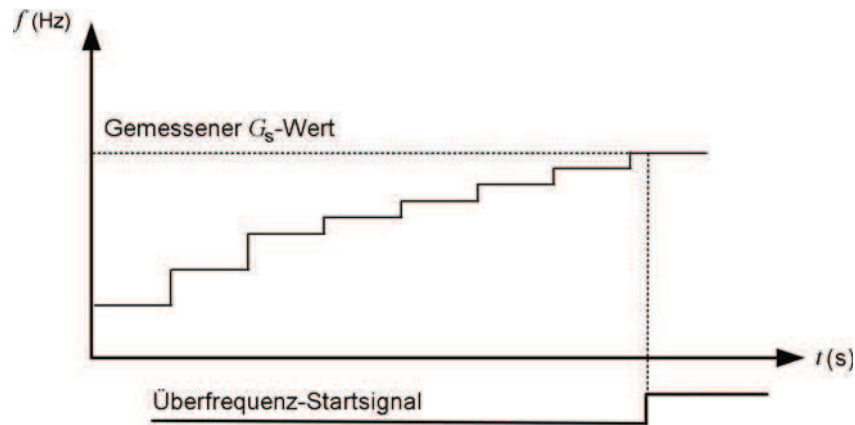


**Bild 7 – Beispiel für das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion**

Jede Stufe der Rampe dauert mindestens 500 ms. Wenn eine Frequenznachführung durchgeführt wird, reicht diese Zeitstufe für die Frequenzeinstellung in der Regel aus.

Zur Verkürzung der Prüfzeit kann der Frequenzzuwachs am Anfang der Rampe größer sein bis zum Wert:

- $G_S - 3 \times (\text{angegebene Frequenzgenauigkeit})$  für die Überfrequenzfunktion;
- oder
- $G_S + 3 \times (\text{angegebene Frequenzgenauigkeit})$  für die Unterfrequenzfunktion.

Sobald der angegebene Wert erreicht ist, beträgt der Frequenzzuwachs bis zum Ende der Rampe, das durch das Auslösen des Startsignals verursacht wird,  $\leq 10\%$  der angegebenen Frequenzgenauigkeit.

#### 6.2.1.1.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Einstellungen der Schutzfunktion müssen in dem in Tabelle 3 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Frequenzmessung gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Frequenzeinstellung  $G_S$  gibt, die überprüft worden ist. In diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

#### 6.2.1.1.3 Prüfpunkte und Berechnung der Frequenzgenauigkeit

Auch wenn der Einstellbereich unabhängig von der Einstellung der Bemessungsfrequenz ist (gewöhnlich 50 Hz oder 60 Hz), werden die Prüfungen für jeden Nennwert der Netzfrequenz für die Schutzfunktion mit den eingestellten Prüfpunkten nach Tabelle 3 und den in 6.1 festgelegten Vorschriften wiederholt.

Die Frequenz wird an den folgenden Prüfpunkten gemessen (Tabelle 3). Jede Prüfung wird fünfmal wiederholt und die Prüfergebnisse für jede Prüfung werden aufgezeichnet.

Die gemessene Startfrequenz muss bei jeder Prüfung innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit liegen. Die zulässigen Werte werden für jeden Messwert wie folgt berechnet.

Der Start der Schutzfunktion muss innerhalb des Frequenzbereichs um den erwarteten Startwert  $G_S$  ausgelöst werden. Der Bereich hat folgende Grenzen:

- obere Grenze =  $(G_S + \text{ABS (Frequenzgenauigkeit)})$ ;
- untere Grenze =  $(G_S - \text{ABS (Frequenzgenauigkeit)})$ .

**Tabelle 3 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion**

| Frequenz-einstellung<br>(Start-schwellen-wert $G_S$ ) | Frequenz-einstellung<br>(Hz) | Prüfung 1<br>(Hz) | Prüfung 2<br>(Hz) | Prüfung 3<br>(Hz) | Prüfung 4<br>(Hz) | Prüfung 5<br>(Hz) | Zulässiger Wert<br>(Hz)       | Ergebnis<br>(bestanden/<br>nicht<br>bestanden) |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| –100 %<br>(Mindest-einstellung)                       |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| –10 %                                                 |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| –5 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| –2,5 %                                                |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| –1 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| 0 %<br>( $f_R = 50$ Hz,<br>60 Hz)                     |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| +1 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| +2,5 %                                                |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| +5 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| +10 %                                                 |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |
| +100 %<br>(Höchst-einstellung)                        |                              |                   |                   |                   |                   |                   | $G_S$<br>$\pm f\_Genauigkeit$ | bestanden                                      |

#### 6.2.1.1.4 Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit

Die Frequenzgenauigkeit wird angegeben als Messfehler, wie im Beispiel mit einem Wert in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit**

| Überfrequenzschutz<br>Frequenzgenauigkeit |                |
|-------------------------------------------|----------------|
| Frequenzgenauigkeit                       | $\pm 10,0$ mHz |

Alternativ kann sich der Hersteller dafür entscheiden, den Genauigkeitsfehler mit dem Höchstwert der beiden Terme anzugeben, wie in Tabelle 5 dargestellt.

**Tabelle 5 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit (alternative Möglichkeit)**

| Überfrequenzschutz<br>Frequenzgenauigkeit |                                                                              |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Frequenzgenauigkeit                       | $\pm 10,0$ mHz oder $\pm 0,01$ % $G_S$ , je nachdem, welcher Wert größer ist |

## 6.2.1.2 Frequenzgradient

### 6.2.1.2.1 Beschreibung der erzeugten Frequenzrampe

Die Genauigkeit der Einstellung des Frequenzgradienten  $G_S$  wird mit einer Folge von Frequenzrampen bewertet, bei denen die Frequenz gegenüber dem Nennwert in Abhängigkeit vom Vorzeichen der Frequenzableitung (+ oder -) steigt oder sinkt. Das Prüfverfahren für eine positive Frequenzableitung wird in Bild 8 veranschaulicht.

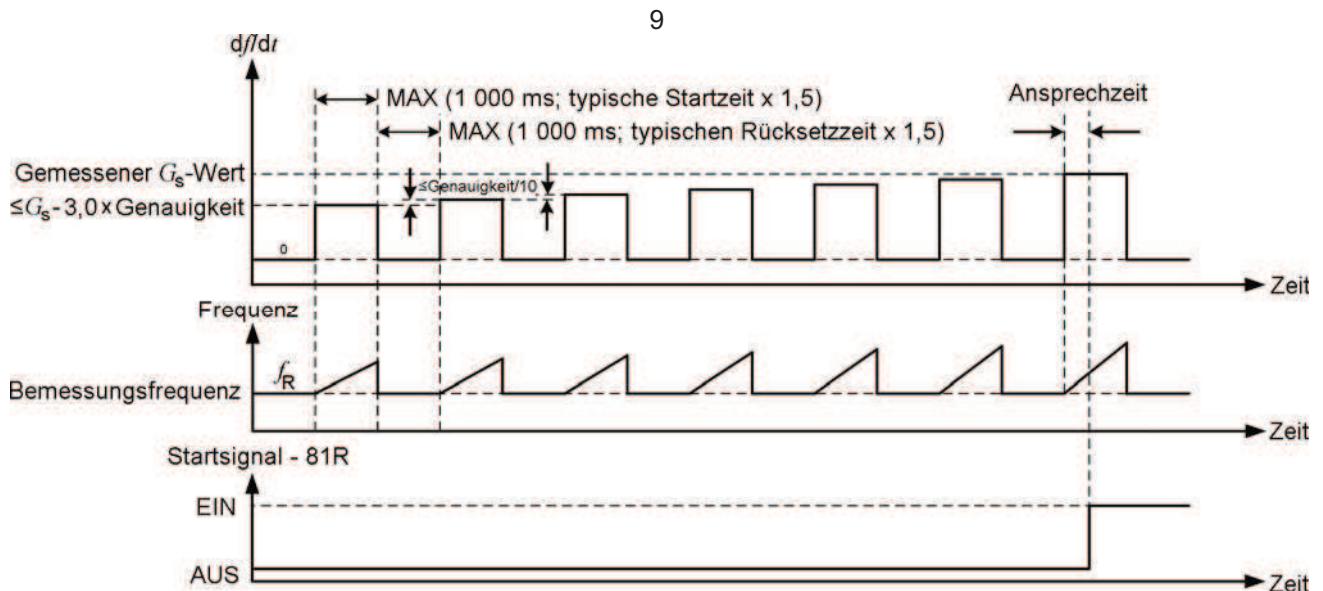


**Bild 8 – Beispiel für das Prüfverfahren für die ROCOF-Funktion**

Die Rampe beginnt bei der Startfrequenz  $f_R$  und endet, wenn das Startsignal für die Schutzfunktion auslöst oder wenn die Rampe endet, ohne dass der Start der Schutzfunktion herbeigeführt wird. Zur Bewertung, ob die Schutzfunktion während der Einprägung gestartet wurde oder nicht, muss die Rampe folgende Dauer haben:

$$\text{MAX (1 000 ms; typische Startzeit} \times 1,5)$$

Die eingeprägte Frequenz muss immer innerhalb des effektiven Messbereichs der Schutzfunktion liegen, wenn es für die ROCOF-Funktion einen vorgegebenen effektiven Frequenzmessbereich gibt. Diese Bedingung darf die Dauer der Frequenzrampe begrenzen. Wenn die Dauer der Frequenzrampe kürzer sein muss als die längste Startzeit für die ROCOF-Funktion, kann die Funktion für diese Einstellung nicht geprüft werden und der Hersteller muss diese Information angeben.

Um die Einprägung der Rampe für die längste Dauer zu ermöglichen, darf die Startfrequenz als Mindestfrequenz des effektiven Messbereichs (für Rampen mit einer positiven Frequenzableitung) oder als Höchstfrequenz des effektiven Messbereichs (für Rampen mit einer negativen Frequenzableitung) ausgewählt werden.

Die erste Rampe besitzt eine Frequenzableitung, die entfernt von der Schutzeinstellung  $G_S$  liegt.

Wenn der Schutz innerhalb der Dauer der Rampe nicht startet, wird die nächste Rampe mit einem neuen Frequenzableitungswert mit einem Startpunkt eingepägt, der immer dem Nennfrequenzwert entspricht oder dem unteren/oberen Grenzwert des vorgegebenen effektiven Frequenzmessbereichs.

Die nächste Rampe besitzt einen Zuwachs (Stufe) der Frequenzableitung gleich oder kleiner als:

$$(\text{Genauigkeit des Frequenzgradienten}/10) \text{ Hz/s.}$$

Wenn das Startsignal für den Schutz auslöst, kann die Einprägung unterbrochen werden und der gemessene Frequenzgradient ist der Wert der Frequenzableitung für die letzte Rampe.

Der normative Anhang A definiert die Gleichung für Prüfsignale mit einem konstanten Frequenzanstieg.

Zur Verkürzung der Prüfzeit kann der Zuwachs des Frequenzgradienten am Anfang der Prüfung größer sein bis zum Wert:

- $G_S - 3 \times (\text{angegebene Genauigkeit des Frequenzgradienten})$  für eine positive Frequenzableitung;
- oder
- $G_S + 3 \times (\text{angegebene Genauigkeit des Frequenzgradienten})$  für eine negative Frequenzableitung.

Sobald der angegebene Wert erreicht ist, beträgt der Zuwachs des Frequenzgradienten bis zum Ende der Rampe, das durch das Auslösen des Startsignals verursacht wird,  $\leq 10\%$  der angegebenen Genauigkeit des Frequenzgradienten.

#### 6.2.1.2.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Starteinstellungen der ROCOF-Funktion müssen in dem in Tabelle 6 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Messung des Frequenzgradienten gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Einstellung des Frequenzgradienten  $G_S$  gibt; in diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

#### 6.2.1.2.3 Prüfpunkte und Berechnung der Frequenzgenauigkeit

Die Prüfungen werden für jeden Nennwert der Netzfrequenz für die Schutzfunktion (gewöhnlich 50 Hz oder 60 Hz) wiederholt.

Die Frequenz wird an den folgenden Prüfpunkten gemessen (Tabelle 6). Jede Prüfung wird fünfmal wiederholt und die Prüfergebnisse für jede Prüfung werden aufgezeichnet.

Wenn die Funktion auf dem Absolutwert von  $df/dt$  beruht, muss jede in Tabelle 6 definierte Prüfzeile mit einem positiven und einem negativen Frequenzanstieg durchgeführt werden.

Der gemessene Frequenzgradient muss bei jeder Prüfung innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit liegen. Die zulässigen Werte werden für jeden Messwert wie folgt berechnet.

Der Start der Schutzfunktion muss innerhalb des Fehlerbereichs um den erwarteten Startwert  $G_S$  ausgelöst werden. Der Bereich hat folgende Grenzen:

- obere Grenze =  $(G_S + \text{ABS (Genauigkeit des Frequenzgradienten)})$ ;
- untere Grenze =  $(G_S - \text{ABS (Genauigkeit des Frequenzgradienten)})$ .

**Tabelle 6 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion**

| ROCOF-Einstellung<br>(Startschwellenwert $G_S$ ) | ROCOF-Einstellung<br>(Hz/s) | Prüfung 1<br>(Hz/s) | Prüfung 2<br>(Hz/s) | Prüfung 3<br>(Hz/s) | Prüfung 4<br>(Hz/s) | Prüfung 5<br>(Hz/s) | Zulässiger Wert<br>(Hz/s)              | Ergebnis<br>(bestanden/<br>nicht<br>bestanden) |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|
| Kleinstwert<br>(0 %)                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 10 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 20 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 30 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 40 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 50 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 60 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 70 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 80 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| 90 %                                             |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |
| Höchstwert<br>(100 %)                            |                             |                     |                     |                     |                     |                     | $G_S$<br>$\pm f'_{\text{Genauigkeit}}$ | bestanden                                      |

#### 6.2.1.2.4 Prüfbericht der Genauigkeit der Frequenzableitung

Die Genauigkeit der Frequenzableitung wird angegeben als Messfehler, wie im Beispiel mit einem Wert in Tabelle 7 dargestellt.

**Tabelle 7 – Prüfbericht der Genauigkeit der Frequenzableitung**

| ROCOF-Schutz<br>Genauigkeit des Frequenzgradienten |                                                                                          |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genauigkeit des Frequenzgradienten                 | $\pm 5 \%$ (von $G_S$ ) oder $\pm 15 \text{ mHz/s}$ , je nachdem welcher Wert größer ist |

### 6.2.2 Bestimmung der Rücksetzhysterese oder des Rücksetzverhältnisses

#### 6.2.2.1 Unter-/Überfrequenz

##### 6.2.2.1.1 Beschreibung der Prüfung

Die Prüfungen zur Bewertung der Rücksetzhysterese der Überfrequenz- und Unterfrequenzfunktion beruhen auf zwei pseudo-stetigen Frequenzrampen, die durch die Bedingung des überwachten Startsignals der Schutzfunktion angesteuert werden.

Die erste Frequenzrampe (ansteigende Rampe für Überfrequenzfunktionen und abfallende Rampe für Unterfrequenzfunktionen) startet beim Nennwert der Netzfrequenz (oder, um die Prüfzeit zu verringern, bei einer beliebigen Frequenz, bei der die Schutzfunktion unter Nichtstartbedingungen stabil ist); das Startsignal der Schutzfunktion wird überwacht und wenn das Startsignal für den Schutz auslöst:

- wird der Wert der eingepprägten Frequenz als Startfrequenzwert aufgezeichnet;
- wird die zweite Rampe (abfallende Rampe für Überfrequenzfunktionen, ansteigende Rampe für Unterfrequenzfunktionen) gestartet.

Die zweite Rampe startet beim aufgenommenen Startfrequenzwert und stoppt, wenn das Startsignal der Schutzfunktion zurücksetzt. An diesem Punkt wird die eingepprägte Frequenz als Rücksetzfrequenzwert aufgezeichnet.

Die Rücksetzhysterese wird aus dem Startfrequenzwert und dem Rücksetzfrequenzwert berechnet, wie in den folgenden Absätzen angegeben.

Die Bilder 9 und 10 zeigen die Grundlagen der beiden Frequenzrampen zur Bestimmung der Rücksetzhysterese.

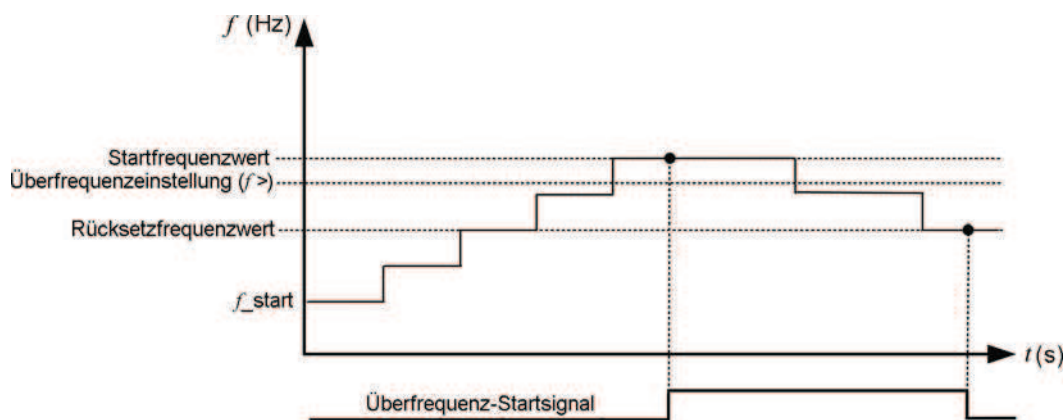


**Bild 9 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Überfrequenzfunktionen**

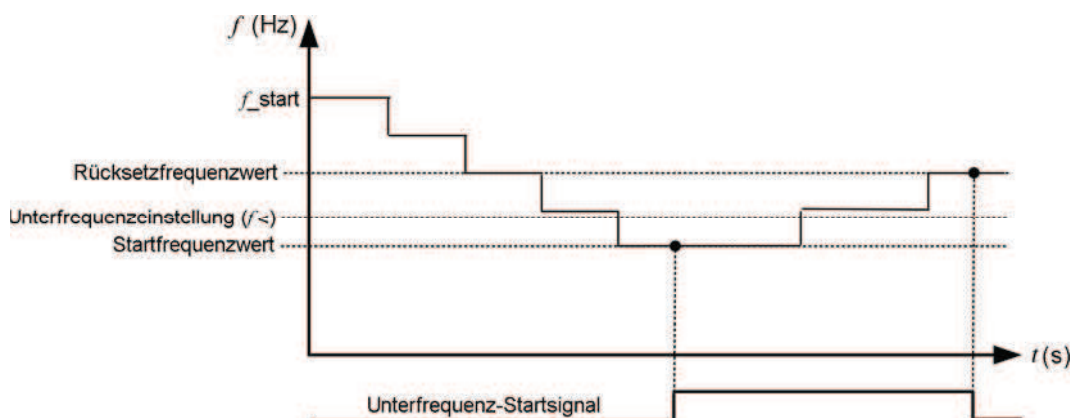


**Bild 10 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Unterfrequenzfunktionen**

Jede Stufe der ersten Rampe besitzt eine Dauer von MAX (500 ms; fünffache längste Startzeit).

Wenn eine Frequenznachführung durchgeführt wird, reicht diese Zeitstufe in der Regel für die Rechtfertigung der Frequenzeinstellung aus.

Zur Verkürzung der Prüfzeit kann der Frequenzzuwachs am Anfang der Rampe größer sein bis zum Wert:

- $G_S - 3 \times$  (angegebene Frequenzgenauigkeit) für die Überfrequenzfunktion;  
oder
- $G_S + 3 \times$  (angegebene Frequenzgenauigkeit) für die Unterfrequenzfunktion.

$G_S$  ist die Frequenzeinstellung für die Prüfung, die in Bild 9 mit „f>“ und in Bild 10 mit „f<“ angegeben ist.

Sobald der angegebene Wert erreicht ist, beträgt der Frequenzzuwachs  $\leq 10\%$  der angegebenen Frequenzgenauigkeit bis zum Auslösen des Startsignals, das die Aufzeichnung des Startfrequenzwerts und die Einleitung der zweiten Rampe verursacht.

Jede Stufe der zweiten Rampe hat eine Dauer von:

MAX (500 ms; fünffache erwartete Rückfallzeit).

Die Frequenzabweichung ist gleich der Abweichung der letzten Stufe der ersten Rampe (kurz vor dem Start der Schutzfunktion).

Die zweite Rampe wird fortgeführt, bis das Startsignal der Schutzfunktion zurücksetzt und die Aufzeichnung des Rücksetzfrequenzwerts und die endgültige Berechnung der Rücksetzhysterese ermöglicht.

#### 6.2.2.1.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Einstellungen der Startfrequenz müssen in dem in Tabelle 8 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Frequenzmessung gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Frequenzeinstellung  $G_S$  gibt, die überprüft worden ist. In diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

#### 6.2.2.1.3 Prüfpunkte und Berechnung der Rücksetzhysterese

Die Frequenzhysterese wird an den in Tabelle 8 für die Überfrequenz- und die Unterfrequenzfunktion angegebenen Prüfpunkten gemessen.

Jede Prüfung wird fünfmal wiederholt und für jede Prüfung werden die Prüfergebnisse aufgezeichnet.

Die gemessene Rücksetzhysterese wird wie folgt berechnet.

Rücksetzhysterese = „Startfrequenzwert“ – „Rücksetzfrequenzwert“ für die Überfrequenzfunktion

und

Rücksetzhysterese = „Rücksetzfrequenzwert“ – „Startfrequenzwert“ für die Unterfrequenzfunktion.

Für alle Prüfungen muss die gemessene Rücksetzhysterese innerhalb der vorgegebenen Rücksetzhysterese liegen.

**Tabelle 8 – Prüfpunkte für die Rücksetzhysterese der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion**

| Frequenz-einstellung<br>(Start-schwellen-wert $G_S$ ) | Frequenz-einstellung<br>(Hz) | Prüfung 1<br>(Hz) | Prüfung 2<br>(Hz) | Prüfung 3<br>(Hz) | Prüfung 4<br>(Hz) | Prüfung 5<br>(Hz) | Zulässiger Wert<br>(Hz) | Ergebnis<br>(bestanden/<br>nicht<br>bestanden) |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
| –100 %<br>(Mindest-einstellung)                       |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| –10 %                                                 |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| –5 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| –2,5 %                                                |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| –1 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| 0 %<br>( $f_R = 50$ Hz,<br>60 Hz)                     |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| +1 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| +2,5 %                                                |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| +5 %                                                  |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| +10 %                                                 |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |
| +100 %<br>(Höchst-einstellung)                        |                              |                   |                   |                   |                   |                   | Rücksetz-hysterese      | bestanden                                      |

#### 6.2.2.1.4 Prüfbericht der Rücksetzhysterese

Die Rücksetzhysterese der Überfrequenz- und der Unterfrequenzfunktion wird wie im Beispiel in Tabelle 9 in mHz angegeben.

**Tabelle 9 – Prüfbericht der Rücksetzhysterese der Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion**

| Überfrequenz- (oder Unterfrequenz-)schutz<br>Rücksetzhysterese |         |
|----------------------------------------------------------------|---------|
| Rücksetzhysterese                                              | 5,0 mHz |

#### 6.2.2.2 Frequenzgradient

##### 6.2.2.2.1 Beschreibung der Prüfung

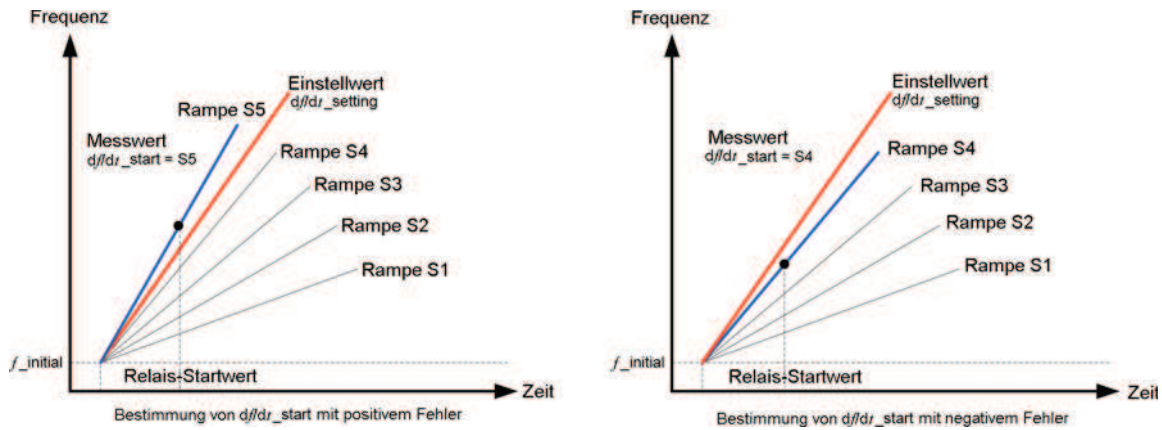
Die Prüfungen zur Bewertung des Rücksetzwerts für ROCOF-Funktionen beruhen auf Folgen von Frequenz-rampen, die durch den Zustand des überwachten Startsignals der Schutzfunktion angesteuert werden.

Die Prüfungen werden nach dem folgenden Verfahren durchgeführt:

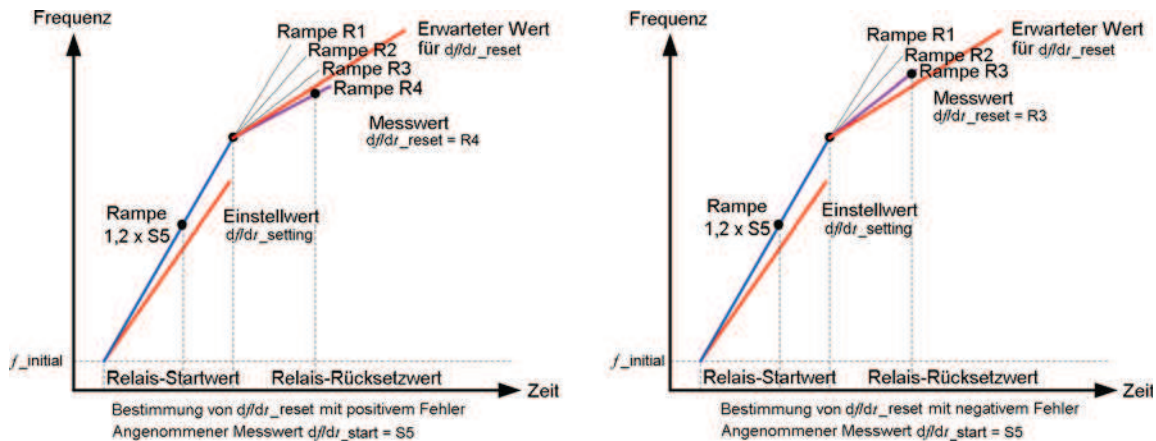
- Der Startwert für  $dI/dt$  (im Zusammenhang mit der Einstellung der Schutzfunktion  $G_S$  auch als  $dI/dt_{\text{setting}}$  angegeben) wird mit einer Abfolge von Frequenzrampen mit einer wachsenden Frequenz für einen positiven ROCOF ermittelt (für einen negativen ROCOF haben die Rampen eine abfallende Frequenz). Die ermittelte Startfrequenz wird mit dem Wert  $dI/dt_{\text{start}}$  verknüpft. Siehe Rampen S1, S2, S3, S4 und S5 in Bild 11, bei denen die Startauslösung mit der Rampe S5 bei einem positiven Fehler oder mit der Rampe S4 bei einem negativen Fehler ermittelt wird.
- Es wird eine Frequenzrampe mit dem Wert  $1,2 \times dI/dt_{\text{start}}$  erzeugt, die eine stabile Startauslösung verursacht. Am Ende dieser Frequenzrampe wird eine Frequenzrampe mit einem geringeren Frequenzanstieg erzeugt ( $dI/dt_1$ , angezeigt als Rampe R1 in Bild 11). Während dieser Rampe darf die Schutzfunktion zurücksetzen oder nicht:
  - Wenn die Funktion nicht zurücksetzt, wird erneut die Anfangsrampe mit  $1,2 \times dI/dt_{\text{start}}$  erzeugt und anschließend eine Rampe mit einem noch geringeren Frequenzanstieg ( $dI/dt_2$ , angezeigt als Rampe R2 in Bild 11).
  - Dieser Prozess wird fortgesetzt, bis die Schutzfunktion zurücksetzt, was an der Rampe mit dem Frequenzableitungswert  $dI/dt_{\text{reset}}$  geschieht. Siehe Rampen R1, R2, R3 und R4 in Bild 11, bei denen die Rücksetzauslösung bei einem positiven Fehler am Rücksetzwert mit der Rampe R4 oder bei einem negativen Fehler am Rücksetzwert mit der Rampe R3 ermittelt wird. Wenn die Schutzfunktion zurücksetzt, kann der Rücksetzwert berechnet werden.
- Der Rücksetzwert wird auf der Grundlage der Werte  $dI/dt_{\text{start}}$  und  $dI/dt_{\text{reset}}$  berechnet.

**ANMERKUNG** Nach der vorgegebenen Genauigkeit des Startwerts und wenn die Frequenzrampe mit dem Wert  $1,2 \times dI/dt_{\text{start}}$  nicht ausreicht, um eine stabile Startauslösung sicherzustellen, kann die Frequenzrampe auf  $(1 + 2 \cdot \varepsilon) \times dI/dt_{\text{start}}$  festgesetzt werden, wobei  $\varepsilon$  die vorgegebene Genauigkeit des Startwerts ist. Die besondere Prüfbedingung kann für geringere Schwellenwerte angewendet werden, wenn die vorgegebene Genauigkeit etwa 20 % oder mehr beträgt.

Bild 11 zeigt das Prüfverfahren für eine ROCOF-Funktion.



(a) Bestimmung von  $d f/d t_{\text{start}}$



(b) Bestimmung von  $d f/d t_{\text{reset}}$

**Bild 11 – Prüfverfahren für die Messung des Rücksetzwerts für ROCOF-Funktionen:  
Beispiel für eine positive ROCOF-Funktion**

Die erste Folge von Frequenzrampen (ansteigende Rampe für positive ROCOF-Funktionen und abfallende Rampe für negative ROCOF-Funktionen) beginnt beim Frequenzwert  $f_{\text{initial}}$  innerhalb des effektiven Frequenzmessbereichs der Schutzfunktion.

Die Frequenzrampe hat folgende Dauer:

$$\text{MAX} (1\,000 \text{ ms}; \text{typische Startzeit} \times 1,5)$$

Die eingeprägte Frequenz muss immer innerhalb des effektiven Messbereichs der Schutzfunktion liegen, wenn für die ROCOF-Funktion ein bestimmter effektiver Frequenzmessbereich angegeben ist. Diese Bedingung darf die Dauer der Frequenzrampe begrenzen. Wenn die Dauer der Frequenzrampe kürzer sein muss als die längste Startzeit für die ROCOF-Funktion, kann die Funktion für diese Einstellung nicht geprüft werden und der Hersteller muss diese Information angeben.

Um die Einprägung der Rampe für die längste Dauer zu ermöglichen, darf die Startfrequenz als die Mindestfrequenz des effektiven Messbereichs (für Rampen mit positiver Frequenzableitung) oder als die Höchstfrequenz des effektiven Messbereichs (für Rampen mit negativer Frequenzableitung) ausgewählt werden.

Das Startsignal der Schutzfunktion wird überwacht und wenn das Startsignal auslöst, wird der Wert des Gradienten der eingepprägten Frequenz als  $d f/d t_{\text{start}}$ -Wert aufgezeichnet. Wenn die Schutzfunktion nicht auslöst, wird die Frequenzrampe fortgesetzt, bis sie endet und es wird eine neue Rampe mit einem neuen Frequenzanstieg erzeugt. Der Zuwachs für den neuen Frequenzanstieg beträgt:

$$(\text{Genauigkeit des Frequenzgradienten}/10) \text{ Hz/s}$$

Der normative Anhang A definiert die Gleichung für Prüfsignale mit einem konstanten Frequenzanstieg.

Zur Verkürzung der Prüfzeit kann der Zuwachs des Frequenzgradienten am Anfang der Prüfung größer sein bis zum Wert:

- $G_S - 3 \times (\text{angegebene Genauigkeit des Frequenzgradienten})$  für eine positive Frequenzableitung;  
oder
- $G_S + 3 \times (\text{angegebene Genauigkeit des Frequenzgradienten})$  für eine negative Frequenzableitung.

Sobald der angegebene Wert erreicht ist, beträgt der Zuwachs des Frequenzgradienten bis zum Ende der Rampe, das durch das Auslösen des Startsignals verursacht wird,  $\leq 10\%$  der angegebenen Genauigkeit des Frequenzgradienten.

An diesem Punkt ist der Startwert der Schutzfunktion  $df/dt_{\text{start}}$  festgelegt worden und die Folge der Rampen für die Bestimmung des Rücksetzwerts wird ausgelöst.

Jede Rampe der Folge von Rampen wird eigentlich durch zwei Rampen gebildet. Dabei handelt es sich um eine erste Rampe mit einem Frequenzanstieg von  $1,2 \times df/dt_{\text{start}}$  und eine zweite Rampe mit einem veränderlichen Frequenzanstieg. Der erste Anstieg mit  $1,2 \times df/dt_{\text{start}}$  hat eine Dauer von:

$$\text{Erwartete Startzeit} \times 1,3.$$

Die Rampe beginnt bei der Frequenz  $f_{\text{initial}}$ , wobei der empfohlene Wert der Mindestwert des effektiven Frequenzmessbereichs für eine positive ROCOF-Funktion und der Höchstwert des effektiven Frequenzmessbereichs für eine negative ROCOF-Funktion ist.

Wenn diese Rampe endet, erfolgt der Übergang zu einer neuen Rampe. Der Übergang zwischen der ersten und der zweiten Rampe muss „fließend“ sein. Das bedeutet, dass das erzeugte Spannungssignal am Übergangspunkt lückenlos ist.

Die zweite Rampe hat eine Dauer von

$$\text{MAX} (1\,000 \text{ ms}; \text{fünffache erwartete Rückfallzeit})$$

und einen Frequenzanstieg von

$$df/dt = (df/dt_{\text{previous}}) - (\text{Genauigkeit des Frequenzgradienten}/10) \text{ Hz/s}.$$

Dabei ist  $df/dt_{\text{previous}}$ :

- $df/dt_{\text{start}}$ , wenn die Rampe der erste Stoß der Folge ist, um den Rücksetzwert  $df/dt_{\text{reset}}$  zu bestimmen (Rampe R1);
- die Frequenzableitung der vorhergehenden Rampe, wenn die Rampe nicht der erste Stoß der Folge ist, um den Rücksetzwert  $df/dt_{\text{reset}}$  zu bestimmen (Rampen R2, R3, ...).

Wenn während dieser zweiten Rampe die ROCOF-Funktion nicht zurücksetzt, wird am Ende der Rampe eine neue Menge von Frequenzrampen erzeugt. Setzt die Funktion stattdessen zurück, wird die Frequenzableitung der erzeugten Rampe als  $df/dt_{\text{reset}}$  aufgezeichnet.

Das Rücksetzverhältnis wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Rücksetzverhältnis} = (df/dt_{\text{reset}} / df/dt_{\text{start}}) \times 100 \, \%.$$

Wird eine absolute Mindest-Rücksetzhysterese angegeben, wird die Rücksetzhysterese nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Rücksetzhysterese} = df/dt_{\text{start}} - df/dt_{\text{reset}}.$$

### 6.2.2.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Starteinstellungen der ROCOF-Funktion müssen in dem in Tabelle 10 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Frequenzmessung gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Frequenzeinstellung  $G_S$  gibt, die überprüft worden ist. In diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

### 6.2.2.3 Prüfpunkte und Berechnung des Rücksetzwerts

Der Rücksetzwert wird für die in Tabelle 10 angegebenen Prüfpunkte gemessen.

Jede Prüfung wird fünfmal wiederholt und für alle drei Prüfungen muss das Ergebnis innerhalb des angegebenen Rücksetzwerts liegen.

**Tabelle 10 – Prüfpunkte für den Rücksetzwert der ROCOF-Funktion**

| ROCOF-Einstellung<br>(Startschwellenwert $G_S$ ) | ROCOF-Einstellung<br>(Hz/s) | Prüfung 1<br>Ergebnis<br>(% oder Hz/s) | Prüfung 2<br>Ergebnis<br>(% oder Hz/s) | Prüfung 3<br>Ergebnis<br>(% oder Hz/s) | Prüfung 4<br>Ergebnis<br>(% oder Hz/s) | Prüfung 5<br>Ergebnis<br>(% oder Hz/s) | Zulässiger Wert                         | Ergebnis<br>(bestanden/<br>nicht<br>bestanden) |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 0 %<br>(Kleinstwert)                             |                             |                                        |                                        |                                        |                                        |                                        | Rücksetzverhältnis<br>(oder -hysterese) | bestanden                                      |
| 5 %                                              |                             |                                        |                                        |                                        |                                        |                                        | Rücksetzverhältnis<br>(oder -hysterese) | bestanden                                      |
| 10 %                                             |                             |                                        |                                        |                                        |                                        |                                        | ...                                     | bestanden                                      |
| 40 %                                             |                             |                                        |                                        |                                        |                                        |                                        | Rücksetzverhältnis                      | bestanden                                      |
| 100 %<br>(Höchstwert)                            |                             |                                        |                                        |                                        |                                        |                                        | Rücksetzverhältnis                      | bestanden                                      |

### 6.2.2.4 Prüfbericht des Rücksetzwerts

Der Rücksetzwert für ROCOF-Funktionen wird vom Hersteller mit einem Rücksetzverhältnis in Prozent eventuell, aber nicht zwingend, zusammen mit einer Mindest-Rücksetzhysterese angegeben, wie in dem in Tabelle 11 angegebenen Beispiel dargestellt.

**Tabelle 11 – Prüfbericht des Rücksetzwerts für die ROCOF-Funktion**

| ROCOF-Funktion<br>Rücksetzwert                                                 |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Rücksetzverhältnis                                                             | 98 %               |
| (Alternative Lösung)<br>Rücksetzverhältnis mit einer Mindest-Rücksetzhysterese | 98 % oder 40 mHz/s |

Wenn das Rücksetzverhältnis zusammen mit einer Mindest-Rücksetzhysterese angegeben wird, wird der Rücksetzwert als der größere der beiden Werte festgelegt. Die Mindest-Rücksetzhysterese gilt für untere Schwellenwerte.

## 6.3 Bestimmung der Startzeit

### 6.3.1 Allgemeines

Die folgenden Prüfungen beschreiben die Verfahren zur Bewertung des Betriebsverhaltens der Schutzfunktion infolge einer Frequenzänderung der Spannungsgröße des Netzes.

Für den Überfrequenz- und den Unterfrequenzschutz wird dieses Betriebsverhalten in Startzeitdiagrammen der Schutzfunktion zusammengefasst, in denen die Startzeit als Funktion der Änderungsgeschwindigkeit der Netzfrequenz (Frequenzgradient des Netzes) dargestellt wird, wenn der Einstellwert für den Schutz ( $G_S = f >$  oder  $G_S = f <$ ) erreicht oder überschritten wird.

Die Prüfungen müssen mit Frequenzrampen mit konstantem Anstieg von einem Anfangsnennwert der Frequenz bis zum Wert oberhalb/unterhalb des Einstellwerts durchgeführt werden. Die Frequenz ändert sich mit verschiedenen definierten Anstiegen. Diese Prüfungen stellen eine Netzbedingung dar, bei der sich dessen Frequenz mit einer bestimmten Geschwindigkeit ändert, was eine typische Bedingung eines Netzes mit einer Schwungmasse darstellt.

Die obere Grenze dieser Bedingung ist der „Frequenzsprung“, der in einer Umgebung auftreten kann, in der die Energieerzeugung vorwiegend durch statische Wechselrichter erfolgt. Unter dieser Bedingung kann sich die Netzfrequenz oberhalb oder unterhalb des Einstellwerts für die Schutzfunktion bzw. für die Überfrequenz- und Unterfrequenzfunktion plötzlich von einem Anfangsnennwert zum Endwert ändern.

Für ROCOF-Funktionen wird dieses Betriebsverhalten in der typischen Startzeit für die Schutzfunktion zusammengefasst. Die Prüfungen zur Bewertung der typischen Startzeit müssen nach einem Prüfverfahren auf der Grundlage verschiedener konstanter Frequenzanstiege mit einer Frequenzableitung im Arbeitsbereich der ROCOF-Kennlinie durchgeführt werden.

### 6.3.2 Unter-/Überfrequenz

#### 6.3.2.1 Beschreibung der erzeugten Wellenform

Das Prüfverfahren beruht auf einer plötzlichen Änderung, wie in Bild 12 (für die Überfrequenzfunktion) dargestellt.

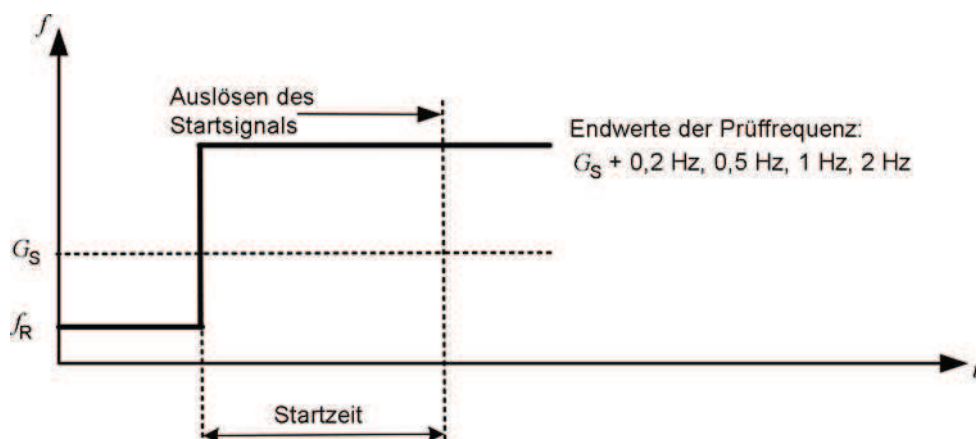


**Bild 12 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer plötzlichen Frequenzänderung**

Jeder Prüffall wird durch die in den Tabellen 12 und 13 festgelegten Prüfpunkte definiert. Diese Prüfpunkte besitzen einen „unendlichen“ Frequenzanstieg (plötzliche Änderung).

- Der Anfangswert der Prüffrequenz entspricht immer der geprüften Nennfrequenz des Netzes.
- Der Endwert des Prüfpunkts entspricht dem Einstellwert für  $G_S$  zuzüglich (für die Überfrequenz) oder abzüglich (für die Unterfrequenz) verschiedener Frequenzwerte (0,2 Hz, 0,5 Hz, 1 Hz und 2 Hz) zur

Messung der Startzeit mit verschiedenen Verhältnissen zwischen dem Schwellenwert und dem Frequenzsignal.

- Die Startzeit wird gemessen zwischen dem Zeitpunkt, an dem sich die Frequenz ändert, und dem Zeitpunkt, an dem das Startsignal herbeigeführt wird.

Das Prüfverfahren beruht auf einem endlichen konstanten Frequenzanstieg, wie in Bild 13 (für die Überfrequenzfunktion) dargestellt.

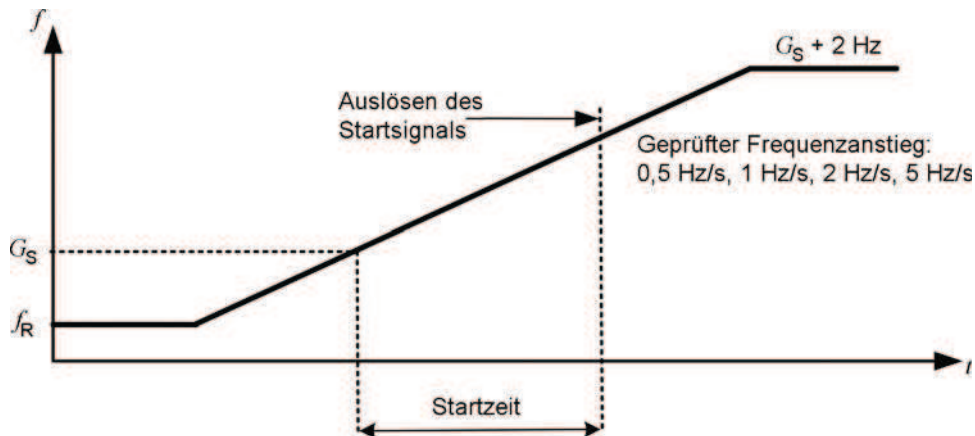


**Bild 13 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer Frequenzrampe mit konstantem Anstieg**

Jeder Prüfstoß wird durch die in den Tabellen 12 und 13 festgelegten Prüfpunkte definiert. Diese Prüfpunkte werden mit endlichen Werten des Frequenzanstiegs angegeben.

- Der Anfangswert der Prüffrequenz ist immer gleich der geprüften Nennfrequenz des Netzes.
- Die Frequenz wird mit verschiedenen Werten des Frequenzanstiegs erhöht (für die Überfrequenz) oder gesenkt (für die Unterfrequenz), um die Startzeit unter verschiedenen Prüfbedingungen zu messen.
- Die Einprägung kann nach dem Auslösen des Startsignals für den Schutz unterbrochen werden. Die Einprägung stabilisiert sich in jedem Fall, wenn die Frequenz über  $G_S$  zuzüglich 2 Hz (für die Überfrequenz) steigt oder unter  $G_S$  abzüglich 2 Hz (für die Unterfrequenz) sinkt.
- Die Messung der Startzeit wird ausgelöst, wenn der theoretische Frequenzwert die Einstellung für den Startwert überschreitet (dieser Punkt ist genau festgelegt, da die Frequenzrampe durch die analytische Gleichung definiert ist, siehe Anhang A), und stoppt, wenn das Startsignal für den Schutz auslöst.

Im normativen Anhang A wird die Gleichung für Prüfsignale mit einem konstanten Frequenzanstieg definiert.

### 6.3.2.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Einstellungen der Startfrequenz müssen in dem in den Tabellen 12 und 13 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Frequenzmessung gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Frequenzeinstellung  $G_S$  gibt; in diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

### 6.3.2.3 Prüfpunkte und Berechnung der Startzeit

Die Startzeit wird für die folgenden Prüfpunkte (Tabellen 12 und 13) berechnet. Jede Prüfung wird zehnmal wiederholt.

Die Prüfungen werden für jeden Nennwert der Netzfrequenz für die Schutzfunktion (gewöhnlich 50 Hz oder 60 Hz) wiederholt.

Tabelle 12 – Prüfpunkte für die Überfrequenzfunktion

| Frequenzanstieg                    | Einstellung der Arbeitsfrequenz | Anfangswert der Prüffrequenz               | Endwert der Prüffrequenz                                                                         |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| unendlich<br>(plötzliche Änderung) | 1 %                             | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | $G_S + 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S + 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S + 1 \text{ Hz}$<br>$G_S + 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | 5 %                             |                                            | $G_S + 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S + 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S + 1 \text{ Hz}$<br>$G_S + 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | 10 %                            |                                            | $G_S + 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S + 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S + 1 \text{ Hz}$<br>$G_S + 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | 100 % (HöchstEinstellung)       |                                            | $G_S + 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S + 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S + 1 \text{ Hz}$<br>$G_S + 2 \text{ Hz}$ |
| 0,5 Hz/s                           | 1 %                             | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S + 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | 5 %                             |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 10 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 100 % (HöchstEinstellung)       |                                            |                                                                                                  |
| 1 Hz/s                             | 1 %                             | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S + 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | 5 %                             |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 10 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 100 % (HöchstEinstellung)       |                                            |                                                                                                  |
| 2 Hz/s                             | 1 %                             | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S + 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | 5 %                             |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 10 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 100 % (HöchstEinstellung)       |                                            |                                                                                                  |
| 5 Hz/s                             | 1 %                             | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S + 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | 5 %                             |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 10 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | 100 % (HöchstEinstellung)       |                                            |                                                                                                  |

**Tabelle 13 – Prüfpunkte für die Unterfrequenzfunktion**

| Frequenzanstieg                    | Einstellung der Arbeitsfrequenz | Anfangswert der Prüffrequenz               | Endwert der Prüffrequenz                                                                         |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| unendlich<br>(plötzliche Änderung) | –100 % (Mindesteinstellung)     | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | $G_S - 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S - 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S - 1 \text{ Hz}$<br>$G_S - 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | –10 %                           |                                            | $G_S - 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S - 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S - 1 \text{ Hz}$<br>$G_S - 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | –5 %                            |                                            | $G_S - 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S - 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S - 1 \text{ Hz}$<br>$G_S - 2 \text{ Hz}$ |
|                                    | –1 %                            |                                            | $G_S - 0,2 \text{ Hz}$<br>$G_S - 0,5 \text{ Hz}$<br>$G_S - 1 \text{ Hz}$<br>$G_S - 2 \text{ Hz}$ |
| –0,5 Hz/s                          | –100 % (Mindesteinstellung)     | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S - 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | –10 %                           |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –5 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –1 %                            |                                            |                                                                                                  |
| –1 Hz/s                            | –100 % (Mindesteinstellung)     | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S - 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | –10 %                           |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –5 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –1 %                            |                                            |                                                                                                  |
| –2 Hz/s                            | –100 % (Mindesteinstellung)     | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S - 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | –10 %                           |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –5 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –1 %                            |                                            |                                                                                                  |
| –5 Hz/s                            | –100 % (V)                      | Alle angegebenen Bemessungswerte ( $f_R$ ) | Nicht anwendbar<br>(mit $G_S - 2 \text{ Hz}$ kann die Frequenzrampe beendet werden)              |
|                                    | –10 %                           |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –5 %                            |                                            |                                                                                                  |
|                                    | –1 %                            |                                            |                                                                                                  |

Die Prüfergebnisse werden graphisch dargestellt und es werden der Mindestwert, der Mittelwert und der Höchstwert berechnet.

#### 6.3.2.4 Prüfbericht der Startzeiten

Die Startzeiten werden nach Tabelle 14 und Bild 14 aufgezeichnet, in denen die Ergebnisse als Beispiele dargestellt sind.

Tabelle 14 – Prüfbericht der Startzeiten für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion

| Überfrequenz- (oder Unterfrequenz-)schutz<br>Startzeiten<br>50 Hz Nennfrequenz |                    |                   |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Geschwindigkeit der Frequenzänderung                                           | Kürzeste Startzeit | Längste Startzeit | Mittlere Startzeit |
| 0,5 Hz/s                                                                       | 72 ms              | 85 ms             | 80 ms              |
| 1,0 Hz/s                                                                       | 70 ms              | 85 ms             | 81 ms              |
| 2,0 Hz/s                                                                       | 75 ms              | 90 ms             | 82 ms              |
| 5,0 Hz/s                                                                       | 78 ms              | 92 ms             | 85 ms              |
| Plötzliche Änderung<br>Hz/s unendlich                                          | 180 ms             | 200 ms            | 190 ms             |

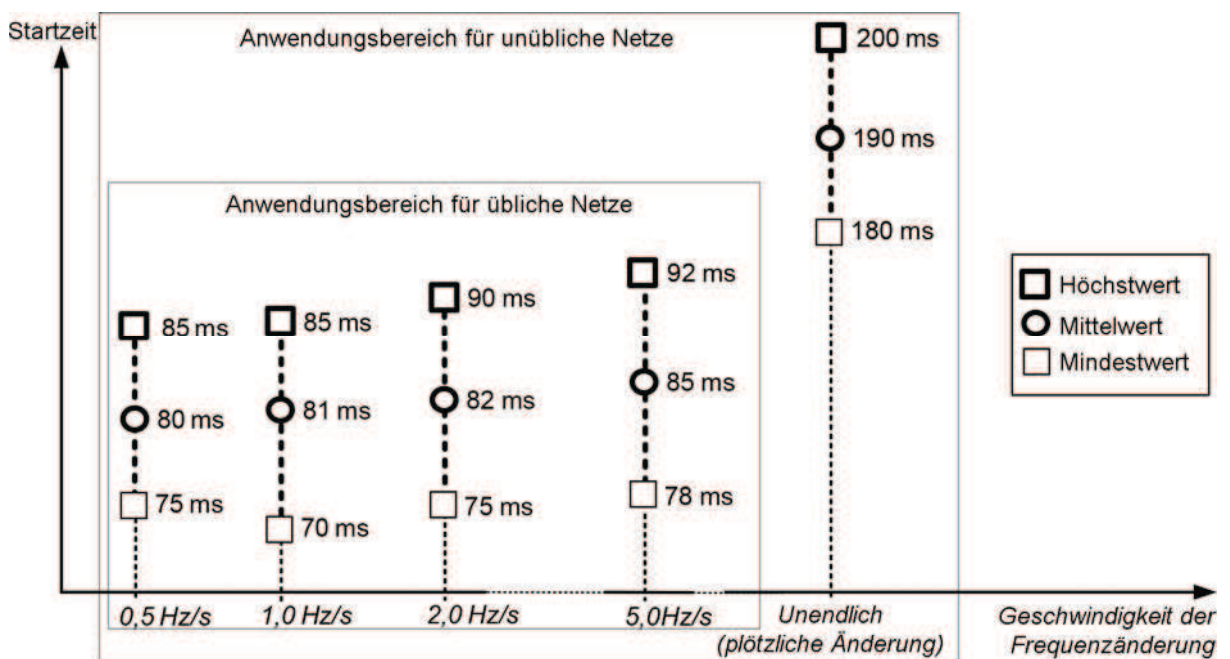


Bild 14 – Beispiel für einen Prüfbericht der Startzeiten für die Überfrequenz-/Unterfrequenzschutzfunktion

### 6.3.3 Frequenzgradient

#### 6.3.3.1 Beschreibung der erzeugten Wellenform

Die Messung der Startzeit erfolgt mit einem Prüfverfahren, das auf einem konstanten Frequenzanstieg beruht. Das Verfahren wird in Bild 15 (für eine positive Frequenzableitungsfunktion) dargestellt.

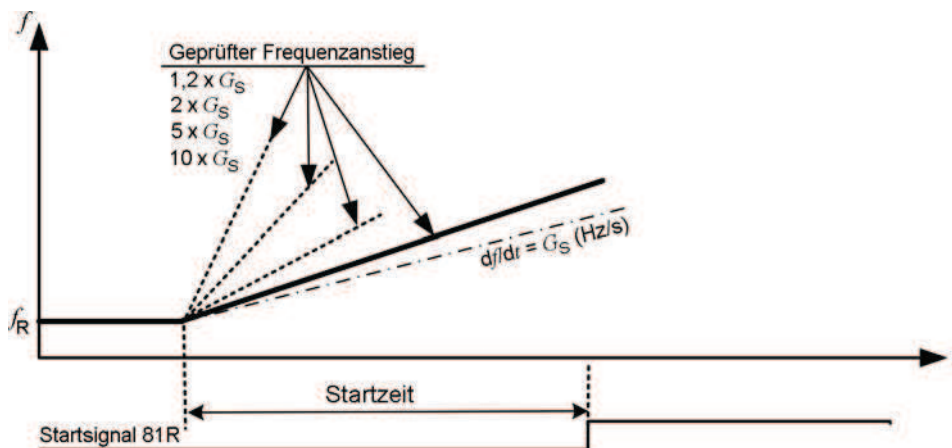


**Bild 15 – Messung der Startzeit der ROCOF-Funktion**

Jeder Prüfstoß wird durch die in Bild 15 definierten Prüfpunkte festgelegt.

- Der Anfangswert der Prüffrequenz ist immer gleich der geprüften Nennfrequenz des Netzes.
- Die Frequenz wird mit verschiedenen Werten des Frequenzanstiegs erhöht, um die Startzeit unter verschiedenen Prüfbedingungen zu messen.
- Die Einprägung kann unterbrochen werden, wenn das Startsignal für den Schutz auslöst.
- Die Messung der Startzeit wird ausgelöst, wenn die Frequenzänderung beginnt, und stoppt, wenn das Startsignal für den Schutz auslöst.

Im normativen Anhang A wird die Gleichung für Prüfsignale mit einem konstanten Frequenzanstieg definiert.

### 6.3.3.2 Einstellungen der Schutzfunktion

Die Starteinstellungen der ROCOF-Funktion müssen in dem in Tabelle 15 angegebenen Einstellbereich verändert werden.

Wenn es für einige Schutzfunktionen eine Einstellung für die Festlegung der Fensterlänge zur Messung der Frequenz oder des Frequenzgradienten gibt, muss der Einstellwert der Vorgabewert sein, sofern der Hersteller keine besonderen Empfehlungen für die Fensterlänge als Funktion der Einstellung der Frequenzableitung  $G_S$  gibt; in diesem Fall muss die Empfehlung des Herstellers eingehalten werden.

### 6.3.3.3 Prüfpunkte und Berechnung der typischen Startzeit

Die Startzeit wird für die in Tabelle 15 angegebenen Prüfpunkte berechnet. Jede Prüfung wird zehnmal wiederholt.

Die Prüfungen werden für jeden Nennwert der Netzfrequenz für die Schutzfunktion (gewöhnlich 50 Hz oder 60 Hz) wiederholt.