

DIN EN IEC 60255-181



ICS 29.120.70

**Messrelais und Schutzeinrichtungen –
Teil 181: Funktionsanforderungen für den Frequenzschutz
(IEC 60255-181:2019);
Deutsche Fassung EN IEC 60255-181:2019**

Measuring relays and protection equipment –
Part 181: Functional requirements for frequency protection
(IEC 60255-181:2019);
German version EN IEC 60255-181:2019

Relais de mesure et dispositifs de protection –
Partie 181: Exigences fonctionnelles relatives aux protections de fréquence
(IEC 60255-181:2019);
Version allemande EN IEC 60255-181:2019

Gesamtumfang 94 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2019-04-03 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2020-02-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60255-181:2016-10.

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) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 95 „Measuring relays and protection equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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
(IEC 60255-181:2019)

Measuring relays and protection equipment –
Part 181: Functional requirements for frequency
protection
(IEC 60255-181:2019)

Relais de mesure et dispositifs de protection –
Partie 181: Exigences fonctionnelles relatives
aux protections de fréquence
(IEC 60255-181:2019)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2019-04-03 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 95/402/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60255-181, erarbeitet vom IEC/TC 95 „Measuring relays and protection equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 60255-181:2019 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2020-01-03
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2022-04-03

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60255-181:2019 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60255-24	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60255-24.
IEC 61000-2-4:2002	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-2-4:2002 (nicht modifiziert).
IEC 61850-7-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61850-7-4.
IEC 61850-9-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61850-9-2.
IEC 61869-9:2016	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61869-9: ^{Z1} (nicht modifiziert).

^{Z1} In Vorbereitung. Dokumentstufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: FprEN 61869-9:2016.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abweichungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgelisteten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-103	–	International Electrotechnical Vocabulary – Part 103: Mathematics – Functions	–	–
IEC 60050-447	–	International Electrotechnical Vocabulary – Part 447: Measuring relays	–	–
IEC 60050-601	–	International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General	–	–
IEC 60255-1	–	Measuring relays and protection equipment – Part 1: Common requirements	EN 60255-1	–
IEC 61850	Reihe	Communication networks and systems for power utility automation	EN 61850	Reihe
IEC 61869	Reihe	Instrument transformers	EN 61869	Reihe

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Spezifikation der Funktion	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Eingangserregungsgrößen/Erregungsgrößen.....	14
4.3 Binäre Eingangssignale.....	15
4.4 Funktionslogik.....	16
4.4.1 Betriebskennwerte.....	16
4.4.2 Rücksetzkennwerte	18
4.5 Weitere Einflussfunktionen/-bedingungen.....	19
4.5.1 Allgemeines	19
4.5.2 Spezifische Kennwerte der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....	19
4.5.3 Spezifische Kennwerte der ROCOF-Funktion	20
4.6 Binäre Ausgangssignale.....	20
4.6.1 Allgemeines	20
4.6.2 Startsignal (Anzugssignal).....	20
4.6.3 Ansprechsignal (Auslösesignal)	20
4.6.4 Binäre Ausgangssignale.....	20
5 Spezifikation des Betriebsverhaltens	21
5.1 Allgemeines	21
5.2 Effektiver Messbereich und Arbeitsbereich	21
5.3 Genauigkeit der charakteristischen Größe.....	22
5.4 Startzeit für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....	22
5.5 Startzeit für die ROCOF-Funktion	22
5.6 Genauigkeit des Einstellwerts der Ansprechverzögerung.....	23
5.7 Rückfallzeit	23
5.8 Rücksetzhysterese und Rücksetzverhältnis.....	23
5.9 Genauigkeit der Stabilisierungs-/Sperrelemente.....	24
5.10 Betriebsverhalten bei Oberschwingungen.....	24
5.11 Stabilität bei einer plötzlichen Spannungsänderung (Phasenverschiebung und Höhenänderung).....	24
5.12 Anforderungen an Spannungseingangssignale	24
6 Funktionsprüfverfahren.....	25
6.1 Allgemeines	25

	Seite
6.2 Bestimmung von bleibenden Fehlern der charakteristischen Größe	27
6.2.1 Genauigkeit des Startwerts	27
6.2.2 Bestimmung der Rücksetzhysterese oder des Rücksetzverhältnisses	33
6.3 Bestimmung der Startzeit	42
6.3.1 Allgemeines	42
6.3.2 Unter-/Überfrequenz	42
6.3.3 Frequenzgradient	48
6.4 Bestimmung der Genauigkeit der Ansprechverzögerung	51
6.4.1 Allgemeines	51
6.4.2 Beschreibung des Prüfverfahrens	51
6.4.3 Prüfbericht der Genauigkeit der Ansprechverzögerung	53
6.5 Bestimmung der Rückfallzeit	54
6.5.1 Allgemeines	54
6.5.2 Unter-/Überfrequenz	54
6.5.3 Frequenzgradient	57
6.6 Betriebsverhalten bei Oberschwingungen	59
6.6.1 Allgemeines	59
6.6.2 Genauigkeit des Startwerts der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion bei vorhandenen Oberschwingungen	59
6.6.3 Genauigkeit des Startwerts der ROCOF-Funktion bei vorhandenen Oberschwingungen	64
6.7 Stabilität bei einer plötzlichen Spannungsänderung (Phasenverschiebung und Höhenänderung)	66
6.7.1 Allgemeines	66
6.7.2 Betriebsverhalten bei einer Phasenverschiebung und Höhenänderung der Spannung	66
6.7.3 Betriebsverhalten bei einem Spannungsabfall und einer Spannungswiederherstellung	70
7 Anforderungen an die Dokumentation	72
7.1 Typprüfbericht	72
7.2 Andere Anwenderdokumentationen	73
Anhang A (normativ) Gleichung für ein Prüfsignal mit konstanter Frequenzänderung (df/dr)	74
Anhang B (normativ) Berechnung von Mittelwert, Medianwert und Modalwert	75
B.1 Mittelwert	75
B.2 Medianwert	75
B.3 Modalwert	75
B.4 Beispiel	75
Anhang C (informativ) Beispiel für die Frequenzmessung und -berechnung	76
C.1 Begriffe	76
C.2 Signalüberwachungsmodell	76
C.3 Allgemeine Anforderungen an die Frequenzmessung	77
C.3.1 Allgemeine Anforderungen an die Frequenzmessung	77

	Seite
C.3.2 Periodischer Algorithmus.....	78
C.3.3 Analysealgorithmus	79
C.3.4 Algorithmus der Fehlerverringerng.....	80
C.3.5 Diskrete Fouriertransformation	83
Anhang D (informativ) Betriebsverhalten mit Zwischenharmonischen.....	85
D.1 Allgemeines	85
D.2 Empfohlene Prüfung: Genauigkeit des Startwerts der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion	85
D.2.1 Beschreibung der erzeugten Frequenzrampe.....	85
D.2.2 Einstellungen der Schutzfunktion	87
D.2.3 Prüfpunkte und Berechnung der Frequenzgenauigkeit bei vorhandenen Zwischenharmonischen.....	87
D.2.4 Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit bei vorhandenen Zwischenharmonischen	88
Anhang E (informativ) Durchführung einer plötzlichen Frequenzänderung ohne Unstetigkeit in der Spannungswellenform	89
Literaturhinweise.....	92
Bilder	
Bild 1 – Ansprechzeit und Einstellwert der Ansprechverzögerung.....	12
Bild 2 – Vereinfachtes Funktionsblockschaltbild der Schutzfunktion.....	14
Bild 3 – Unabhängige Zeitkennlinie der Unterfrequenzfunktion	16
Bild 4 – Unabhängige Zeitkennlinie der Überfrequenzfunktion	17
Bild 5 – Unabhängige Zeitkennlinie der ROCOF-Funktion (für einen negativen oder positiven ROCOF)	17
Bild 6 – Diagramm mit der Erläuterung der Start-, Ansprech-, Rückfall- und Rücksetzzeit	19
Bild 7 – Beispiel für das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion.....	27
Bild 8 – Beispiel für das Prüfverfahren für die positive ROCOF-Funktion.....	30
Bild 9 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Überfrequenzfunktionen.....	34
Bild 10 – Frequenzrampen für die Bewertung der Rücksetzhysterese von Unterfrequenzfunktionen.....	34
Bild 11 – Prüfverfahren für die Messung des Rücksetzwerts für ROCOF-Funktionen: Beispiel für eine positive ROCOF-Funktion	38
Bild 12 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer plötzlichen Frequenzänderung	43
Bild 13 – Messung der Startzeit der Überfrequenzfunktion mit einer Frequenzrampe mit konstantem Anstieg.....	44
Bild 14 – Beispiel für einen Prüfbericht der Startzeiten für die Unterfrequenz-/Überfrequenzschutzfunktion.....	48
Bild 15 – Messung der Startzeit der positiven ROCOF-Funktion	49
Bild 16 – Histogramm für die Prüfergebnisse der Startzeit für die ROCOF-Funktion	51
Bild 17 – Messung der Ansprechverzögerung der Überfrequenzfunktion und der positiven ROCOF-Funktion	52
Bild 18 – Messung der Rückfallzeit der Überfrequenzfunktion mit einer plötzlichen Frequenzänderung	55
Bild 19 – Messung der Rückfallzeit der Überfrequenzfunktion mit einer Frequenzrampe mit konstantem Anstieg	55

	Seite
Bild 20 – Messung der Rückfallzeit der ROCOF-Funktion.....	57
Bild 21 – Histogramm für die Prüfergebnisse der Rückfallzeit für die ROCOF-Funktion.....	59
Bild 22 – Beispiel für die ansteigende pseudo-stetige Rampe für Überfrequenzfunktionen.....	60
Bild 23 – Spannungssignal mit überlagerten Oberschwingungen.....	62
Bild 24 – Darstellung der Einprägungsfolge der Eingangserregungsgröße (Effektivwert der Spannung).....	69
Bild 25 – Darstellung der Einprägungsfolge der Eingangserregungsgröße (Effektivwert der Spannung) mit Netzfrequenzwerten	71
Bild C.1 – Nulldurchgangsalgorithmus	78
Bild C.2 – Pegeldurchgangsalgorithmus	79
Bild D.1 – Beispiel für eine ansteigende pseudo-stetige Rampe für Überfrequenzfunktion	86
Bild E.1 – Beispiel einer Spannungswellenform ohne Unstetigkeit bei $t_0 = 0,02$ s.....	90
Bild E.2 – Beispiel einer Spannungswellenform mit einer Unstetigkeit bei $t_0 = 0,02$ s.....	91

Tabellen

Tabelle 1 – Bezeichnung für den Frequenzschutz.....	9
Tabelle 2 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den Überfrequenz-/Unterfrequenzschutz	21
Tabelle 3 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den ROCOF-Schutz	21
Tabelle 4 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion	29
Tabelle 5 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit	29
Tabelle 6 – Prüfbericht der Frequenzgenauigkeit (alternative Möglichkeit)	30
Tabelle 7 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion	32
Tabelle 8 – Prüfbericht der ROCOF-Genauigkeit	33
Tabelle 9 – Prüfpunkte der Rücksetzhysterese für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....	36
Tabelle 10 – Prüfbericht der Rücksetzhysterese für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktionen.....	37
Tabelle 11 – Prüfpunkte für den Rücksetzwert der ROCOF-Funktion.....	41
Tabelle 12 – Prüfbericht des Rücksetzwerts für die ROCOF-Funktion.....	41
Tabelle 13 – Prüfpunkte der Startzeit für die Überfrequenzfunktion	45
Tabelle 14 – Prüfpunkte der Startzeit für die Unterfrequenzfunktion	46
Tabelle 15 – Prüfbericht der Startzeiten für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....	47
Tabelle 16 – Prüfpunkte der Startzeit für die ROCOF-Funktion.....	50
Tabelle 17 – Prüfprotokoll für die typische Startzeit der ROCOF-Funktion	51
Tabelle 18 – Prüfpunkte für die Messung der Ansprechverzögerung.....	53
Tabelle 19 – Prüfpunkte für die Genauigkeit der Ansprechverzögerung	53
Tabelle 20 – Prüfbericht der Genauigkeit der Ansprechverzögerung für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion.....	54
Tabelle 21 – Prüfpunkte der Rückfallzeit für die Überfrequenzfunktion.....	56
Tabelle 22 – Prüfpunkte der Rückfallzeit für die Unterfrequenzfunktion.....	56
Tabelle 23 – Prüfbericht der Rückfallzeit für die Überfrequenz-/Unterfrequenzfunktion.....	57

	Seite
Tabelle 24 – Prüfpunkte der Rückfallzeit für die ROCOF-Funktion.....	58
Tabelle 25 – Typische Rückfallzeit für die ROCOF-Schutzfunktion	59
Tabelle 26 – Überlagerte Oberschwingungen	61
Tabelle 27 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion bei vorhandenen Oberschwingungen.....	64
Tabelle 28 – Prüfpunkte für die ROCOF-Funktion bei vorhandenen Oberschwingungen	65
Tabelle 29 – Unterfrequenz-/Überfrequenzeinstellungen für Stabilitätsprüfungen mit Spannungsabfall/Spannungswiederherstellung	72
Tabelle D.1 – Überlagerte Zwischenharmonische.....	86
Tabelle D.2 – Prüfpunkte für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion bei vorhandenen Zwischenharmonischen.....	88

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60255 legt die Mindestanforderungen für die Bewertung der Funktionalität und des Betriebsverhaltens des Frequenzschutzes fest. Außerdem legt dieses Dokument fest, wie Ergebnisse von Prüfungen des Betriebsverhaltens dokumentiert und veröffentlicht werden.

Das vorliegende Dokument behandelt die Funktionen, die auf der Frequenzmessung oder der Messung des Frequenzgradienten beruhen. Darüber hinaus behandelt dieses Dokument den Frequenzschutz, wenn zusätzliche Sperrelemente benutzt werden.

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

Tabelle 1 enthält die in diesem Dokument behandelten Frequenzschutzfunktionen.

Tabelle 1 – Bezeichnung für den Frequenzschutz

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

Dieses Dokument mit Funktionsanforderungen gilt für Frequenzschutzfunktionen, die in ein Schutzrelais integriert sind, aber auch für andere Geräte, bei denen der Frequenzschutz zur Funktionalität gehört (z. B. Auslöseeinheiten in einem Niederspannungs-Leistungsschalter oder Wechselrichter, die mit Photovoltaik- oder Speichersystemen verbunden sind).

Dieses Dokument behandelt keine Synchronisationsfunktionen oder Funktionen für die Synchronisationsprüfung.

Dieses Dokument enthält keine Funktionsbeschreibungen weiterer Merkmale, die häufig mit Frequenzschutzfunktionen im Zusammenhang stehen, wie z. B. eine Unterspannungssperre, eine df/dt - oder $\Delta f/\Delta t$ -Überwachung, eine Stromüberwachung oder eine Leistungsüberwachung (f/P -Funktion). Im vorliegenden Dokument wird nur deren Einfluss auf die Frequenzschutzfunktion betrachtet.

Die von den Schutzeinrichtungen ausgegebenen Messergebnisse der Frequenz und des Frequenzgradienten gehören nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments.

Darüber hinaus behandelt dieses Dokument nicht ausdrücklich die Frequenzrelais, die mit dem Strom als Eingangserregungsgröße arbeiten, aber die in diesem Dokument behandelten Grundsätze können auf diese Anwendungen ausgedehnt und als Leitfaden dafür angesehen werden.

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

2 Normative Verweisungen

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

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

IEC 60050-103, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 103: Mathematics – Functions*

IEC 60050-447, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 447: Measuring relays*

IEC 60050-601, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 61850 (all parts), *Communication networks and systems for power utility automation*

IEC 61869 (all parts), *Instrument transformers*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-103, IEC 60050-447, IEC 60050-601 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

Eingangserregungsgröße

Erregungsgröße, die entweder selbst die charakteristische Größe darstellt oder dazu beiträgt, diese zu bilden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die charakteristische Eingangsgröße für die Frequenzschutzfunktion kann die Spannung sein.

[QUELLE: IEC 60050-447:2010, 447-03-02, modifiziert – Die Anmerkung zum Begriff wurde durch eine neue Anmerkung ersetzt.]

3.2

charakteristische Größe

elektrische Größe oder ein von ihr abgeleiteter Parameter, deren/dessen Name ein Messrelais oder eine Schutzeinrichtung kennzeichnet und deren/dessen Werte Gegenstand von Genauigkeitsanforderungen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die charakteristische Größe für den Unterfrequenzschutz und den Überfrequenzschutz ist die Frequenz; die charakteristische Größe für den Frequenzgradientenschutz (ROCOF-Schutz) ist der Frequenzgradient.

[QUELLE: IEC 60050-447:2010, 447-07-01, modifiziert – Die Beispiele wurden durch eine neue Anmerkung zum Begriff ersetzt.]

3.3

Kennlinie

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

3.4

Einstellwert der charakteristischen Größe

G_S

Wert der charakteristischen Größe, der als Referenz für die Definition der Kennlinie benutzt wird

3.5

Startwert

Wert der charakteristischen Größe, bei dem ein Messrelais oder eine Schutzeinrichtung startet (anzieht)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Startwert wird auch als „Anzugswert“ bezeichnet.

3.6

Rücksetzwert

Wert der charakteristischen Größe, bei dem ein Messrelais oder eine Schutzeinrichtung rücksetzt

3.7

Startzeit

Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem eine festgelegte Änderung des Werts (der Werte) der Eingangserregungsgröße(n) vorgenommen wird, die bewirkt, dass das Messrelais oder die Schutzeinrichtung in der Anfangsstellung oder in der Ruhestellung startet, und dem Zeitpunkt, an dem es bzw. sie anspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Startzeit wird auch als „Anzugszeit“ bezeichnet.

3.8

Ansprechzeit

Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem eine festgelegte Änderung des Werts (der Werte) der Eingangserregungsgröße(n) vorgenommen wird, die bewirkt, dass das Messrelais oder die Schutzeinrichtung in der Anfangsstellung oder in der Ruhestellung anspricht, und dem Zeitpunkt, an dem es bzw. sie startet

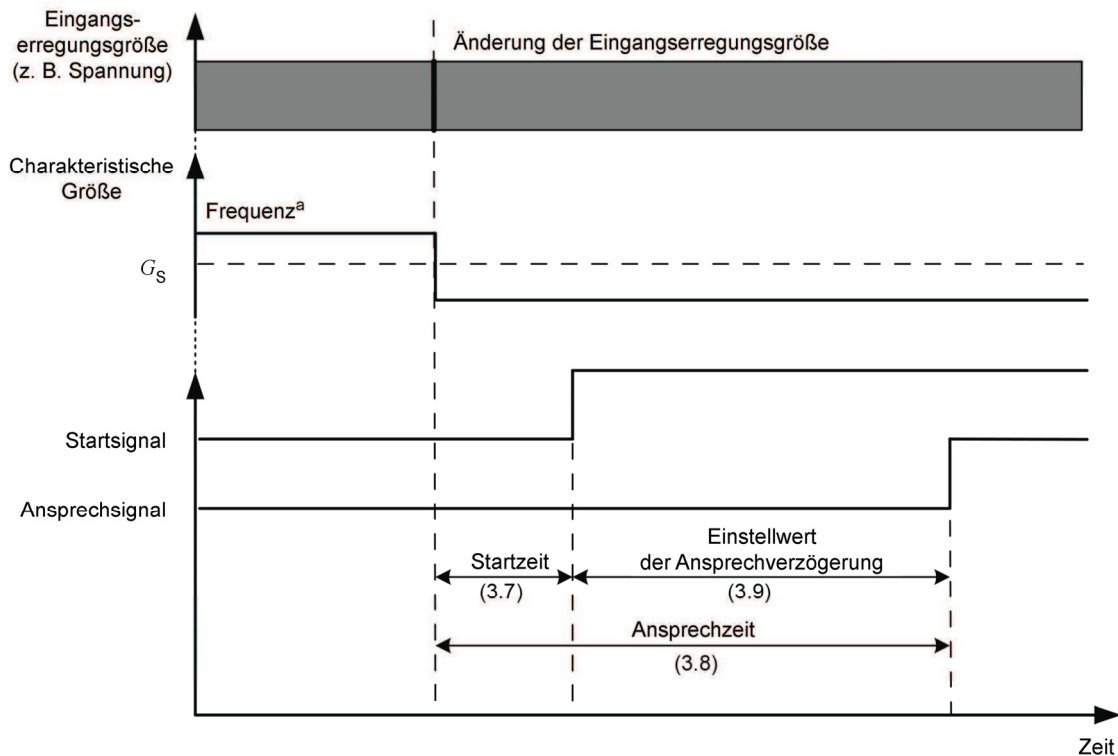
Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ansprechzeit der Schutzfunktion ist die Summe aus der Startzeit und dem Einstellwert der Ansprechverzögerung.

3.9

Einstellwert der Ansprechverzögerung

beabsichtigte Zeitverzögerung, die vom Anwender eingestellt und vom Startsignal ausgelöst wird, um das Ansprechsignal herbeizuführen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ansprechzeit der Frequenzschutzfunktion ist die Summe aus der Startzeit (Anzugszeit) und dem Einstellwert der Ansprechverzögerung. Die Differenz zwischen Ansprechzeit und Einstellwert der Ansprechverzögerung ist in Bild 1 festgelegt. Bild 1 beruht auf einer plötzlichen Frequenzänderung, die nur angewendet wird, um die Definition für die Initialisierung der Startzeit zu vereinfachen.



^a Es ist der Unterfrequenzschutz als Beispiel angegeben.

Bild 1 – Ansprechzeit und Einstellwert der Ansprechverzögerung

3.10

Rückfallzeit

Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem eine festgelegte Änderung des Werts (der Werte) der Eingangserregungsgröße(n) vorgenommen wird, die bewirkt, dass das Messrelais oder die Schutzeinrichtung im Betriebszustand rückt, und dem Zeitpunkt, an dem es bzw. sie rückt

3.11

Rücksetzzeit

Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem eine festgelegte Änderung des Werts (der Werte) der Eingangserregungsgröße(n) vorgenommen wird, die bewirkt, dass das Messrelais oder die Schutzeinrichtung zurücksetzt, und dem Zeitpunkt, an dem es bzw. sie zurücksetzt

[QUELLE: IEC 60050-447:2010, 447-05-06, modifiziert – siehe Bild 6.]

3.12

Rücksetzhysterese

Absolutwert der Differenz zwischen dem Rücksetzwert und dem Startwert der Schutzfunktion

3.13

Rücksetzverhältnis

Verhältnis zwischen dem Rücksetzwert und dem Startwert der Schutzfunktion

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

3.14

Arbeitsbereich

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen sind, siehe effektiver Messbereich (IEC 60050-447:2010, 447-07-08).

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

[QUELLE: IEC 60050-447:2010, 447-03-16, modifiziert – Die Anmerkung 2 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.15

effektiver Messbereich

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

[QUELLE: IEC 60050-447:2010, 447-07-08]

3.16

Frequenzgradientenschutz

ROCOF

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

3.17

Periode

T

kleinste periodische 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.

[QUELLE: IEC 60050-103:2009, 103-06-01]

3.18

Frequenz

f

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 ν (nu) benutzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für eine Sinuskurve ist die Frequenz die erste Ableitung des Phasenwinkels (siehe IEC/IEEE 60255-118-1:2018). Anhang D enthält eine ausführliche Beschreibung.

[QUELLE: IEC 60050-103:2017, 103-06-02, modifiziert – Die Anmerkung 2 zum Begriff wurde durch eine neue Anmerkung ersetzt.]

3.19

Netzfrequenz

eine der vereinbarungsgemäß in Elektrizitätsversorgungssystemen verwendeten Frequenzen

[QUELLE: IEC 60050-601:1985, 601-01-05]

4 Spezifikation der Funktion

4.1 Allgemeines

In Bild 2 ist ein Beispiel für 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.

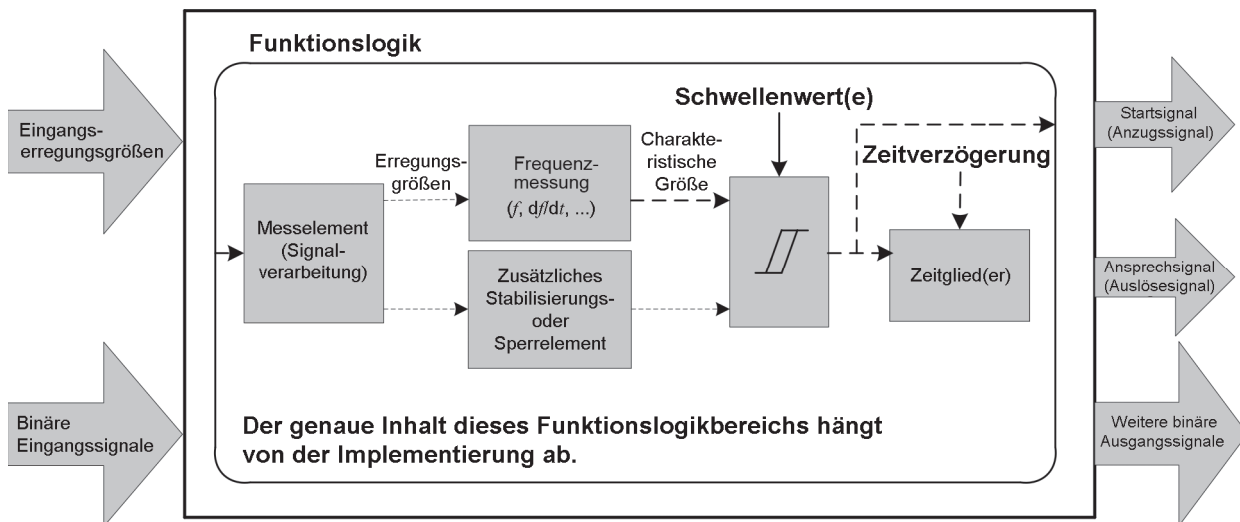


Bild 2 – Vereinfachtes Funktionsblockschaltbild der Schutzfunktion

4.2 Eingangserregungsgrößen/Erregungsgrößen

Die Eingangserregungsgrößen sind die Messsignale, z. B. Spannungen. Für analoge Eingangsgrößen sind ihre Bemessungswerte sowie die entsprechenden Anforderungen in IEC 60255-1 festgelegt. Eingangserregungsgrößen können über direkte Verbindung mit Primärleitern (z. B. Niederspannungsschienen) oder von Messwandlern (z. B. Spannungswandler nach IEC 61869 (alle Teile)) erhalten werden oder als ein Datenpaket über eine Kommunikationsschnittstelle mit einem geeigneten Kommunikationsprotokoll (wie z. B. nach IEC 61850-9-2 und genauer in IEC 61869-9).

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

- Messung der einphasigen oder mehrphasigen Leiter-Erde- oder Leiter-Sternpunkt-Spannung;
- Messung der einphasigen oder mehrphasigen Leiter-Leiter-Spannung;
- Leiterströme (Netzströme).

Der Hersteller muss festlegen, welche Erregungsgrößen für den Betrieb des Frequenzschutzes genutzt werden. Wie in Bild 2 dargestellt, können sich die Erregungsgrößen von den Eingangserregungsgrößen unterscheiden, z. B.:

- Nutzung der Leiter-Erde- oder der Leiter-Leiter-Spannung;
- Nutzung von zwei verschiedenen Spannungsquellen;
- Nutzung von aus Phasengrößen abgeleiteten Signalen, z. B. Mitsystemspannung oder berechnete Leiter-Leiter-Spannungen usw.;
- Nutzung des Stroms wie z. B. Leiterstrom oder Mitsystemstrom usw.

Der Hersteller muss festlegen, welche charakteristische Größe für den Betrieb des Frequenzschutzes genutzt wird. Beispiele sind:

- Messung der Netzfrequenz;
- Messung der Frequenzgradienten (df/dt) (ROCOF).

Netzfrequenz und df/dt -Größen können über einen anderen Zeitraum (z. B. einen oder mehrere Netzfrequenzzyklen) gemessen werden. Dieser Zeitraum kann in Abhängigkeit von der Anwendereinstellung feststehend oder veränderlich sein. Wenn dieser Zeitraum einstellbar ist, wirkt sich der Einstellwert auf den Zeitkennwert (z. B. Startzeit) aus.

Der Hersteller muss angeben, ob die Frequenz- oder ROCOF-Messung durch eine Anwendereinstellung (z. B. eine Frequenz, die über eine wählbare Anzahl von Zyklen gemittelt wird) beeinflusst wird. In diesem Fall muss der Hersteller den Einfluss dieser Einstellungen auf das Verhalten der Funktion und die empfohlenen Einstellungen für die jeweiligen Funktionsprüfungen und für die Anwendungen angeben.

Alle diese charakteristischen Größen beruhen auf einer grundlegenden Frequenzmessung. Es gibt verschiedene Algorithmen und im Anhang C ist eine Auswahl beschrieben.

Wenn die Schutzeinrichtung nicht mit Spannungseingängen ausgerüstet ist oder wenn die Spannungssignale nicht vorhanden sind oder unterhalb der Sperrschwelle liegen, kann die Frequenzmessung an den Netzstromeingängen durchgeführt werden. Dieses Merkmal wird im Allgemeinen verwendet, um die Frequenznachführung durchzuführen, und es wird nicht zur Durchführung des Frequenzschutzes empfohlen. Wenn Leiterströme als Eingangserregungsgrößen für ihren Frequenzschutz verwendet werden, muss der Hersteller das angeben. Die Leistungsfähigkeit des Frequenzschutzes auf der Basis des Leiterstromes wird mit den Typprüfungen nach Abschnitt 6 nicht überprüft, die Grundsätze der Prüfung können aber auf diese Anwendungen ausgedehnt und als Leitfaden dafür angesehen werden.

4.3 Binäre Eingangssignale

Sofern binäre Eingangssignale (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 dürfen von einer Anzahl verschiedener Quellen stammen. Beispiele dafür sind:

- herkömmlich über Leitungen mit physischen (typischerweise optisch isolierten) Eingängen;
- über eine Kommunikationsschnittstelle von externen Geräten (z. B. GOOSE-Signale nutzend nach IEC 61850);
- über interne logische Verbindungen von anderen Funktionselementen innerhalb des Relais; z. B. Unterspannungssperre, df/dt - oder $\Delta f/\Delta t$ -Überwachung, Stromüberwachung und Leistungsüberwachung (f/P-Funktion);
- über eine interne Logik innerhalb der Frequenzschutzelemente.

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.

Dieses Dokument legt einen unabhängigen Zeitkennwert fest (d. h. eine eindeutige Verzögerung).

Der unabhängige Zeitkennwert wird definiert als der Einstellwert der charakteristischen Größe G_S und als der Einstellwert der Ansprechverzögerung t_{delay} . Wenn keine absichtliche Verzögerung benutzt wird, wird die Schutzfunktion als eine unverzögerte Funktion bezeichnet.

4.4.1.2 Kennlinie für die Unterfrequenzfunktion

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

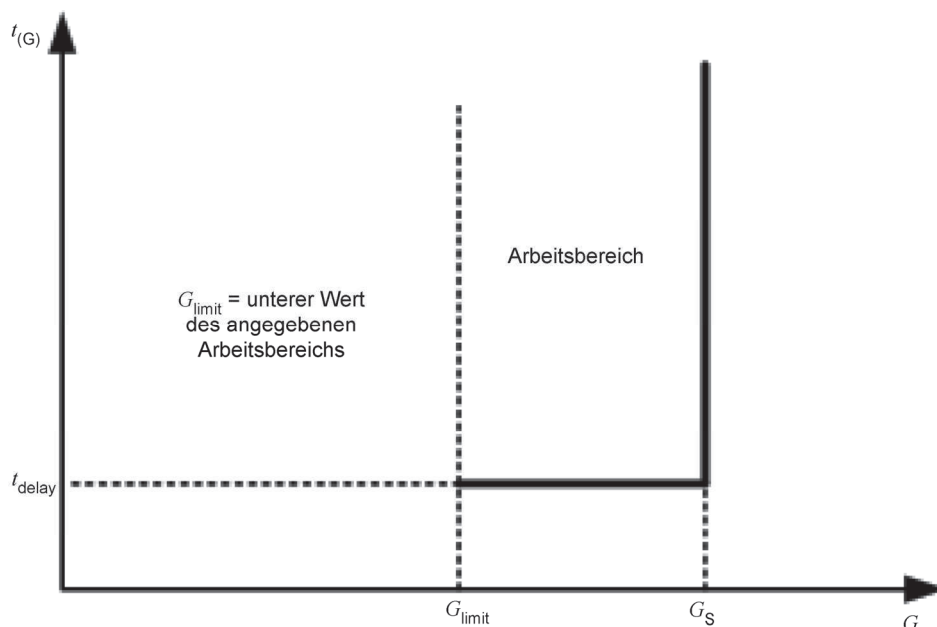


Bild 3 – Unabhängige Zeitkennlinie der Unterfrequenzfunktion

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt, wie in 5.2 beschrieben.

4.4.1.3 Kennlinie für die Überfrequenzfunktion

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

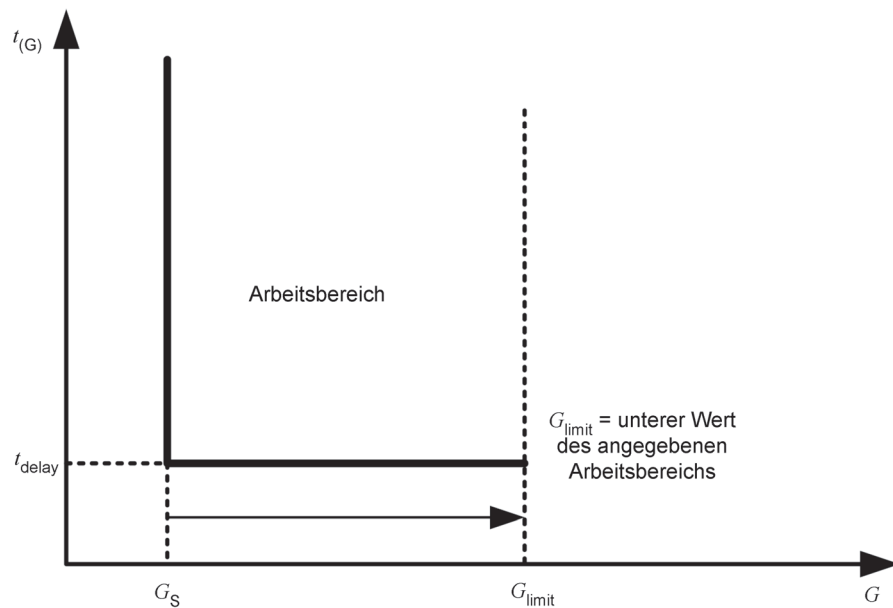


Bild 4 – Unabhängige Zeitkennlinie der Überfrequenzfunktion

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt, wie in 5.2 beschrieben.

4.4.1.4 Kennlinie für die Frequenzgradientenfunktion (ROCOF)

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

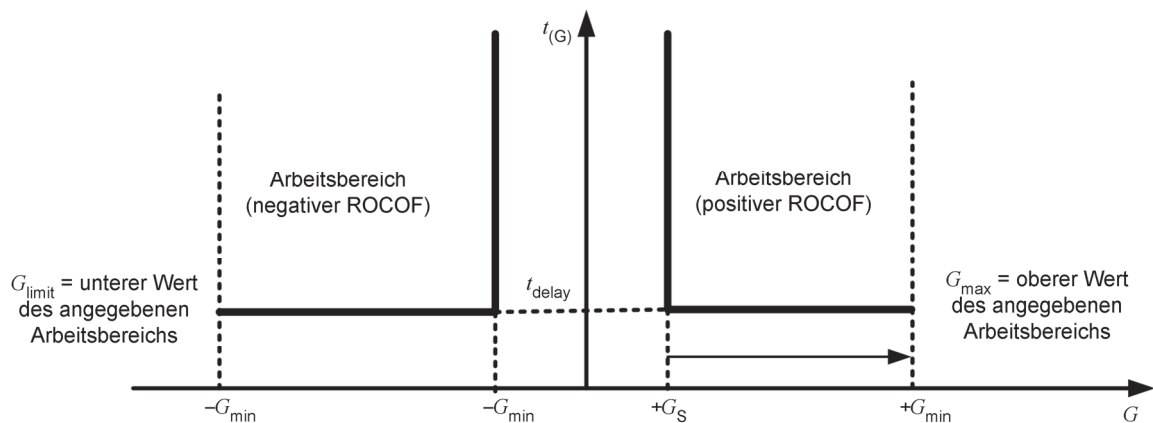


Bild 5 – Unabhängige Zeitkennlinie der ROCOF-Funktion (für einen negativen oder positiven ROCOF)

ANMERKUNG Die Genauigkeit der Zeitkennlinie wird über den effektiven Messbereich gewährleistet, es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Funktion über dem Arbeitsbereich wirkt, wie in 5.2 beschrieben.

Die Arbeitskennlinie kann je nach Anwendereinstellung nur für einen positiven ROCOF, nur für einen negativen ROCOF oder für beide definiert werden. Diese Arbeitskennlinie muss vom Hersteller angegeben werden. Die positiven und die negativen Schwellenwerte können sich unterscheiden und mit zwei verschiedenen ROCOF-Elementen umgesetzt werden.

4.4.2 Rücksetzkennwerte

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

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

$$\text{Rücksetzhysterese} = |\text{Rücksetzwert} - \text{Ansprechwert}|$$

$$\text{Rücksetzverhältnis} = \frac{\text{Rücksetzwert}}{\text{Ansprechwert}}$$

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

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

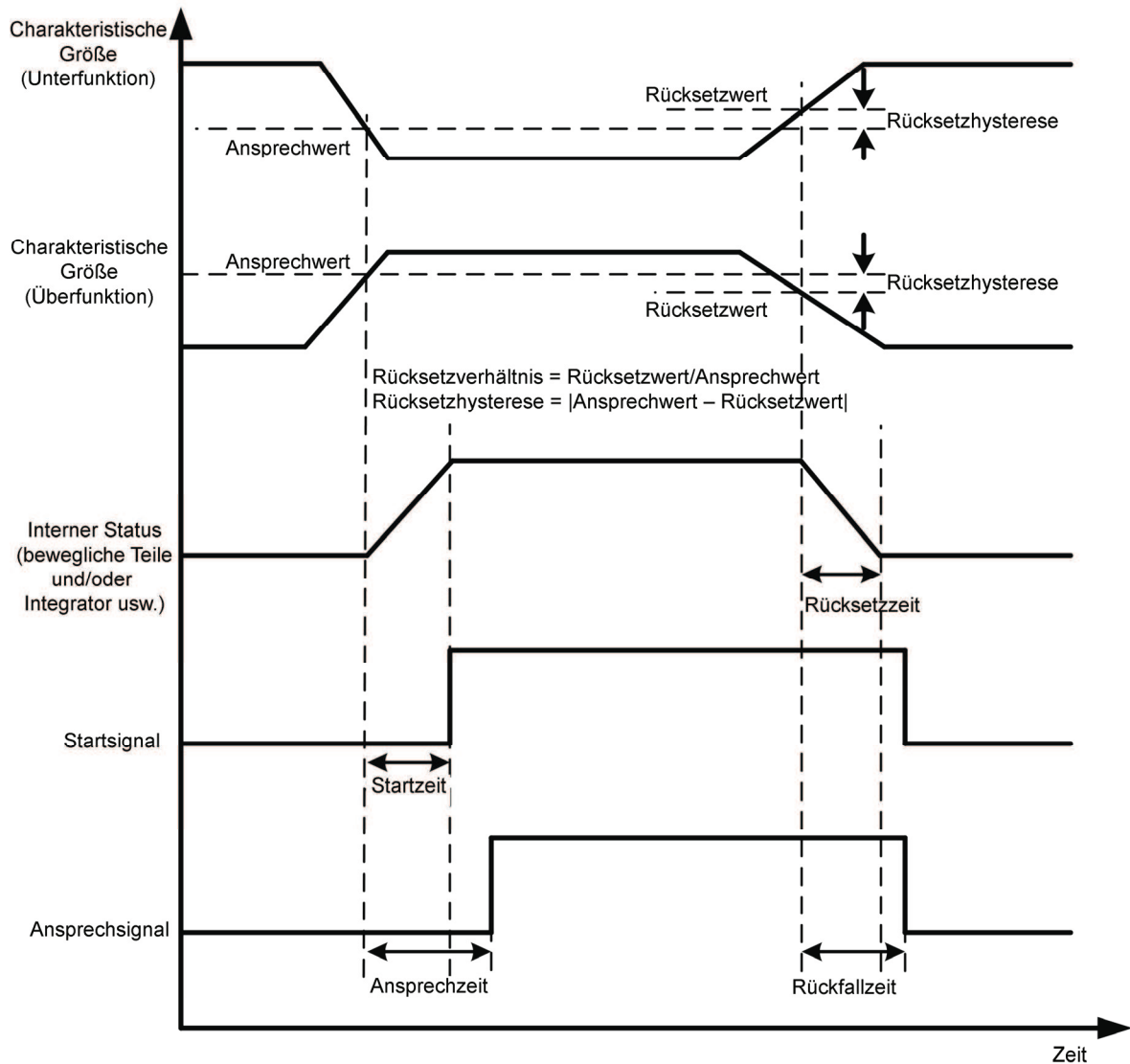


Bild 6 – Diagramm mit der Erläuterung der Start-, Ansprech-, Rückfall- und Rücksetzzeit

4.5 Weitere Einflussfunktionen/-bedingungen

4.5.1 Allgemeines

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. Die zugehörigen Funktionsprüfungen werden im vorliegenden Dokument nicht beschrieben, aber die zur Überprüfung dieser Kennwerte angewandten Prüfverfahren müssen vom Hersteller im Typprüfbericht beschrieben werden.

4.5.2 Spezifische Kennwerte der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion

Beispiele für spezifische Kennwerte der Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion sind:

- Unterspannungssperre;
- Überwachung der Unsymmetrie der drei Phasen;

- df/dt -Überwachung;
- Stromüberwachung;
- Leistungsüberwachung (f/P-Funktion).

4.5.3 Spezifische Kennwerte der ROCOF-Funktion

Beispiele für spezifische Kennwerte der ROCOF-Funktion sind:

- Unterspannungssperre;
- Überwachung der Unsymmetrie 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 eine interne Logik innerhalb der Frequenzschutzelemente.

Das Bereitstellungsverfahren des Signals ist weitgehend unerheblich, außer dass es mit den Betriebsanforderungen übereinstimmen muss. Definitionen, Bemessungs- und Normwerte für binäre Ausgangssignale, die über Ausgangskontakte bereitgestellt werden, 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 verwendeten 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 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 das vorliegende Dokument die Mindestanforderungen für den Frequenzschutz festlegt, werden hier nur die Spezifikationen des Betriebsverhaltens, die für die Erfüllung dieser Mindestanforderungen erforderlich sind, betrachtet und dargelegt. Dieses Dokument legt außerdem fest, wie das Betriebsverhalten mit Bezug auf diese Mindestanforderungen vom Hersteller dokumentiert werden muss.

5.2 Effektiver Messbereich und Arbeitsbereich

Tabelle 2 und Tabelle 3 geben anhand von Beispielen an, wie der effektive Messbereich und der Arbeitsbereich für den Unterfrequenz-/Überfrequenzschutz und den ROCOF-Schutz 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 Tabelle 2 und Tabelle 3 angegebenen Format veröffentlicht werden. Wenn der effektive Messbereich und der Arbeitsbereich mit der Bemessungsspannung oder der Nennfrequenz ausgedrückt werden, muss der Hersteller die Werte der Bemessungsspannungen oder der Nennfrequenzen angeben, die für die Schutzfunktion zugelassen sind.

Tabelle 2 – 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
	2,9 V bis 86,6 V (Sekundärspannung des Spannungswandlers)	1,5 V bis 115,5 V (Sekundärspannung des Spannungswandlers)
Netzfrequenz	0,95 bis 1,05 der Nennfrequenz	0,9 bis 1,1 der Nennfrequenz
	47,5 Hz bis 52,5 Hz	45 Hz bis 55 Hz
ANMERKUNG Der Spannungsbereich kann als Prozentwert der Bemessungsspannung oder als Absolutwert der Spannung (Sekundärspannung des Spannungswandlers) ausgedrückt werden. Falls die Bereiche als Absolutwerte angegeben werden, ist der obere Grenzwert des effektiven Messbereichs größer als die zulässigen Bemessungswerte (z. B. ein Bemessungswert von 57,7 V für einen effektiven Messbereich bis 86,6 V).		

Tabelle 3 – Beispiele für den effektiven Messbereich und den Arbeitsbereich für den ROCOF-Schutz

Größe	Effektiver Messbereich	Arbeitsbereich
Spannung	5 % bis 150 % der Bemessungsspannung	2 % bis 200 % der Bemessungsspannung
	2,9 V bis 86,6 V (Sekundärspannung des Spannungswandlers)	1,5 V bis 115,5 V (Sekundärspannung des Spannungswandlers)
Netzfrequenz^a	0,95 bis 1,05 der Nennfrequenz	0,9 bis 1,1 der Nennfrequenz
	47,5 Hz bis 52,5 Hz	45 Hz bis 55 Hz
ROCOF	–5 Hz/s bis +5 Hz/s	–10 Hz/s bis +10 Hz/s
ANMERKUNG Der Spannungsbereich kann als Prozentwert der Bemessungsspannung oder als Absolutwert der Spannung (Sekundärspannung des Spannungswandlers) ausgedrückt werden. Falls die Bereiche als Absolutwerte angegeben werden, ist der obere Grenzwert des effektiven Messbereichs größer als die zulässigen Bemessungswerte (z. B. ein Bemessungswert von 57,7 V für einen effektiven Messbereich bis 86,6 V).		
^a 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 ROCOF-Schutzes außerhalb des effektiven Messbereichs der Netzfrequenz muss von Hersteller angegeben werden. Für die Durchführung der Funktions-Typprüfungen nach Abschnitt 6 muss der Netzfrequenzbereich in jedem Fall mit dem angegebenen Einstellbereich von Startzeit und ROCOF übereinstimmen, wobei der für die Prüfungen verwendete Anfangswert der Netzfrequenz dem Nennwert entspricht.		

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

Wenn die Bemessungswerte der Spannungseingangssignale der Schutzeinrichtung einen Stehwert aufweisen, der mit dem Wert des magnetischen Flusses (V/Hz) verknüpft ist, muss der Hersteller die größte V/Hz-Kurve in Abhängigkeit von der Zeit angeben, der das Spannungseingangssignal standhalten kann.

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. ± 10 mHz) angegeben werden. Zusätzlich zum Absolutwert kann ein auf den Einstellwert bezogener relativer Wert (G_S) angegeben werden und der Genauigkeitsfehler muss der größte der beiden Terme sein (z. B. $\pm 0,01$ % oder ± 10 mHz, je nachdem, welcher Wert größer ist).

Für die ROCOF-Funktion muss die Genauigkeit mit einem auf den Einstellwert bezogenen relativen Wert (G_S) oder einem absoluten df/dt -Wert oder einer Kombination beider Werte angegeben werden (z. B. ± 5 % oder ± 15 mHz/s, je nachdem, welcher Wert größer ist). Der Hersteller kann für den ROCOF-Einstellbereich veränderliche Genauigkeiten angeben.

Das Prüfverfahren für die Bewertung der Genauigkeit der charakteristischen Größe wird in 6.2.1 beschrieben.

5.4 Startzeit für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion

Die Startzeit für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion hängt von mehreren Faktoren ab:

- Anfangsnetzfrequenzwert (im Allgemeinen annähernd die Nennfrequenz);
- Endnetzfrequenzwert (bei einfachen stationären Prüfbedingungen);
- Art des Übergangs vom Anfangs- zum Endwert;
- Frequenzmessverfahren, z. B., wenn die Frequenzmessung 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 (df/dt) zwischen dem Anfangsfrequenzwert und dem Endfrequenzwert.

Umfassendere Informationen über das Prüfverfahren und definierte Prüfpunkte können 6.3.2 entnommen werden.

Für jedes Prüfverfahren muss der Hersteller den Mindestwert, den Mittelwert und den Höchstwert der Startzeit auf der Basis aller Prüfpunkte nach 6.3.2 angeben. Außerdem muss eine graphische Darstellung der gesamten Prüfergebnisse erfolgen. Die statistische Terminologie wird in Anhang B erläutert.

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

5.5 Startzeit für die ROCOF-Funktion

Die Startzeit der ROCOF-Funktionen hängt ähnlich wie die Unterfrequenz-/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 6.3.3 entnommen werden.

Der Hersteller muss den Mittelwert, den Mindestwert und den Höchstwert der Startzeit auf der Basis aller Prüfpunkte nach 6.3.3 angeben. Außerdem muss eine graphische Darstellung der gesamten Prüfreihe 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 dem Standardeinstellwert dieses veränderlichen Zeitraums angegeben werden.

5.6 Genauigkeit des Einstellwerts 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 aktiviert ist. Diese Zeit wird festgesetzt durch den Einstellwert der Ansprechverzögerung (t_{delay}), der in 3.9 definiert ist.

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

- 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
- feststehender größter Zeitfehler (z. B. $\pm 20\text{ ms}$).

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

Das Prüfverfahren zur Bewertung des Einstellwerts der Ansprechverzögerung ist in 6.4 beschrieben.

In einigen Implementierungen darf 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 in 6.5 beschriebenen Prüfverfahren angeben.

Wenn der Frequenzschutz mit einer beabsichtigten Rücksetzzeit empfohlen wird, muss der Hersteller angeben, wie die Rücksetzzeit behandelt wird, und das zugehörige Prüfverfahren muss im Typprüfbericht beschrieben werden.

5.8 Rücksetzhysterese und Rücksetzverhältnis

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

Für eine ROCOF-Funktion 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).

Das Prüfverfahren für die Bewertung der Rücksetzhysterese und des Rücksetzverhältnisses wird in 6.2.2 beschrieben.

ANMERKUNG Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen der angegebenen Genauigkeit (5.3) und der angegebenen Rücksetzhysterese oder dem Rücksetzverhältnis. Die Rücksetzhysterese oder das Rücksetzverhältnis wird festgelegt, um die Instabilität der Messung zu verbergen und das Flattern des Startsignals zu vermeiden. Die Rücksetzhysterese kann z. B. unter oder über der angegebenen Genauigkeit der charakteristischen Größe liegen. Je größer die Instabilität der Messung ist, umso größer ist die Rücksetzhysterese. Die Höhe der Instabilität der Messung ist nicht direkt mit der Messgenauigkeit verknüpft.

5.9 Genauigkeit der Stabilisierungs-/Sperr Elemente

Der Hersteller muss die verwendeten Stabilisierungs-/Sperr Elemente angeben. Wenn die Stabilisierungs-/Sperr Elemente auf bestimmte Schwellenwerte gestützt werden, wie in 4.5 beschrieben, muss der Hersteller die Genauigkeit dieser Elemente angeben.

5.10 Betriebsverhalten bei Oberschwingungen

Nichtlineare Lastbedingungen oder ein nahe gelegenes Hochspannungs-Gleichstromübertragungsnetz können Oberschwingungen erzeugen, die der von den Frequenzfunktionen gemessenen Grundfrequenz der Spannungen (oder Ströme) überlagert sind. Vorhandene Oberschwingungen bei einer stationären Last können durch eine stationäre Einprägung simuliert werden und die Genauigkeit der charakteristischen Größe der Frequenzfunktionen beeinflussen.

Die Genauigkeit der Frequenz- oder ROCOF-Messung bei vorhandenen Oberschwingungen muss mit dem in 6.6 beschriebenen Prüfverfahren überprüft werden.

5.11 Stabilität bei einer plötzlichen Spannungsänderung (Phasenverschiebung und Höhenänderung)

Für Unterfrequenz-/Überfrequenz- und ROCOF-Funktionen muss der Hersteller angeben, ob das Startsignal bei einer Spannungsänderung (Höhe oder Phasenverschiebung) ohne Frequenzänderung stabil ist (keine Fehlauflösung).

Der Einfluss der Änderung der Spannungshöhe und einer Phasenverschiebung der Spannung muss mit dem in 6.7 angegebenen Prüfverfahren überprüft werden.

Diese Prüfungen beruhen auf zwei typischen Szenarien:

- eine Prüfung nach 6.7.2, die auf einer Phasenverschiebung der Spannung und einer Änderung der Spannungshöhe beruht, die für einen auftretenden Fehler gefolgt von einer Fehlerbeseitigung repräsentativ sind;
- eine Prüfung nach 6.7.3, die auf einem Gesamtspannungsabfall gefolgt von einer Spannungswiederherstellung beruht, die für einen vollständigen Spannungszusammenbruch wie bei einem Netzkurzschluss repräsentativ sind.

Wenn die Funktion nicht stabil ist (d. h. es tritt ein Startsignal auf), muss der Hersteller den kürzesten Einstellwert der Verzögerung angeben, der erforderlich ist, um die Stabilität des Ansprechsignals sicherzustellen.

5.12 Anforderungen an Spannungseingangssignale

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

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

Abschnitt 6 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, obwohl einige der in diesem Dokument beschriebenen Prüfverfahren und Anforderungen an das Betriebsverhalten auch auf Inbetriebnahme-/Instandhaltungsprüfungen angewendet werden können.

Diese Prüfungen sind, wie in Abschnitt 5 erläutert, ein verbindlicher Teil der Typprüfungen für die Schutzfunktion. Die Prüfbedingungen werden ausführlich beschrieben und auch, 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 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 – z. B. binärer Ausgangsauslösekontakt oder statischer Ausgang oder GOOSE-Nachricht nach IEC 61850 (alle Teile). 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, muss für die Durchführung der Prüfungen ein Spannungswandlerverhältnis ausgewählt werden (soweit anwendbar).

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. Bei Übergängen muss das eingeprägte Signal stetig sein ohne Sprünge in Phasenwinkel oder Höhe mit Ausnahme der Frequenz, wenn es nicht anders festgelegt ist. Es ist zulässig, den Spannungspegel so einzustellen, dass er innerhalb der Anforderungen an den Stehwert der Spannungseingangssignale bezogen auf den Volt/Hertz-Bemessungspegel gehalten wird. Wenn die Frequenzfunktionen auf dem Leiterstrom beruhen, muss das gleiche Prüfverfahren eingehalten werden und die Prüfbedingungen müssen im Typprüfbericht umfassend beschrieben werden.

Mehrere in Abschnitt 6 beschriebene Funktionsprüfungen beruhen auf Signalen mit Wellenformen mit einem konstanten Frequenzanstieg. Die Gleichung dieser Prüfwellenformen ist im normativen Anhang A festgelegt. Wenn das Prüfsignal auf einer COMTRADE-Datei (oder anderen Prüfdateien im Binärformat) beruht und mit einer Prüfeinrichtung wiedergegeben wird, muss die Abtastfrequenz der Prüfwellenform mindestens 4 800 Hz betragen. Die Abtastrate muss abhängig vom Frequenzgehalt des geprüften Signals das Nyquist-Kriterium erfüllen.

Die Abtastfrequenz von 4 800 Hz beruht auf der bevorzugten Abtastrate, die für Messwandler mit einer digitalen Schnittstelle definiert ist (IEC 61869-9). Die Abtastrate von 4 000 Hz ist nach IEC 61869-9:2016, Tabelle 902, für veraltete Einrichtungen zulässig.

In 6.1 bis 6.7 werden die anzuwendenden Prüfeinstellungen als Prozentwert des verfügbaren Einstellbereichs angegeben.

Bei Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktionen können sich die niedrigsten/höchsten Werte des Einstellbereichs erheblich von den Nennwerten unterscheiden. 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. Die tatsächlich anwendbaren Einstellungen können nach folgender Gleichung berechnet werden:

Für Prüfpunkte, die mit positiven Prozentwerten definiert sind:

$$G_S = (f_{\max} - f_R) \times X + f_R$$

Für Prüfpunkte, die mit negativen Prozentwerten definiert sind:

$$G_S = (f_R - f_{\min}) \times X + f_R$$

Dabei ist

- G_S der Einstellwert; der geprüfte Wert kann entsprechend der Schrittweite der Frequenzschutzfunktion gerundet werden;
- $f_{\max}$ der höchste verfügbare Einstellwert;
- $f_{\min}$ der niedrigste verfügbare Einstellwert;
- f_R die Nennfrequenz (z. B. 50 Hz, 60 Hz);
- X der Prozentwert des Prüfpunkts geteilt durch 100, der im Prüfverfahren angegeben ist (siehe Tabellen 4, 9, 13, 14, 27).

Auf der Basis der in Tabelle 4 definierten Frequenzeinstellungen und unter der Annahme des Einstellbereichs von 40 Hz bis 70 Hz (der Einstellbereich ist nicht von der Nennfrequenz f_R abhängig) wären die tatsächlich anzuwendenden Frequenzeinstellungen (entsprechend der Schrittweite der Einstellungen können die gerundeten Werte benutzt werden):

- bei 50 Hz Nennwert der Netzfrequenz: 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 Nennwert der Netzfrequenz: 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 anzuwendenden Einstellungen nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$G_S = (G_{S_{\max}} - G_{S_{\min}}) \times X + G_{S_{\min}}$$

Dabei ist

- G_S der Einstellwert; der geprüfte Wert kann entsprechend der Schrittweite der Frequenzschutzfunktion gerundet werden;
- $G_{S_{\max}}$ der höchste verfügbare Einstellwert;
- $G_{S_{\min}}$ der niedrigste verfügbare Einstellwert;
- X der Prozentwert des Prüfpunkts geteilt durch 100, der im Prüfverfahren angegeben ist (siehe Tabellen 7, 11, 16, 24, 28).

Auf der Basis der in Tabelle 7 definierten ROCOF-Einstellungen und unter der Annahme des Einstellbereichs von 0,1 Hz/s bis 10 Hz/s wären die tatsächlich anzuwendenden ROCOF-Einstellungen: 0,1 Hz/s, 0,595 Hz/s, 1,09 Hz/s, 3,07 Hz/s, 6,04 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 muss auf einer pseudo-stetigen Frequenzrampe beruhen.

Die Rampe beginnt bei der Angangsfrequenz f_{initial} . Die Anfangsfrequenz muss über/unter dem erwarteten Startwert G_S für die Unterfrequenz-/Überfrequenzfunktion liegen, mit einer kleinsten Abweichung mit dem fünffachen Wert der angegebenen Frequenzgenauigkeit. (Beispiel: Für die Überfrequenzfunktion mit einer angegebenen Genauigkeit von ± 10 mHz entspricht die Anfangsfrequenz $G_S - 0,05$ Hz.)

Die Rampe kann nach der Aktivierung des Startsignals unterbrochen werden. Die Aktivierung des Startsignals muss eine „zuverlässige Aktivierung“ sein; das bedeutet kein Flattern des Signals mit mehreren Übergängen hoch-niedrig-hoch während der Einprägung der Stufe. Das einzige im Signal erlaubte Flattern findet am Ausgangskontakt statt, der eine begründete Prellzeit von weniger als 4 ms besitzt. Wenn das Startsignal für mehr als 4 ms pendelt, darf die Aktivierung des Starts nicht berücksichtigt werden und die Rampe muss mit der nächsten Stufe weitergeführt werden. Für andere Ausgabemedien wie GOOSE nach IEC 61850 oder statische Ausgangssignale darf im Übergang des Startsignals keinerlei Flattern auftreten, damit es als gültig betrachtet werden kann.

Das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion ist in Bild 7 dargestellt.

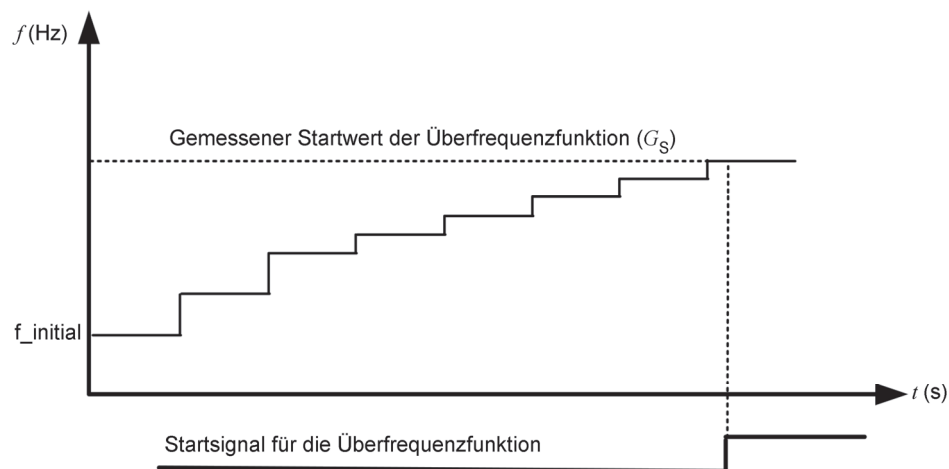


Bild 7 – Beispiel für das Prüfverfahren für die Überfrequenzfunktion

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

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

Während des Übergangs zwischen aufeinanderfolgenden Frequenzstufen muss das eingeprägte Signal stetig sein und es gibt keinen Sprung in Phasenwinkel oder Höhe mit Ausnahme der Frequenz.

Zur Verkürzung der Prüfung kann der Frequenzzuwachs am Anfang der Prüfung größer sein mit folgenden Vorschriften:

- Für die Überfrequenzfunktion kann dieser Zuwachs G_S minus der dreifachen „angegebenen Frequenzgenauigkeit“ sein.