

Bildquelle: Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

# Anforderungen an eine funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung

VDE SPEC 90011 V1.0

## Vorwort

Zur vorliegenden VDE SPEC wurde der Entwurf VDE-AR-E 2660-600-1 (VDE-AR-2660-600-1):2019-12 veröffentlicht.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/STD 1000.4.1 „Funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Diese VDE SPEC ist **nicht** Bestandteil des VDE-Vorschriftenwerks oder des Deutschen Normenwerks. Diese VDE SPEC ist insbesondere auch **keine** Technische Regel im Sinne von § 49 EnWG.

Diese VDE SPEC wurde nach dem VDE SPEC-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von VDE SPEC 9XXXX erfolgt in Projektgruppen und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

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

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann die VDE SPEC-Projektgruppe weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Anwendung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass die VDE SPEC-Projektgruppe für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Im Zuge der Herstellung und/oder Einführung von Produkten in den Europäischen Binnenmarkt muss der Hersteller eine Risikoanalyse durchführen, um zunächst festzustellen, welche Risiken das Produkt möglicherweise mit sich bringt. Nach Durchführung der Risikoanalyse bewertet er diese Risiken und ergreift gegebenenfalls geeignete Maßnahmen, um die Risiken wirksam zu eliminieren oder zu minimieren (Risikobewertung). Die vorliegenden VDE SPEC entbindet den Nutzer nicht von dieser Verantwortung.

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.

## Inhalt

<b>0</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
0.1	Allgemeines	1
0.2	Systembeschreibung	1
0.2.1	Allgemeines	1
0.2.2	Komponenten und Baugruppen	1
<b>1</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verweisungen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Begriffe und Abkürzungen</b>	<b>5</b>
3.1	Begriffe	5
3.2	Abkürzungen	6
<b>4</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>7</b>
4.1	Allgemeines	7
4.2	Anforderungen an die Schaltgerätekombination	7
4.2.1	Allgemeines	7
4.2.2	Bauanforderungen	7
4.2.3	Betriebsbedingungen und Verhalten im Betrieb	9
4.2.4	Schnittstellen (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Abschnitt 5)	9
4.3	Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit	10
4.3.1	Allgemeines	10
4.3.2	Zuverlässigkeit	10
4.3.3	Funktionale Sicherheit	10
4.3.4	Informationssicherheit	10
4.3.5	Obsoleszenzmanagement	10
<b>5</b>	<b>Prüfungen und Nachweise</b>	<b>10</b>
5.1	Allgemeines	10
5.2	Nachweis der Erwärmung (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10)	10
5.3	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.11)	11
5.4	Bauartnachweis nach einem Gerätetausch (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10 und 10.11)	11
5.5	Weitere Prüfungen und Nachweise	12
5.5.1	Prüfungen unter den Bedingungen eines Einzelfehlers	12
5.5.2	Übertemperatur-Schutzeinrichtungen	12
5.5.3	Schutz durch Verriegelungen	12
5.5.4	Schwing- und Schockprüfungen	14
5.5.5	Elektromagnetische Verträglichkeit	14
5.6	Stücknachweis	18
<b>Anhang A (informativ) Hinweise zur EMV</b>		<b>20</b>
A.1	Beispiel einer Tabelle im EMV-Prüfplan zur Definition der Funktionen, Betriebsarten und Bewertungskriterien sowie des Monitorings	20
A.2	Vergleich der EMV-Prüfpunkte der anzuwendenden EMV-Normen	21
<b>Anhang B (informativ) Beispiele für Tätigkeiten, bei denen die Anwesenheit von Personen in Gefahrenbereichen erforderlich sein kann</b>		<b>23</b>
<b>Anhang C (normativ) Prüfung unter den Bedingungen eines Einzelfehlers</b>		<b>24</b>
C.1	Allgemeines	24
C.1.1	Allgemeine Anforderungen	24

C.1.2	Zustand der FMTS .....	24
C.1.3	Stromversorgung .....	24
C.1.4	Verbindungen.....	24
C.1.5	Belastung von Motoren .....	24
C.1.6	Ausgang.....	24
C.2	Herbeiführung von Fehlerbedingungen.....	25
C.2.1	Allgemeines .....	25
C.2.2	Motoren.....	25
C.2.3	Kondensatoren.....	25
C.2.4	Netztransformatoren .....	25
C.2.5	Ausgänge.....	26
C.2.6	FMTS für mehrere Versorgungsarten.....	26
C.2.7	Kühlung.....	26
C.2.8	Heizeinrichtungen .....	26
C.2.9	Verriegelungen.....	26
C.2.10	Spannungswahlschalter.....	26
C.3	Dauer von Prüfungen .....	27
C.3.1	Allgemeines .....	27
C.3.2	Temperatur begrenzende Vorrichtung.....	27
C.3.3	Sicherungen.....	27
C.4	Konformität nach dem Herbeiführen von Fehlerbedingungen .....	27
C.4.1	Allgemeines .....	27
C.4.2	Temperatur .....	28
C.4.3	Andere Gefährdungen .....	28
	<b>Anhang D (normativ) Messanordnungen für Berührungsströme .....</b>	<b>31</b>
	<b>Literaturhinweise .....</b>	<b>32</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1 –	Komponenten der FMTS .....	2
Bild 2 –	Übersicht über das Gesamtsystem mit Transformator, Stufenschalter, Antrieb und Steuerung .....	2
Bild 3 –	Warnung vor elektrischer Spannung (Symbol ISO 7010-W012) .....	8
Bild 4 –	Beweglicher Prüffinger .....	13
Bild 5 –	Schematischer Aufbau eines Systems für die EMV-Prüfung einer FMTS .....	16
Bild 6 –	Höchste Dauer von kurzzeitigen berührbaren Spannungen bei den Bedingungen eines Einzelfehlers, siehe C.4.1 a) 1) .....	29
Bild 7 –	Wert der Kapazität in Abhängigkeit von der Spannung bei normalen Bedingungen und bei den Bedingungen eines Einzelfehlers, siehe C.4.1, a) 3) .....	30

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Anzuwendende Normen – EMV .....	9
Tabelle 2 – Prüfanforderungen nach DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2) .....	14
Tabelle 3 – Festlegungen zur DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5).....	15
Tabelle 4 – Mindestens zu prüfende Betriebsarten bei Störfestigkeitsprüfungen.....	17
Tabelle 5 – Spot-Frequenzen für Schritt 2 der Störfestigkeitsprüfung nach DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3) und DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6) .....	18
Tabelle 6 – Beispiel für eine Funktionentabelle im Prüfplan .....	20
Tabelle 7 – Prüfstörgrößen der anzuwendenden EMV-Normen .....	21
Tabelle 8 – Maximale Temperaturen für Isolierstoffe von Wicklungen .....	28

## 0 Einleitung

### 0.1 Allgemeines

Eine funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung (FMTS) ist eine modular aufgebaute elektrische Schaltgerätekombination, die je nach Konfiguration der Funktionsbausteine verschiedene Aufgaben zum Steuern, Regeln und Überwachen eines Leistungstransformators erfüllt sowie mit übergeordneten Leittechniksystemen kommuniziert.

Da eine solche FMTS als Schaltgerätekombination normativ bisher nicht erfasst ist, ist es das Ziel dieser VDE SPEC, hierfür die grundlegenden Anforderungen hinsichtlich elektrischer Sicherheit, elektromagnetischer Verträglichkeit, Kommunikation, ggf. notwendige Themen festzulegen.

Hierzu ist es sinnvoll, die Anforderungen an diese spezielle Schaltgerätekombination von einer bereits bestehenden Norm oder Normenreihe mit hohem Überdeckungsgrad in Bezug auf das Anwendungsgebiet abzuleiten. Geänderte Randbedingungen bzw. zusätzliche normative Anforderungen über diese so genannte Leitnorm hinaus sind Gegenstand der vorliegenden VDE SPEC. Als Leitnorm für die FMTS wurden folgende Normen untersucht:

- DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1), *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen*
- DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2), *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen*
- DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1), *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

Eine FMTS wird in einer Anlage zur Energieübertragung und -verteilung eingesetzt. Aufgrund dieses Anwendungsgebietes und des hohen Überdeckungsgrades in Bezug auf Anforderungen und Prüfungen wurde die Normenreihe DIN EN 61439 (VDE 0660-600) als Leitnorm für diese VDE SPEC zugrunde gelegt. Darüber hinaus ist die Normenreihe DIN EN 61439 (VDE 0660-600) im Bereich der Energietechnik bekannt und akzeptiert. Ihr Anwendungsbereich deckt die notwendigen Prüfungen an einer funktionsintegrierten, modularen Transformatorsteuerung voll ab.

### 0.2 Systembeschreibung

#### 0.2.1 Allgemeines

Eine FMTS im Sinne dieser VDE SPEC ist eine modular konzipierte elektrische Schaltgerätekombination zum Betrieb von Leistungstransformatoren. Je nach Konfiguration der Funktionsbausteine erfüllt die FMTS verschiedene Aufgaben zum Steuern, Regeln und Überwachen eines Leistungstransformators, speichert Daten, gibt Meldungen aus und kommuniziert mit dem übergeordneten Leittechniksystem und anderen Datenhaltungssystemen.

Messwerte von Sensoren sowie Daten aus Leittechniksystemen werden von der FMTS aufgenommen und in Auswertungs-, Regel- und Überwachungsfunktionen weiterverarbeitet. Anhand dieser Daten und Algorithmen steuert und/oder regelt die FMTS die Aktoren am Transformator, typischerweise den Stufenschalter und die Kühlung des Transformators. Über die integrierten Monitoringfunktionen ist der Zustand des Transformators und seiner Komponenten im Zeitverlauf ersichtlich. Stellt sich ein kritischer Status ein, wird er sowohl direkt am Gerät angezeigt, als auch an das Leittechniksystem gemeldet.

Durch die hier beschriebenen Funktionalitäten einer FMTS wird der Funktionsumfang des Leistungstransformators durch Integration von Informations- und Kommunikationstechnik erweitert.

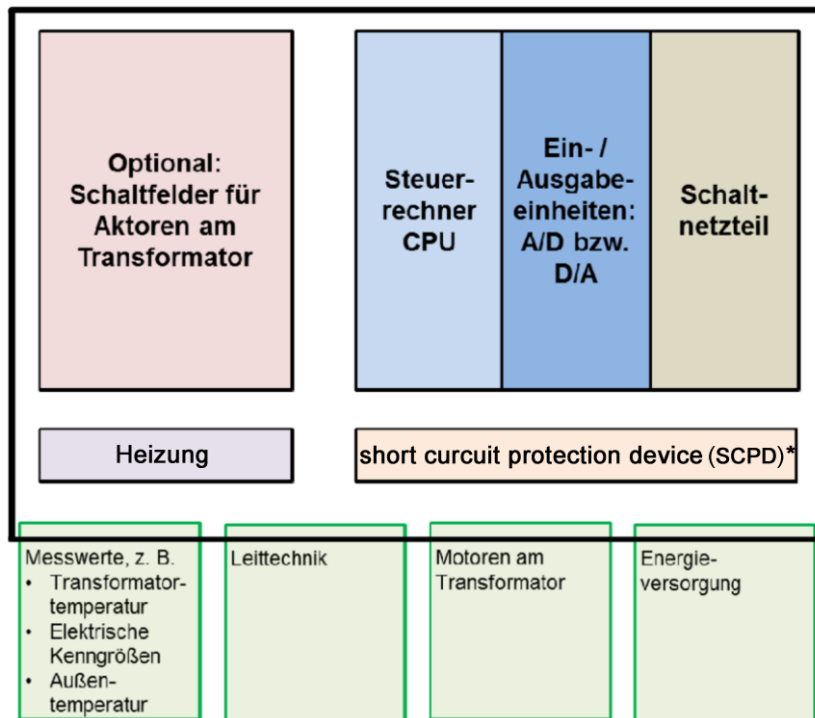
#### 0.2.2 Komponenten und Baugruppen

##### 0.2.2.1 Grundelemente

Die FMTS umfasst üblicherweise die in Bild 1 dargestellten Komponenten und Baugruppen:

- Digitale und analoge Ein- und Ausgabeeinheiten: Schnittstellen-Baugruppen zum Daten- und Informationsaustausch, z. B. von Sensoren;
- Steuerrechner: zur Verarbeitung der eingehenden Informationen und Steuerung der Antriebe;
- Schrankklimatisierung und -beleuchtung: Heizung, Lüftung und Licht für den Innenraum des Schaltschranks;
- Schaltnetzteil

- (Optional) Schaltfelder der Aktoren am Transformator (üblicherweise Transformator-Kühlsystem und Stufenschalter)



\* Die scpd kann auch außerhalb der FMTS angeordnet sein.

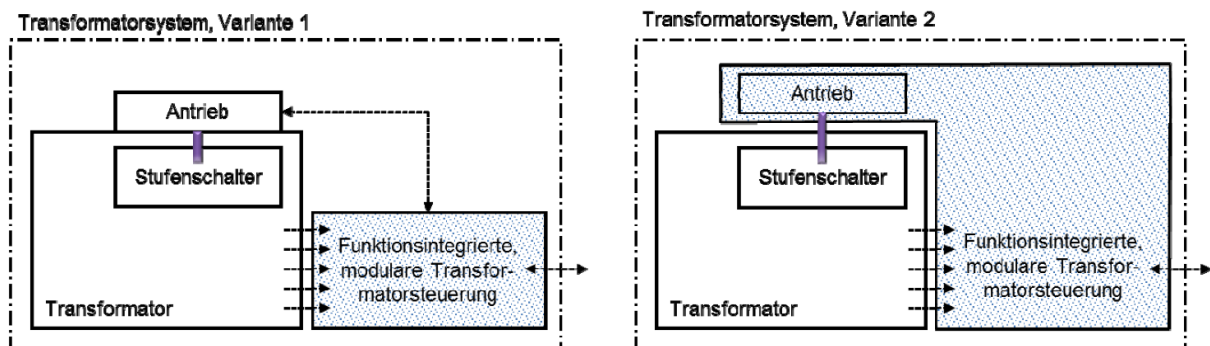
Jede Versorgungseinspeisung muss durch einen Kurzschlusschutz einrichtung (en: short curcuit protection device (scpd)) abgesichert sein.

Dieses kann auch außerhalb der FMTS angeordnet sein, muss dann aber in der Dokumentation spezifiziert sein. Folgende Eigenschaften der Kurzschlusschutz einrichtung müssen definiert sein (wenn zutreffend): wie z. B. Sicherungsgröße (Bauform), Charakteristik, Nennspannung, Nennausschaltvermögen, Nennstromstärke etc.

**Bild 1 – Komponenten der FMTS**

### 0.2.2.2 Sondervariante mit integriertem Stufenschalterantrieb

In Einzelfällen ist es möglich, dass der Antrieb eines im Transformator verbauten Stufenschalters Bestandteil der FMTS ist. In Bild 2 sind die übliche Variante 1 und die spezielle Variante 2 schematisch gegenübergestellt.



**Bild 2 – Übersicht über das Gesamtsystem mit Transformator, Stufenschalter, Antrieb und Steuerung**

## 1 Anwendungsbereich

Diese VDE SPEC enthält besondere Anforderungen an eine als „funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung“ bezeichnete Schaltgerätekombination zum Betrieb von Leistungstransformatoren im Niederspannungsbereich für Transformatoren aller Spannungsebenen, die im Anwendungsbereich von DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2) festgelegt sind.

Diese VDE SPEC gilt nicht für:

- Transformatoren,
- Sensoren,
- Antriebe,
- Transformatorsteuerungen mit Funkschnittstellen.

## 2 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).

DIN EN 50102 (VDE 0470-100):1997-09, *Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äußere mechanische Beanspruchungen (IK-Code); Deutsche Fassung EN 50102:1995*

DIN EN 50102/A1 (VDE 0470-100/A1):1999-06

DIN EN 50274 (VDE 0660-514):2002-11, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Schutz gegen elektrischen Schlag – Schutz gegen unabsichtliches direktes Berühren gefährlicher aktiver Teile; Deutsche Fassung EN 50274:2002*

DIN EN 50274 (VDE 0660-514) Berichtigung 1:2009-11

DIN EN 50525-2-51 (VDE 0285-525-2-51):2012-01, *Kabel und Leitungen – Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 450/750 V ( $U_0/U$ ) – Teil 2-51: Starkstromleitungen für allgemeine Anwendungen – Ölbeständige Steuerleitungen mit thermoplastischer PVC-Isolierung; Deutsche Fassung EN 50525-2-51:2011*

DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2019-06, *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2016, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2018*

DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1):2015-04, *Stufenschalter – Teil 1: Leistungsanforderungen und Prüfverfahren (IEC 60214-1:2014); Deutsche Fassung EN 60214-1:2014*

DIN EN 60228 (VDE 0295):2005-09, *Leiter für Kabel und isolierte Leitungen (IEC 60228:2004); Deutsche Fassung EN 60228:2005 + Corrigendum:2005*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013*

DIN EN 60529 Berichtigung 1 (VDE 0470-1 Berichtigung 1):2017-02

DIN EN 60529 Berichtigung 1 (VDE 0470-1 Berichtigung 1):2019-06

DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2):2018-12, *Klassifizierung von Umgebungsbedingungen Klassifizierung von Umgebungsbedingungen – Teil 3-2: Klassen von Einflussgrößen und deren Grenzwerte – Transport und Handhabung (IEC 60721-3-2:2018); Deutsche Fassung EN IEC 60721-3-2:2018*

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2009-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität (IEC 61000-4-2:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-2:2009*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2011-04, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (IEC 61000-4-3:2006 + A1:2007 + A2:2010); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2006 + A1:2008 + A2:2010*



DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4):2013-04, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst (IEC 61000-4-4:2012); Deutsche Fassung EN 61000-4-4:2012*

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2019-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 61000-4-5:2014 + A1:2017); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:2014 + A1:2017*

DIN EN 61000-4-5 Berichtigung 1 (VDE 0847-4-5 Berichtigung 1):2021-04

DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2014-08, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 61000-4-6:2013); Deutsche Fassung EN 61000-4-6:2014*

DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8):2010-11, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-8: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen (IEC 61000-4-8:2009); Deutsche Fassung EN 61000-4-8:2010*

DIN EN 61000-4-11 (VDE 0847-4-11):2019-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-11: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen (IEC 61000-4-11:2004 + A1:2017); Deutsche Fassung EN 61000-4-11:2004 + A1:2017*

DIN EN 61000-4-16 (VDE 0847-4-16):2016-10, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-16: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte, asymmetrische Störgrößen im Frequenzbereich von 0 Hz bis 150 kHz (IEC 61000-4-16:2015); Deutsche Fassung EN 61000-4-16:2016*

DIN EN IEC 61000-4-18 (VDE 0847-4-18):2020-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-18: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Wellen (IEC 61000-4-18:2019 + COR1:2019); Deutsche Fassung EN IEC 61000-4-18:2019 + AC:2019*

DIN EN 61000-4-29 (VDE 0847-4-29):2001-10, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-29: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen an Gleichstrom-Netzeingängen (IEC 61000-4-29:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-29:2000*

DIN EN 61000-4-34 (VDE 0847-4-34):2010-04, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-34: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit von Geräten und Einrichtungen mit einem Netzstrom > 16 A je Leiter gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen (IEC 61000-4-34:2005 + A1:2009 + Cor.:2009); Deutsche Fassung EN 61000-4-34:2007 + A1:2009*

DIN EN IEC 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2020-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2018); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-4:2019*

DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5):2016-07, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-5: Fachgrundnormen – Störfestigkeit von Betriebsmitteln, Geräten und Einrichtungen, die im Bereich von Kraftwerken und Schaltstationen verwendet werden (IEC 61000-6-5:2015); Deutsche Fassung EN 61000-6-5:2015*

DIN EN 61000-6-5 Berichtigung 1 (VDE 0839-6-5 Berichtigung 1):2019-09

DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7):2015-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-7: Fachgrundnormen – Störfestigkeitsanforderungen an Geräte und Einrichtungen, die zur Durchführung von Funktionen in sicherheitsbezogenen Systemen (funktionale Sicherheit) an industriellen Standorten vorgesehen sind (IEC 61000-6-7:2014); Deutsche Fassung EN 61000-6-7:2015*

DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2010 + COR:2011 + A1:2016, modifiziert + A1:2016/COR1:2019); Deutsche Fassung EN 61010-1:2010 + A1:2019 + A1:2019/AC:2019*

DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 61439-1:2011); Deutsche Fassung EN 61439-1:2011*

DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen (IEC 61439-2:2011); Deutsche Fassung EN 61439-2:2011*

DIN EN 61508-1 (VDE 0803-1):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61508-1:2010); Deutsche Fassung EN 61508-1:2010*

DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/elektronische/programmierbare elektronische Systeme (IEC 61508-2:2010); Deutsche Fassung EN 61508-2:2010*

DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6):2010-04, *Sicherheit von Transformatoren, Drosseln, Netzgeräten und dergleichen für Versorgungsspannungen bis 1 100 V – Teil 2-6: Besondere Anforderungen und Prüfungen an Sicherheitstransformatoren und Netzgeräte, die Sicherheitstransformatoren enthalten (IEC 61558-2-6:2009); Deutsche Fassung EN 61558-2-6:2009*

DIN EN IEC 62368-1 (VDE 0868-1), *Einrichtungen für Audio/Video-, Informations- und Kommunikationstechnik – Teil 1: Sicherheitsanforderungen*

DIN EN ISO 7010:2020-07, *Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Registrierte Sicherheitszeichen (ISO 7010:2019); Deutsche Fassung EN ISO 7010:2020*

DIN EN ISO 7010/A1:2020-12

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2018-10, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert + A1:2017, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2017 + A1:2017*

### 3 Begriffe und Abkürzungen

#### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1), DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2) und die folgenden Begriffe.

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

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

##### 3.1.1

##### **Bedingung eines Einzelfehlers**

Zustand, bei dem ein Mittel zum Schutz vor Gefährdung schadhaft ist oder bei dem ein Fehler vorhanden ist, der eine Gefährdung verursachen könnte

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Bedingung eines Einzelfehlers unvermeidbar zu einem oder mehreren anderen Fehlerzuständen führt, sind alle Ausfälle als eine Bedingung eines Einzelfehlers anzusehen [IEC Guide 104].

[QUELLE: DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, 3.5.10]

##### 3.1.2

##### **Bemessen (Bemessungswert)**

Wert einer Größe, der im Allgemeinen vom Hersteller für eine festgelegte Betriebsbedingung einem Bauelement, Gerät oder einer Ausrüstung zugeordnet ist

[IEC 60050-151:2001, 151-16-08, modifiziert]

[QUELLE: DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, 3.3.1]

##### 3.1.3

##### **Benutzer**

Person, die das Gerät für den beabsichtigten Zweck benutzt

[QUELLE: DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, 3.5.11]

### 3.1.4

#### **bestimmungsgemäßer Betrieb**

Betrieb, einschließlich der Bereitschaft zum Betrieb (stand-by), entsprechend der Gebrauchsanweisung oder für den offensichtlich beabsichtigten Zweck

### 3.1.5

#### **funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung**

##### **FMTS**

elektrische Schaltgerätekombination zum Betrieb von Leistungstransformatoren, die je nach Konfiguration der Funktionsbausteine verschiedene Aufgaben zum Steuern, Regeln und Überwachen eines Leistungstransformators erfüllt sowie mit übergeordneten Leittechniksystemen kommuniziert

### 3.1.6

#### **Gefährdung**

potenzielle Schadensquelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benennung Gefährdung kann spezifiziert werden, um den Ursprung oder die Art des erwarteten Schadens zu bezeichnen (zum Beispiel Gefährdung durch elektrischen Schlag, Gefährdung durch Stoß, Gefährdung durch Schneiden, Gefährdung durch Gift, Gefährdung durch Feuer, Gefährdung durch Ertrinken).

[QUELLE: ISO/IEC Guide 51:1999, Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen, 3.5]

[QUELLE: IEC 351-57-01]

### 3.1.7

#### **gefährliches aktives Teil**

aktives Teil, von dem unter bestimmten Bedingungen ein schädlicher elektrischer Schlag ausgehen kann

[IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

[QUELLE: DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 3.7.2]

### 3.1.8

#### **Hauptfunktion**

jegliche Funktion eines Transformatorsystems, die vom Hersteller als wesentlich für das Gerät festgelegt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Hauptfunktion wird vom Hersteller im Prüfplan oder in den Unterlagen dokumentiert.

### 3.1.9

#### **nasse Umgebung**

Umgebung, in der Wasser oder eine andere leitende Flüssigkeit vorhanden sein kann und in der es wahrscheinlich ist, dass der menschliche Körperwiderstand durch Benetzung des Kontakts zwischen dem menschlichen Körper und dem Gerät oder durch Benetzung des Kontakts zwischen dem menschlichen Körper und seiner Umgebung verringert wird

### 3.1.10

#### **Werkzeug**

nicht zum Gerät gehörendes Teil, einschließlich Schlüssel und Münzen, das es einer Person ermöglicht, eine mechanische Funktion auszuführen

## 3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Abkürzungen nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2) und die folgenden Abkürzungen.

EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EUT	Prüfling (en:equipment under test)
FMTS	funktionsintegrierte, modulare Transformatorsteuerung
MTTF	mittlere Zeit bis zum Ausfall (en: mean time to failure))
REACH	Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals (Europäische Verordnung für Chemikalien)

TLS	Transport Layer Security (Verschlüsselungsprotokoll)
ÜK	Überspannungskategorie (siehe DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2016-10, 443.6 [1] <sup>1</sup> )
DGA	Dissolved Gas Analysis
OLTC	On Load Tap Changer

## 4 Anforderungen

### 4.1 Allgemeines

Für die FMTS gelten die grundlegenden Anforderungen an Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2). Abweichende und ergänzende Anforderungen werden in den nachfolgenden Abschnitten festgelegt.

In der FMTS verwendete Komponenten und Baugruppen müssen ihren jeweiligen Produktnormen entsprechen.

Soweit in der FMTS eine Antriebsfunktion für den Stufenschalter realisiert ist, gelten die anwendbaren Anforderungen in DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1) (siehe dazu auch 5.6).

Anforderungen an verbaute Komponenten, die sich aus den jeweiligen Normen ergeben, sind nicht Bestandteil dieser VDE SPEC.

ANMERKUNG Beispiele hierfür sind die funktionalen Anforderungen an die Steuereinheit eines Stufenschalters nach DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1).

Die FMTS muss eine freie Belegung der analogen und digitalen Ein-/Ausgänge unterstützen. Das bedeutet konkret, dass es möglich sein muss,

- im Einzelfall festzulegen, welche Art des Messwerts aufgenommen wird, z. B. eine Temperatur oder eine Gaskonzentration,
- die physische Herkunft des Eingangssignals im Einzelfall festzulegen (z. B. PT 100, 4-20 mA, digitaler Bus, ...),
- Sensoren beliebiger Hersteller einzubinden.

### 4.2 Anforderungen an die Schaltgerätekombination

#### 4.2.1 Allgemeines

Abschnitt 4.2 legt besondere Bauanforderungen, Betriebsbedingungen sowie Anforderungen an das Verhalten der FMTS im Betrieb fest. Für nicht in diesem Abschnitt aufgeführte Anforderungen gelten ausschließlich die Anforderungen der beiden Leitnormen DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2).

#### 4.2.2 Bauanforderungen

##### 4.2.2.1 Allgemeines

Es gelten die grundlegenden Anforderungen nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, Abschnitt 8.

##### 4.2.2.2 Schutz gegen mechanische Einwirkung (nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, 8.2.1)

Es ist mindestens die mechanische Beanspruchungsenergie entsprechend IK07 oder höher nach DIN EN 50102 (VDE 0470-100) vorzusehen.

##### 4.2.2.3 Korrosionsschutz (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.2.2)

Der Nachweis der Korrosionsbeständigkeit ist nach DIN EN 61439-1, 2012-06, 10.2.2.3 (Prüfung nach Schärfe B) durchzuführen und zu bewerten.

---

<sup>1</sup> Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

#### **4.2.2.4 Schutz gegen Berührung aktiver Teile, gegen Eindringen fester Fremdkörper und Wasser (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 8.2.2)**

Es ist die IP-Schutzklasse IP54 oder höher nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1) zu wählen.

#### **4.2.2.5 Luft- und Kriechstrecken (nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, 8.3.2)**

Die Luftstrecken der eingebauten Betriebsmittel müssen entsprechend den Anforderungen an ÜK III ausgelegt sein.

#### **4.2.2.6 Schutz gegen elektrischen Schlag (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 8.4)**

Zum Schutz gegen unbeabsichtigtes direktes Berühren gefährlicher aktiver Teile (Finger- und Handrückensicherheit) sind die Vorgaben nach DIN EN 50274 (VDE 0660-514) anzuwenden.

Kleinspannungen innerhalb der FMTS sind, falls erforderlich, unter Einhaltung der Vorgaben der „Schutzmaßnahme: Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV“ nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410) zu errichten.

Zu beachten ist insbesondere, dass die Sicherheitstransformatoren der Stromquellen der SELV- oder PELV-Systeme konform zu DIN EN 61558-2-6 (VDE 0570-2-6) gefertigt sind.

Jede Versorgungseinspeisung muss durch einen Sicherungslasttrennschalter abgesichert sein.

Fremdspannungen, wie z. B. von Messwandlern, die nicht getrennt werden können, müssen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) mit dem Symbol in Bild 3 nach ISO 7010-W012 gekennzeichnet sein:



**Bild 3 – Warnung vor elektrischer Spannung (Symbol ISO 7010-W012)**

#### **4.2.2.7 Auswahl und Einbau von Betriebsmitteln (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 7.1.3 und DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, 8.5.3)**

Die Luftstrecken der eingebauten Betriebsmittel müssen entsprechend den Anforderungen an ÜK III ausgelegt sein.

Nach den Erläuterungen in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 7.1.3 wird der Verschmutzungsgrad 3 zugrunde gelegt. Der Verschmutzungsgrad 1 ist nicht zulässig. Bei Ansatz des Verschmutzungsgrades 2 muss der Hersteller nachweisen, dass durch Einsatz einer thermostatgeregelten Heizung eine Erhöhung der Innentemperatur um wenigstens 5 K gegenüber der Außentemperatur zur Vermeidung von Betauung sichergestellt ist.

Sofern eingesetzt, müssen im Schaltschrank verbaute Kommunikationsgeräte der Norm DIN EN IEC 62368-1 (VDE 0868-1) entsprechen.

Bei der Verwendung abweichender elektromechanischer Komponenten (z. B. Austausch defekter Bauteile), müssen diese neuen Komponenten mindestens gleichwertige Spezifikationen aufweisen. Siehe dazu auch 5.4.

#### **4.2.2.8 Interne Stromkreise und Verbindungen (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 8.6)**

Anforderung an die Leiterklasse nach DIN EN 60228 (VDE 0295): Klasse 5 oder 6.

Innerhalb der FMTS verbaute Steuerleitungen müssen mindestens den Anforderungen an eine PVC-Steuerleitung nach DIN EN 50525-2-51 (VDE 0285-525-2-51) entsprechen.

### 4.2.3 Betriebsbedingungen und Verhalten im Betrieb

#### 4.2.3.1 Allgemeines

Es gelten die grundlegenden Anforderungen nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Abschnitt 7 und nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, Abschnitt 11.

#### 4.2.3.2 Temperatureinsatzbereich (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 7.1.1)

Die FMTS muss für einen Umgebungstemperaturbereich von  $-25\text{ C}$  bis  $+55\text{ C}$  geeignet sein

Das Betreiben der FMTS bei Umgebungstemperaturen, die von denen in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 7.1.1.2 abweichen, setzt spezielle Regelungen im Hinblick auf die gesamten Prüfnachweise voraus, die zwischen Hersteller und Anwender bzw. der jeweiligen Prüfstelle zu vereinbaren sind. Entsprechend vereinbarte Regelungen, sind im Prüfbericht der Prüfstelle zu dokumentieren und vom Hersteller für den Anwender zu dokumentieren.

#### 4.2.3.3 Schwing- und Schockfestigkeit (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 7.2)

Die Anforderungen für den Transport ergeben sich nach DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2) entsprechend der Klasse 2M4 (Schockprüfung) und der Klasse 2M5 (Schwingprüfung). Die Anforderungen für die Lebensdauerprüfung sind über die Felderfahrung definiert. Die Überprüfung erfolgt nach 5.5.4, In Tabelle 2 sind die Prüfungen zusammengefasst.

#### 4.2.3.4 Isolationseigenschaften (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 9.1)

Die Bemessungsstoßspannung  $U_{\text{imp}}$  ist in Abhängigkeit der Bemessungsbetriebsspannung  $U_e$  so zu wählen, dass ÜK III oder höher abgedeckt ist (siehe DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Anhang G)

#### 4.2.3.5 Elektromagnetische Verträglichkeit (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 9.4)

Der Prüfling muss die Anforderungen aller zutreffenden, in Tabelle 1 angegebenen Normen zusammen mit den Anforderungen dieser VDE SPEC einhalten.

**Tabelle 1 – Anzuwendende Normen – EMV**

Norm	Hinweise zur Anwendung der Norm
DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1)	Anhang J: Leitnorm für die Geräte im Anwendungsbereich dieser VDE SPEC
DIN EN IEC 61000-6-4 (VDE 0839-6-4)	Norm für Störaussendung in Industriebereichen
DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5)	Norm für Störfestigkeit von Geräten im Bereich von Kraftwerken und Schaltanlagen
DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7)	Norm für die Prüfung der Störfestigkeit von sicherheitsbezogenen Systemen in industriellen Umgebungen

DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7) ist anzuwenden, wenn der Hersteller in seiner Risikoanalyse eine elektronisch realisierte sicherheitsbezogene Funktion nach DIN EN 61508-1 (VDE 0803-1) und DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2) identifiziert und eine Prüfung erforderlich ist.

#### 4.2.4 Schnittstellen (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Abschnitt 5)

Als Datenaustauschformate müssen offene Leittechnikkommunikationsprotokolle wie z. B. nach Normenreihe DIN EN 61850 vorgesehen sein. Der Hersteller muss die unterstützten Protokolle einschließlich der zugrundeliegenden Normen angeben. Etwaige Ausnahmen und Einschränkungen müssen explizit ausgewiesen sein.

## 4.3 Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit

### 4.3.1 Allgemeines

Die in dieser VDE SPEC betrachteten Anforderungen müssen in einer Risikoanalyse und -bewertung in geeigneter Weise berücksichtigt werden.

Als Risiko ist nicht nur die Gefährdung für Leib und Leben zu sehen, sondern auch die Gefährdung der vorgesehenen Einsatzbereiche und –dauern (wirtschaftliche Risiken/Anlagenschutz).

### 4.3.2 Zuverlässigkeit

Die FMTS (einschließlich der verbauten Komponenten und Betriebsmittel) ist für eine Gebrauchsdauer von mindestens 15 Jahren auszulegen.

Ist dies für einzelne Komponenten nicht möglich, so muss dies im Wartungskonzept der FMTS vorgesehen werden.

MTTF-Werte für die verbauten Komponenten sind vom Hersteller anzugeben.

### 4.3.3 Funktionale Sicherheit

Die elektrischen und elektronischen Steuerkreise der FMTS müssen ein angemessenes Niveau der sicherheitstechnischen Leistungsfähigkeit haben, das im Rahmen der Gefährdungs- und Risikoanalyse in Zusammenarbeit von Hersteller und Betreiber zu ermitteln ist.

Im Hinblick auf den Personenschutz müssen die Prinzipien der Funktionalen Sicherheit nach geltenden Normen (z. B. Normenreihe DIN EN 61511 (VDE 0810), DIN EN ISO 13849-1) oder andere zulässige Verfahren angewendet werden. Dabei ist insbesondere auch zu berücksichtigen, dass die Anwesenheit von Personen in Gefahrbereichen erforderlich sein kann. Beispiele hierfür sind in Anhang B zu finden.

### 4.3.4 Informationssicherheit

Für Anforderungen an die Anwendung und verbaute Informationstechnik wird das BDEW-Whitepaper 2.0 „Anforderungen an sichere Steuerungs- und Telekommunikationssysteme“ [2] zugrunde gelegt.

Insbesondere müssen folgende Sicherheitsfunktionen in der FMTS realisiert sein:

- Passwortgeschützter Zugriff auf das Gerät;
- Rollenspezifische Benutzerverwaltung;
- Erfassung der Historie der Parameter-Anpassungen am Gerät, sowie der Information, durch welchen Nutzer diese jeweils durchgeführt wurden;
- Verschlüsselung der Kommunikation mit übergeordneten Systemen, z. B. mittels eines hybriden Verschlüsselungsprotokolls wie TLS.

### 4.3.5 Obsoleszenzmanagement

Der Hersteller der FMTS stellt sicher, dass der Lebenszyklus des Transformators durch eine Abkündigung von Bauteilen, die in der FMTS enthalten sind, nicht reduziert wird. Das kann durch Bereitstellung von kompatiblen Nachfolgebauteilen mit identischer Funktion oder durch Bevorratung der ursprünglichen Bauteile realisiert werden.

## 5 Prüfungen und Nachweise

### 5.1 Allgemeines

Es gelten die grundlegenden Anforderungen nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, Abschnitt 10.

### 5.2 Nachweis der Erwärmung (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10)

Der Nachweis der Erwärmung hat an der Variante der FMTS mit der maximal durch den Hersteller vorhergesehen möglichen Bestückung einer homogenen Produkt-Familie ausschließlich durch Prüfung zu erfolgen („erwärmungstechnische Maximalvariante“).

Hieraus abgeleitete, reduzierte Varianten einer Produkt-Familie FMTS bedürfen keiner weiteren Erwärmungsprüfung und sind durch die Prüfung der Maximalvariante abgedeckt.

ANMERKUNG      Detailliert wird darauf in 5.4 eingegangen.

### **5.3 Nachweis der Kurzschlussfestigkeit (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.11)**

Der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit hat an der Variante der FMTS mit dem größten Bemessungsstrom einer homogenen Produkt-Familie ausschließlich durch Prüfung zu erfolgen.

Alle möglichen bedingten Bemessungskurzschlussströme der in der Schaltgerätekombination verwendeten Kurzschlusschutzeinrichtungen müssen nachgewiesen werden.

Hieraus unter Berücksichtigung von DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Tabelle 13, abgeleitete, reduzierte Varianten einer Produkt-Familie FMTS bedürfen keiner weiteren Kurzschlussprüfung und sind durch die Prüfung der Maximalvariante abgedeckt.

ANMERKUNG Auf den Fall, dass ein nachträglicher Umbau an einer FMTS durchgeführt wird, wird in 5.4 eingegangen.

### **5.4 Bauartnachweis nach einem Gerätetausch (nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10 und 10.11)**

Wird für die FMTS, bestückt mit bestimmten Komponenten oder Geräten (im Folgenden wird für beides nur der Begriff „Gerät“ verwendet), ein Konformitätsnachweis durchgeführt und sollen später andere Geräte eingesetzt werden, sind die Auswirkungen dieses Austauschs hinsichtlich aller Nachweisaspekte zu prüfen. Inwieweit eine erneute Durchführung von Nachweisen durch Prüfung erforderlich ist, ergibt sich aus den Anforderungen in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Abschnitt 10.

ANMERKUNG Konformitätsnachweis wird in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) als Bauartnachweis bezeichnet.

DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10 behandelt ausschließlich den Nachweisaspekt der Erwärmung. In DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10.3.5 werden die Bedingungen aufgeführt, unter welchen ein Gerät durch ein ähnliches Gerät einer anderen Serie als dasjenige, mit dem der Konformitätsnachweis durchgeführt wurde, ersetzt werden darf, ohne dass ein erneuter Konformitätsnachweis der Erwärmung durchgeführt werden muss. Der Austausch von Geräten schließt mit ein, dass für den Austausch auch ähnliche Geräte einer Serie eines anderen Herstellers verwendet werden dürfen.

Folgende Bedingungen müssen dafür gleichzeitig erfüllt sein:

- Die Verlustleistung des neuen Gerätes darf nicht höher sein als die des im ursprünglichen Nachweis der FMTS eingesetzten Gerätes.
- Für das zu ersetzende und für das neue Gerät müssen die bei der Erwärmungsprüfung nach der jeweils zutreffenden Produktnorm gemessenen, tatsächlich auftretenden Übertemperaturen der Geräteanschlüsse verglichen werden. Ein Ersatz des bisherigen Gerätes ohne erneuten Konformitätsnachweis der Erwärmung ist nur zulässig, wenn die Erwärmung der Geräteanschlüsse des neuen Gerätes nicht höher war als die des bisherigen. Um diesen Vergleich durchführen zu können, müssen die Typprüfresultate beider Geräte vorliegen.
- Die räumliche Anordnung des Gerätes in der FMTS darf nicht verändert werden. Zu beachten sind hierbei die für beide Geräte von ihren Herstellern vorgegebenen Einbau- und Anwendungshinweise.
- Die Bemessungsdaten der FMTS dürfen durch den Austausch nicht verändert werden.

Sind eine oder mehrere dieser Bedingungen nicht erfüllt, ist mit dem neuen Gerät ein erneuter Konformitätsnachweis der Erwärmung durch Prüfung nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10.2 erforderlich.

Bei einem Geräte austausch sind auch alle weiteren Nachweisaspekte zu untersuchen. Handelt es sich bei dem neuen Gerät um eine Kurzschlusschutzeinrichtung eines anderen Herstellers, muss in jedem Fall eine erneute Kurzschlussprüfung durchgeführt werden. Eine Ausnahme nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Tabelle 13, Fußnote a ist nur möglich, wenn es sich um ein Gerät einer anderen Baureihe, aber des gleichen Geräteherstellers handelt und dieser die Gleichwertigkeit oder bessere Eigenschaften des neuen Gerätes hinsichtlich aller relevanten Aspekte bestätigt.

Das oben genannte Verfahren ist gleichermaßen für die Elektromagnetische Verträglichkeit (siehe auch 5.5.4) anzusetzen.



## 5.5 Weitere Prüfungen und Nachweise

### 5.5.1 Prüfungen unter den Bedingungen eines Einzelfehlers

Für die Prüfungen unter den Bedingungen eines Einzelfehlers sind die Anforderungen aus Anhang C anzuwenden.

### 5.5.2 Übertemperatur-Schutzeinrichtungen

Übertemperatur-Schutzeinrichtungen sind Einrichtungen, die unter Bedingungen eines Einzelfehlers ansprechen. Sie müssen jede der folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Sie müssen so konstruiert sein, dass ihre zuverlässige Funktion sichergestellt ist.
- b) Sie müssen für das Unterbrechen der höchsten Spannung und des höchsten Stroms des Stromkreises, in den sie eingebaut sind, bemessen sein.
- c) Sie dürfen im bestimmungsgemäßen Betrieb nicht ansprechen.

Wenn eine selbstrückstellende Übertemperatur-Schutzeinrichtung zur Verhinderung einer Gefährdung infolge eines Ausfalls des Temperatursteuersystems (zum Beispiel eines Thermostats) verwendet wird, darf der geschützte Teil des Geräts erst nach einem Eingriff wieder betriebsfähig werden.

Die Konformität wird durch das Beurteilen des Stromlaufplans, des Datenblatts der Übertemperatur-Schutzeinrichtung und der Art ihrer Anordnung im Gerät geprüft sowie mit den folgenden Prüfungen, wobei das Gerät unter den Bedingungen eines Einzelfehlers betrieben wird. Die Anzahl der Auslösungen ist wie folgt:

- a) Selbstrückstellende Übertemperatur-Schutzeinrichtungen werden 200-mal zum Ansprechen gebracht.
- b) Nicht selbstrückstellende Übertemperatur-Schutzeinrichtungen, ausgenommen thermische Sicherungen, werden nach jeder Auslösung zurückgestellt und 10-mal zum Ansprechen gebracht.
- c) Nicht rückstellbare Übertemperatur-Schutzeinrichtungen werden einmal zum Ansprechen gebracht.

**ANMERKUNG** Zwangskühlung und Abkühlphasen dürfen zum Schutz vor Schäden am Gerät vorgesehen werden.

Während der Prüfung müssen rückstellbare Übertemperatur-Schutzeinrichtungen jedes Mal ansprechen, wenn die Bedingung eines Einzelfehlers herbeigeführt wird. Nicht rückstellbare Übertemperatur-Schutzeinrichtungen müssen einmal ansprechen. Nach der Prüfung dürfen die rückstellbaren Übertemperatur-Schutzeinrichtungen keine Anzeichen von Schäden zeigen, die das Ansprechen bei weiteren Bedingungen von Einzelfehlern beeinträchtigen könnten.

### 5.5.3 Schutz durch Verriegelungen

#### 5.5.3.1 Allgemeines

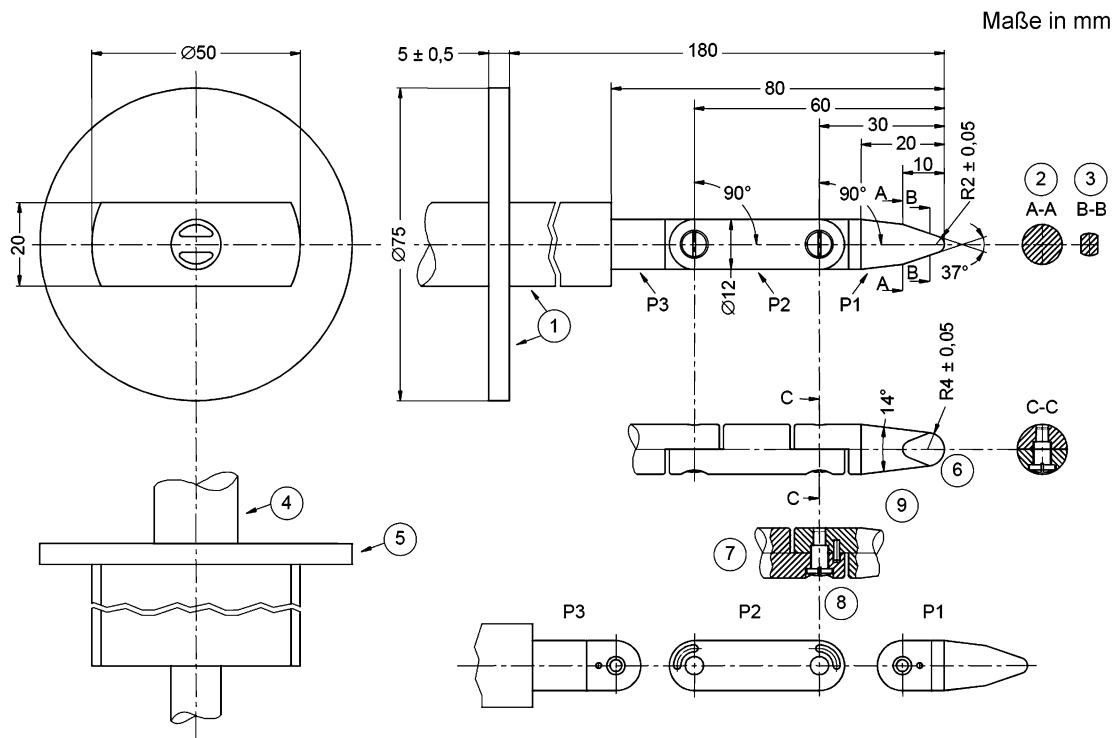
Verriegelungen zum Schutz der Benutzer vor Gefährdungen müssen verhindern, dass Benutzer einer Gefährdung ausgesetzt werden, bevor die Gefährdung beseitigt ist, und sie müssen die Anforderungen von 5.5.3.2 und 5.5.3.3 erfüllen.

Die Konformität wird durch Besichtigen und Durchführen aller relevanten Prüfungen dieser Norm geprüft.

#### 5.5.3.2 Verhindern des erneuten Aktivierens

Bis die Aktion, die die Auslösung der Verriegelung verursacht hat, zurückgenommen oder aufgehoben worden ist, muss eine Verriegelung zum Schutz eines Benutzers verhindern, dass die Gefährdung ohne Benutzung eines Werkzeugs wieder herbeigeführt werden kann.

Die Konformität wird durch Besichtigen und, falls notwendig, durch den Versuch geprüft, Teile der Verriegelung, die mit dem Gelenkprüffinger (siehe Bild 4) berührt werden können, von Hand zu betätigen.



**Legende**

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1 Isolierwerkstoff  | 6 kugelförmig             |
| 2 Querschnitt A-A   | 7 Einzelheit x (Beispiel) |
| 3 Querschnitt B-B   | 8 Seitenansicht           |
| 4 Griff             | 9 alle Kanten gebrochen   |
| 5 Begrenzungsplatte |                           |

Grenzabweichungen bei Maßen ohne angegebene Grenzabweichung:

- bei Winkeln:  $\begin{matrix} 0 \\ -10^\circ \end{matrix}$
- bei Längenmaßen:
  - bis 25 mm:  $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$  mm
  - über 25 mm:  $\pm 0,2$  mm

Werkstoff des Prüffingers: gehärteter Stahl oder Ähnliches.

Beide Gelenke dieses Prüffingers können über einen Winkel von  $(90^{+10}_0)^\circ$ , jedoch nur in derselben Ebene, bewegt werden.

Die Anwendung der Stift-Nut-Lösung ist nur eine der Möglichkeiten, um den Bewegungswinkel auf  $90^\circ$  zu begrenzen. Aus diesem Grund sind Maße und Toleranzen dieser Einzelheiten in der Zeichnung nicht angegeben. Die tatsächliche Ausführung muss einen Bewegungswinkel von  $(90^{+10}_0)^\circ$  sicherstellen.

ANMERKUNG Der Prüffinger ist derselbe wie die Prüfsonde B nach DIN EN 61032 (VDE 0470-2):1998-10, Bild 2 [3].

**Bild 4 – Beweglicher Prüffinger**

**5.5.3.3 Zuverlässigkeit**

Ein Verriegelungssystem zum Schutz von Benutzern muss sicherstellen, dass während der erwarteten Lebensdauer des Geräts ein Einzelfehler im Verriegelungssystem entweder unwahrscheinlich ist oder keine Gefährdung verursachen kann.

Die Konformität wird durch die Beurteilung des Verriegelungssystems geprüft. Im Zweifelsfall ist das Verriegelungssystem oder sind wichtige Teile des Systems im bestimmungsgemäßen Betrieb bei der ungünstigsten Belastung der Schaltelemente zu betätigen. Für die Anzahl der Betätigungen ist das Doppelte der höchsten Anzahl zu nehmen, die während der erwarteten Lebensdauer des Geräts wahrscheinlich auftritt, oder 10 000 Betätigungszyklen, je nachdem, welche Anzahl höher ist. Nach diesen Beanspruchungen darf der Schutz nicht beeinträchtigt sein.

#### 5.5.4 Schwing- und Schockprüfungen

An der FMTS sind Schwing- und Schockprüfungen nach DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2) durchzuführen. In nachfolgender Tabelle 2 sind die zutreffenden Prüfanforderungen zusammengefasst.

**Tabelle 2 – Prüfanforderungen nach DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2)**

	Transportsimulation		Lebensdauersimulation
	Schwingungsprüfung <sup>a</sup>	Schockprüfung <sup>a</sup>	Verweilprüfung
Frequenzbereich:	(10 bis 20) Hz	(50 bis 2 000) Hz	100 Hz bei 50 Hz Netzfrequenz <sup>b</sup>
Beschleunigung	–	100 m/s <sup>2</sup>	4 m/s <sup>2</sup>
Dauer	–	11 ms	–
spektrale Beschleunigungsdichte	3,0 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	1 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	–
Anzahl der Zyklen:	1 senkrecht zur Transportauflage	–	1 In jeder der 3 Hauptachsen
Schocks senkrecht zur Transportauflage:	–	3 je pos. und neg. Richtung	–
Prüfzeit:	30 min	-	10 Stunden
Betriebsart:	Nicht in Betrieb <sup>c</sup>	Nicht in Betrieb <sup>c</sup>	In Betrieb <sup>d</sup>
Bemerkung:	Klassifizierung 2M5	Klassifizierung 2M4	-
<sup>a</sup> Transportsimulation entsprechend DIN EN IEC 60721-3-2 (VDE 0468-721-3-2) <sup>b</sup> Doppelte Frequenz der Betriebs-Netzfrequenz <sup>c</sup> keine Schalthandlungen <sup>d</sup> Funktionsprüfung über den gesamten Schaltbereich zu Beginn / Ende der Prüfung bei aktivem Prüfstand			

Die folgenden Annahmekriterien werden festgelegt:

- Während der Prüfung darf die FMTS keine Fehlfunktion aufweisen.
- Die Prüfung darf keine bleibende Veränderung der Stellung von Schauzeichen oder anderen Formen von Anzeigeeinrichtungen veranlassen.
- Nach jeder der drei Prüfungen (Schwingungsprüfung, Lebensdauersimulation Verweilprüfung und Schockprüfung) muss nachgewiesen werden, dass
  - die FMTS weiterhin ihre bestimmungsgemäße Funktion erfüllt und
  - die FMTS keine mechanische Beschädigung erlitten hat, die die elektrische Sicherheit beeinträchtigt.

#### 5.5.5 Elektromagnetische Verträglichkeit

##### 5.5.5.1 Allgemeines

Die in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Anhang J.1 geforderten Störfestigkeitsprüfungen nach Tabelle J.2 werden überwiegend mit der Prüfung nach DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5) abgedeckt. Nur die in A.2, Tabelle 7 aufgeführten und grau hinterlegten Normenbestandteile der DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) sind zusätzlich zu den Anforderungen in DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5) abzutesten. Die gewählte Umgebung nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) ist die

Umgebung A (Industriebereich). Eine separate, zusätzliche Prüfung nach den Anforderungen in DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) ist nicht erforderlich.

Die Prüfungen nach DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7) sind nicht durch eine Prüfung nach DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5) abdeckbar, da die Betriebsart speziell für die Sicherheitsfunktion gewählt werden muss. Es ist immer eine separate Prüfung nach DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7) für die Sicherheitsfunktionen (wenn anwendbar, siehe Tabelle 1) durchzuführen und ein separater Prüfbericht zu erzeugen.

### 5.5.5.2 Spezielle Festlegungen zur DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5)

Tabelle 3 enthält Festlegungen zur DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5), die für die Geräte im Anwendungsbereich dieser VDE SPEC verbindlich anzuwenden sind.

**Tabelle 3 – Festlegungen zur DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5)**

Parameter	Festlegung	Hinweis
Anzunehmende Umgebung	Hochspannungsbereich Geräte und Einrichtungen in Schaltanlagen Anforderungen in DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5):2016-07, 10.3	Festgelegt, da eine Montage am Hochspannungstransformator stattfindet.
Funktionen	DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5):2016-07, Tabelle 2 ist anzuwenden. Die Funktionen „Steuerung eines Stufenschalters“ und „Regelung der Kühlung“ sind als Funktion „Befehl und Steuerung“ aufzufassen.	–
Prüfbedingungen	Auf eine Vorprüfung zur Feststellung der Betriebsart mit der höchsten Störfähigkeit kann verzichtet werden.	Der Aufbau nach dieser Norm mit den angegebenen, geforderten Betriebsarten wird als kritischste Betriebsart betrachtet.
Schnittstellenart (s. DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5):2016-07, Bild 3 und Bild 4)	Annahme: Schnittstellenart 4 entsprechend DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5).	Montage im Hochspannungsbereich.

### 5.5.5.3 Durchführung der EMV-Prüfungen

#### 5.5.5.3.1 Allgemeines

Die Prüfungen sind nach den Anforderungen der in 5.5.5.1 genannten Normen durchzuführen. In diesem Unterabschnitt sind zusätzliche Anforderungen und Festlegungen festgelegt, die in den Normen in der Form nicht vorhanden sind.

#### 5.5.5.3.2 Prüfplan

Der Hersteller hat einen Prüfplan aufzustellen, in dem er mindestens folgende Punkte beschreibt:

- eine Beschreibung des Prüflings und seine Aktionen,
- verfügbare Anschlüsse am Prüfling,
- Funktionen des Prüflings mit Angabe der Hauptfunktionen,
- Betriebsarten für die jeweiligen Funktionen,
- Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten der jeweiligen Funktionen,
- Hinweise zur Überwachung (Monitoring) beim jeweiligen Bewertungskriterium.

Funktionen, Betriebsarten, Bewertungskriterien und das Monitoring können in einer Tabelle zusammengefasst werden. A.1 enthält ein Beispiel einer solchen Tabelle (siehe Tabelle 6).

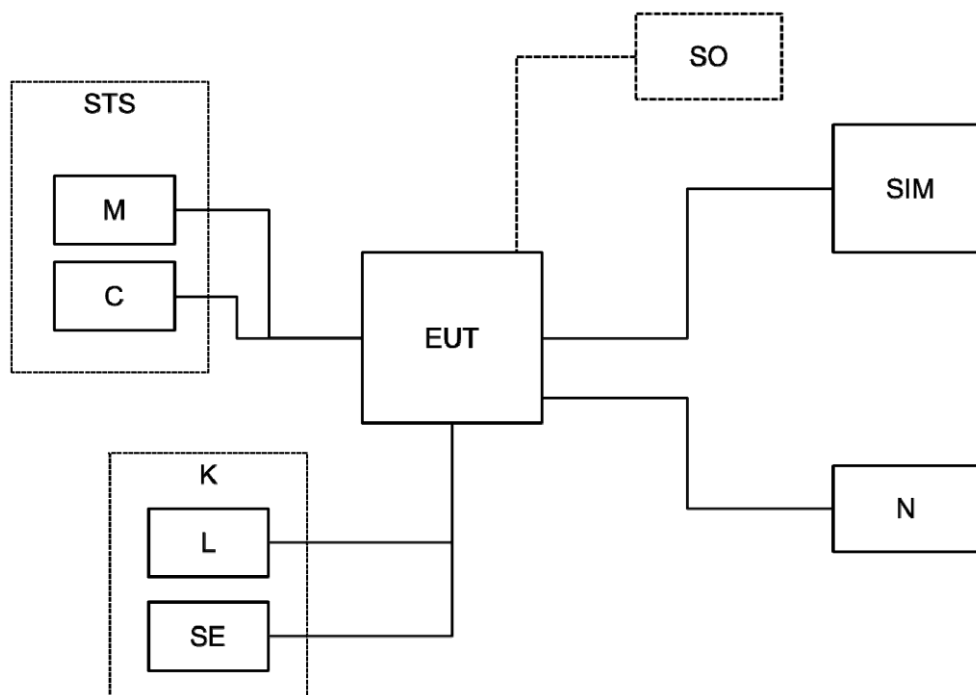
### 5.5.5.3.3 Prüfaufbau

Da die FMST nur eine Komponente des Gesamtsystems ist, muss ein funktionsfähiges Minimalsystem für die Durchführung der EMV-Prüfung aufgebaut werden. Ein Minimalsystem besteht aus allen Komponenten, die für die Simulation der jeweiligen Funktion erforderlich sind. Es müssen nicht die Originalkomponenten verwendet werden, sondern es dürfen im Verhalten ähnliche Komponenten verwendet werden. Die Begründung für Abweichungen von Originalkomponenten ist im Prüfbericht anzugeben.

Bild 5 zeigt einen möglichen Aufbau eines solchen Systems. Der Prüfling (EUT) ist nicht das Gesamtsystem, sondern das FMST.

Es sind mindestens zwei Anschlüsse einer Schnittstellenart (sofern anwendbar) des Prüflings mit den vom Hersteller vorgeschriebenen Leitungen zu versehen und diese sind mit geeigneten Abschlüssen und Gegenstellen zu versehen. Legt der Hersteller keine Leitungstypen fest, dann sind geeignete, ungeschirmte (sofern anwendbar, nicht bei koaxialen Leitungen) Leitungen zu verwenden. Der Prüfling ist in seinem Gehäuse mit geschlossenen Türen oder Wartungsöffnungen zu prüfen.

Die für eine Prüfung gewählte Konfiguration ist im Prüfbericht zu dokumentieren.



#### Legende

C	Kontakt (Sensor vom Stufenschalter zur Positionsbestimmung)	N	Spannungsversorgung
EUT	Prüfling (im Sinne dieser VDE SPEC eine FMST)	SE	Sensor (Optional, nur wenn Sensoren eingebaut sind)
K	Transformator Kühlung	SIM	Simulator und Kommunikationspartner für Datenschnittstellen
L	Lüfter (optional, nur wenn das Modul „Kühlungsregelung“ eingebaut ist.)	SO	Sonstige Sensoren und Schnittstellenpartner (wenn anwendbar)
M	Motor zum Antrieb des Stufenschalters	STS	Stufenschalter des Transformators

**Bild 5 – Schematischer Aufbau eines Systems für die EMV-Prüfung einer FMST**

## 5.5.5.4 Betriebsarten

### 5.5.5.4.1 Emissionsmessungen

Für die Emissionsmessungen nach DIN EN IEC 61000-6-4 (VDE 0839-6-4) ist der Prüfling in den Betriebszustand zu bringen, in dem er sich die überwiegende Zeit bei vorgesehener Anwendung befindet.

**ANMERKUNG** Dies ist bei Stufenschaltersteuerungen typischerweise der Zustand, in dem Befehle zur Steuerung entgegengenommen werden können, der Schalter aber nicht betätigt wird.

Während der Emissionsmessung sind die im Prüfling verfügbaren Funktionen zu aktivieren. In einer Voruntersuchung kann diejenige Betriebsart ermittelt werden, die die höchsten Emissionen erzeugt. Diese Voruntersuchung ist im Prüfbericht zu dokumentieren.

### 5.5.5.4.2 Störfestigkeitsprüfungen

Eine FMTS kann aufgrund der Modularität verschiedene Funktionen ausführen. Diese Funktionen sind vom Hersteller zu beschreiben. Es sind auch die Betriebsarten zu beschreiben, in denen diese Funktionen ausgeführt werden.

Die Betriebsarten für die Störfestigkeitsprüfung sind mit Berücksichtigung der Risikoanalyse des Herstellers auszuwählen. Alle vom Hersteller als Hauptfunktion bezeichneten Funktionen müssen während der Prüfung aktiv sein und mit geeigneten Maßnahmen überwacht werden. Die im Prüfplan aufgeführten Betriebsarten sind in jedem Fall zu prüfen. Es sind immer mindestens die in Tabelle 4 genannten Betriebsarten zu prüfen. Weitere zu prüfende Funktionen oder Betriebsarten sind vom Hersteller aus der Risikoanalyse heraus zu definieren.

**Tabelle 4 – Mindestens zu prüfende Betriebsarten bei Störfestigkeitsprüfungen**

Modul	Betriebsart
Steuerung Stufenschalter	Schalten des Stufenschalters um eine Stufe. Stufenschalter in Bereitschaft (Wartet auf Schaltbefehl)
Kühlungsregelung	Prüfen der Kühlung bei Regelung auf eine feste Solltemperatur. Der Sensor für die Erfassung der Temperatur darf durch eine Simulation ersetzt werden.

Zur Vermeidung langer Prüfzeiten dürfen die Geräte mit mehreren gleichzeitig aktiven Betriebsarten und/oder Funktionen geprüft werden.

## 5.5.5.5 Zusätzliche Forderungen für bestimmte EMV-Prüfungen

### 5.5.5.5.1 Allgemeines

Die Störfestigkeitsprüfungen sind nach den Anforderungen der jeweiligen, angewandten Fachgrund- oder Produktnorm (siehe 5.5.5.1) durchzuführen.

Spezielle Anforderungen und Ergänzungen zu den einzelnen Prüfpunkten sind in 5.5.5.5.2 angegeben.

### 5.5.5.5.2 Zusatzanforderungen für Dauerstörgrößen

Die Festigkeit gegen die hier angesprochenen Dauerstörgrößen wird durch Anwendung der in den Grundnormen

- DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3), Eingestrahlte elektromagnetische Felder
- DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6), Durch Felder induzierte Ströme in Leitungen
- DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8), Energietechnische Magnetfelder

beschriebenen Störgrößen geprüft.

### 5.5.5.5.2.1 Prüfungen nach DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3) und DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)

Diese Prüfung muss in zwei Schritten durchgeführt werden.

**Schritt 1:** Der Prüfling wird auf nicht gewünschte Reaktionen während eines Frequenzdurchlaufes geprüft. Dazu befindet sich der Prüfling statisch in einem Zustand und während der Prüfung wird das Verharren in diesem Zustand überwacht.

Die Verweilzeit sollte zwischen 0,5 s und 1 s betragen.

ANMERKUNG 1 Ein Beispiel für eine solche Betriebsart ist ein Transformator-Stufenschalter, der in einer festen Stellung steht und bereit ist Schaltbefehle zu erhalten. Der Schalter darf dann während der Prüfung keine Schaltung einleiten.

**Schritt 2:** Der Prüfling führt bei festgelegten einzelnen Frequenzen eine Schaltung oder einen sonstigen zyklischen Vorgang aus und wird dabei auf korrekte Durchführung dieser Schaltung oder des Vorganges überwacht.

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für einen solchen Vorgang ist das Schalten eines Transformator-Stufenschalters um eine Stellung hoch oder herunter.

Für die Prüfungen nach DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3) und DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6) sind mindestens die Frequenzen in Tabelle 5 auszuwählen. Weiterhin muss immer auch auf den Grundfrequenzen der im Prüfling eingebauten und verwendeten Taktoszillatoren geprüft werden.

Für den Schritt 2 ist es bei der Prüfung nach DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3) ausreichend, zwei Seiten des Prüflings zu bestrahlen. In jedem Fall ist der Prüfling von der Vorderseite aus zu bestrahlen. Die zweite ausgewählte Seite sollte sich am Ergebnis aus der Prüfung nach Schritt 1 oder aus konstruktiven Erkenntnissen ergeben. Die Begründung für die Auswahl ist im Prüfbericht anzugeben

**Tabelle 5 – Spot-Frequenzen für Schritt 2 der Störfestigkeitsprüfung nach DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3) und DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)**

Grundnorm	Festgelegte Frequenzen für die Prüfung nach Schritt 2
DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3)	80 MHz; 100 MHz; 120 MHz; 180 MHz; 240 MHz; 320 MHz; 480 MHz; 640 MHz; 960 MHz; 1 400 MHz; 1 920 MHz, 2 150 MHz, 2 450 MHz, 5 580 MHz
DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)	0,150 MHz; 0,300 MHz; 0,450 MHz; 0,600 MHz; 0,900 MHz; 1,20 MHz; 1,80 MHz; 2,40 MHz; 3,60 MHz; 4,80 MHz; 7,20 MHz; 9,60 MHz; 12,0 MHz; 19,2 MHz; 27,0 MHz; 49,4 MHz; 72,0 MHz und 80,0 MHz.

#### 5.5.5.2.2 Prüfung nach DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8)

Die Verweilzeit muss so gewählt werden, dass ein vollständiger Schaltvorgang oder ein vollständiger Zyklus innerhalb der Verweilzeit durchgeführt werden kann. Eine Verweilzeit von 2 min sollte wenn möglich nicht überschritten werden.

#### 5.5.5.6 Prüfbericht EMV

Zusätzlich zu den in den angewandten Normen genannten Inhalten des Prüfberichtes sind folgende Punkte im Prüfbericht mit anzugeben:

- Prüfplan des Herstellers zur EMV nach dieser VDE SPEC,
- Funktionstabelle (siehe Anhang A.1),
- Risikoanalyse des Herstellers zur EMV für die funktionale Sicherheit (wenn über die Normen hinausgehende Anforderungen identifiziert werden).

### 5.6 Stücknachweis

Es gelten die grundlegenden Anforderungen nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, Abschnitt 11.

In Bezug auf Isolationseigenschaften (siehe DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 11.9) gilt darüber hinaus Folgendes:

- Soweit in der FMTS eine Antriebsfunktion für den Stufenschalter realisiert ist, sind die Anforderungen nach DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1):2015-04, 6.3.2 zu berücksichtigen. Demzufolge müssen Hilfsstromkreise (ausgenommen Motor und Teile, die nach den entsprechenden DIN-Normen mit niedrigeren Prüfspannungen geprüft werden) mit einer netzfrequenten Wechselspannung von 2 kV effektiv während 1 min zwischen allen spannungsführenden Anschlüssen und geerdeten Teilen geprüft werden.
- Für die zu prüfende FMTS mit Antriebsfunktion für den Stufenschalter ist somit die höhere Prüfspannung zu wählen, die sich aus dem Vergleich der Anforderungen nach DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2):2012-06, 11.9 bzw. nach DIN EN 60214-1 (VDE 0532-214-1):2015-04, 6.3.2 ergibt. Sie muss für 1 min zwischen allen spannungsführenden Anschlüssen und geerdeten Teilen geprüft werden.



## Anhang A (informativ)

### Hinweise zur EMV

#### A.1 Beispiel einer Tabelle im EMV-Prüfplan zur Definition der Funktionen, Betriebsarten und Bewertungskriterien sowie des Monitorings

Tabelle 6 zeigt beispielhaft eine im EMV-Prüfplan enthaltene Tabelle für die im Gerät vorhandenen Funktionen (Hauptfunktionen) des zu prüfenden Gerätes. In der Tabelle sind die jeweiligen Bewertungskriterien aufgeführt, die zu beachten sind.

**Tabelle 6 – Beispiel für eine Funktionentabelle im Prüfplan**

Funktion	Hauptfunktion	Betriebsart	Bewertungskriterium		Monitoring während der EMV-Prüfung
Stufenschalter um eine Stufe verstellen	Ja	Über die Datenschnittstelle wird ein Befehl an den Stufenschalter gegeben, der dann den Motor für den Stufenschalter betätigt. Dauerstörgrößen: Stufenschalter in einer Position aber bereit zum Umschalten.	C	Der Schaltvorgang muss ohne zeitliche Abweichung zum Verhalten ohne Störgröße ablaufen.	Zeitliche Überwachung des Schaltvorganges (Motor).
			T	Es darf keine ungewollte Schaltung während und nach der Prüfung stattfinden. Nach der Prüfung muss ein Schaltvorgang ohne zeitliche Abweichung zum Verhalten ohne Störgröße ablaufen.	Zeitliche Überwachung des Schaltvorganges (Motor).
Temperaturregelung der Kühlung	Ja	Regelung der Temperatur auf einen festgelegten Sollwert.	C	Die Temperatur darf nicht mehr als 5 % vom Sollwert abweichen.	Auslesen des aktuellen Sensorwertes über Datenschnittstelle und Vergleich mit Sollwert.
			T	Die Temperaturregelung muss nach der Prüfung nicht mehr als 5 % vom Sollwert abweichen.	Auslesen des aktuellen Sensorwertes über Datenschnittstelle und Vergleich mit Sollwert.
Steuerbefehle und Bestätigungen von und zur Leitstelle	Ja	Datenübertragung wichtiger Daten (Schaltbefehle und Bestätigungen) von und zum Leitstellenrechner.	C	Keine Datenfehler. Keine Verbindungsabbrüche.	Vergleich der Daten im Simulationsrechner auf korrekte Übertragung und Fehler.
			T	Keine Datenfehler. Verbindungsabbrüche oder Verzögerungen erlaubt. Aufbau der Verbindung nach der Prüfung muss automatisch ohne Nutzereingriff erfolgen.	Vergleich der Daten im Simulationsrechner auf korrekte Übertragung und Fehler.
Übertragung von Neben-Messdaten zur Leitstelle	Nein	Datenübertragung weniger wichtiger Daten (z. B. Umgebungstemperaturen) zum Leitstellenrechner	C	Datenfehler sind nicht erlaubt.	
			T	Datenfehler sind erlaubt.	Vergleich der Daten im Simulationsrechner.
Bewertungskriterium: C = Continous (Dauerstörgrößen z. B.: DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3), DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6), DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8)) T = Transient (Transiente Störgrößen z. B.: DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2), DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4), DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5))					

## A.2 Vergleich der EMV-Prüfpunkte der anzuwendenden EMV-Normen

Die in Tabelle 7 aufgeführten und grau hinterlegten Prüfpunkte sind abzuprüfen.

**Tabelle 7 – Prüfstörgrößen der anzuwendenden EMV-Normen**

Prüfung	DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1)	DIN EN IEC 61000-6-4 (VDE 0839-6-4)	DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5)	DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7) <sup>c</sup>
Emission leitungsgebunden 150 kHz – 30 MHz	J.10.12.2	Tabelle 4 Tabelle 5	–	–
Emission gestrahlt 30 MHz – 1 GHz	J.10.12.2	Tabelle 3	–	–
Emission gestrahlt 1 GHz – 6 GHz	J.10.12.2	Tabelle 3	–	–
Elektrostatistische Entladung DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2)	± 8 kV Luft ± 4 kV Kontakt	–	± 8 kV Luft ± 6 kV Kontakt	± 15 kV Luft ± 8 kV Kontakt
Eingestrahktes elektromagnetisches Feld DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3)	80 MHz – 2 GHz 10 V/m	–	80 MHz – 6 GHz 10 V/m, 3 V/m, 1 V/m	80 MHz – 6 GHz 20 V/m, 10 V/m, 3 V/m
Schnelle Transienten DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4)	± 2 kV Netz ± 1 kV Signal, Aux, FE	–	bis 4 kV	bis 4 kV
Stoßspannung DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5)	± 2 kV L-E ± 1 kV L-L Power ± 1 kV L-E Signal, Aux, FE	–	Bis ± 4 kV L-E Bis ± 2 kV L-L	Bis ± 4 kV L-E Bis ± 2 kV L-L
Geleitete Hochfrequenz (HF) DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)	10 V Power, Signal, Aux, FE	–	10 V	20 V
Netzfrequente Magnetfelder DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8)	30 A/m	–	100 A/m, Dauer 1 kA, 1 s	30 A/m

Prüfung	DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1)	DIN EN IEC 61000-6-4 (VDE 0839-6-4)	DIN EN 61000-6-5 (VDE 0839-6-5)	DIN EN 61000-6-7 (VDE 0839-6-7) <sup>c</sup>
Spannungseinbruch/-unterbrechung DIN EN 61000-4-11 (VDE 0847-4-11) oder DIN EN 61000-4-34 (VDE 0847-4-34)	70 % $U_T$ , 0,5 cy 40 % $U_T$ , 5 + 50 cy 0 % $U_T$ , 250 cy	–	70 % $U_T$ , 1 cy 0 % $U_T$ , 5 cy	70 % $U_T$ , 20 cy 40 % $U_T$ , 10 cy 0 % $U_T$ , 1 cy 0 % $U_T$ , 250 cy
Gedämpft schwingende Wellen DIN EN IEC 61000-4-18 (VDE 0847-4-18)	–	–	2,5 kV, 1 MHz, asym. 1 kV, 1 MHz, sym. 1 kV, 10 MHz (Netz), sym. <sup>a</sup>	–
Spannung mit energietechnischer Frequenz DIN EN 61000-4-16 (VDE 0847-4-16)	–	–	30 V, Dauer 300 V, 1 s 50 Hz / 60 Hz	15 Hz bis 150 kHz 1 V bis 10 V 10 V, Dauer 100 V, kurz 50 Hz / 60 Hz
Spannungseinbruch/-unterbrechung DC-Eingänge DIN EN 61000-4-29 (VDE 0847-4-29) <sup>b</sup>			70 % $U_T$ , 0,1 s 40 % $U_T$ , 0,1 s 0 % $U_T$ , 50 ms	70 % $U_T$ , 0,01 s 40 % $U_T$ , 0,01 s 0 % $U_T$ , 20 ms
<sup>a</sup> Bei Vorhandensein eines Netzfilters (Mindest-Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz) kann auf die 10-MHz-Prüfung am AC- oder DC-Netzanschluss nach DIN EN IEC 61000-4-18 (VDE 0847-4-18) verzichtet werden. <sup>b</sup> Nur Prüfung bei niedriger Impedanz der Quelle. <sup>c</sup> Nur anwendbar, wenn der Prüfling entsprechend der Risikoanalyse des Herstellers sicherheitsbezogene Funktionen mit Elektronik realisiert hat.				
Die Prüfstörgrößen in dieser Tabelle sind beispielhaft zu verstehen. In jedem Fall sind die in den jeweiligen Normen geforderten Prüfpegel anzuwenden und nicht die in dieser Tabelle aufgeführten Prüfstörgrößen.				

## **Anhang B** (informativ)

### **Beispiele für Tätigkeiten, bei denen die Anwesenheit von Personen in Gefahrenbereichen erforderlich sein kann**

- Transformator-Montage und Factory Acceptance Test (FAT)
- Transformator-Inbetriebnahme, Site Acceptance Test (SAT)
- Transformator-Inspektionen
  - Kontrolle und Austausch von Luftentfeuchtern
  - Dichtheitskontrolle Transformator-Kessel & Kontrolle minimaler Ölfüllstand im Ölausdehner
  - Ölprobenentnahme für Dissolved Gas Analysis (DGA) (offline)
  - Ablesen der On Load Tap Changer (OLTC)-Schaltzyklenanzahl zur OLTC-Wartungsplanung
  - Kontrolle von Funktionsöffnungen (z. B. Entlüftungsbohrungen/-ventile) bzgl. Tierneester, Termitenbefall usw.
- Störungsbeseitigung
  - Beheben und Quittieren von Monitoring-Meldungen
  - Beheben und Quittieren von ausgelösten Anlagenschutzzeineinrichtungen, wie z. B. OLTC-Umschaltblockierungen
- Außer-Betrieb-Setzen
- geringfügige Wartungsarbeiten/Reparaturen (z. B. Bewuchspflege, Reparatur der Einzäunung/Zugangsschutz)
- umfangreiche Wartung (Arbeiten, die beträchtliches Zerlegen erfordern)

## Anhang C (normativ)

### Prüfung unter den Bedingungen eines Einzelfehlers

Grundlage dieses Anhangs ist DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, 4.4.

#### C.1 Allgemeines

##### C.1.1 Allgemeine Anforderungen

Folgende Anforderungen gelten:

- a) Die Untersuchung des Geräts und seiner Schaltpläne lassen im Allgemeinen die Fehlerbedingungen erkennen, die zu Gefährdungen führen können und daher herbeigeführt werden müssen.
- b) Prüfungen unter Fehlerbedingungen müssen wie für den Nachweis der Konformität festgelegt durchgeführt werden, d. h. jede durchgeführte Prüfung unter Fehlerbedingung ist bzgl.
  - Schutz gegen elektrischen Schlag
  - Temperatur (Erwärmungsprüfung)
  - andere Gefährdungen

auf Einhaltung der zulässigen Grenzwerte zu überprüfen (siehe C.4). Wenn gezeigt werden kann, dass bei einer bestimmten Fehlerbedingung keine Gefährdung entstehen kann, kann auf die Prüfung verzichtet werden.

- c) Die FMTS muss in der ungünstigsten Kombination der Bezugsprüfbedingungen betrieben werden (siehe DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10 und 10.11). Diese Kombinationen dürfen für die verschiedenen Fehler unterschiedlich sein, und sie müssen für jede Prüfung protokolliert werden.

##### C.1.2 Zustand der FMTS

Wenn nichts anderes festgelegt ist, muss jede Prüfung an der für den bestimmungsgemäßen Betrieb zusammengebauten FMTS und mit der ungünstigsten Kombination der in C.1.3 bis C.1.6 angegebenen Bedingungen durchgeführt werden.

**ANMERKUNG** Wenn Zweifel bestehen, sollte mit mehr als einer Kombination von Bedingungen geprüft werden.

Falls die Abmessungen oder das Gewicht ungeeignet dafür sind, bestimmte Prüfungen an der FMTS durchzuführen, sind Prüfungen an Baugruppen unter der Voraussetzung zulässig, dass sichergestellt wird, dass das zusammengebaute Gerät die Anforderungen dieser VDE SPEC erfüllen wird.

##### C.1.3 Stromversorgung

Die Versorgungsspannung muss im Bereich zwischen 90 % und 110 % irgendeiner Versorgungsspannung liegen, für die die FMTS bemessen ist und auf die die FMTS eingestellt werden kann, oder, wenn die FMTS für größere Spannungsschwankungen bemessen ist, bei irgendeiner Spannung in dem vorgesehenen Bereich der Spannungsschwankung.

##### C.1.4 Verbindungen

Die FMTS muss für ihren bestimmungsgemäßen Betrieb angeschlossen oder nicht angeschlossen werden.

##### C.1.5 Belastung von Motoren

Die Lastbedingungen für motorgetriebene Teile der FMTS müssen dem bestimmungsgemäßen Betrieb entsprechen.

##### C.1.6 Ausgang

Für die elektrischen Ausgänge der FMTS gilt:

- a) Die FMTS muss so betrieben werden, dass der Bemessungswert der Ausgangsleistung an der Last, für die der Ausgang bemessen ist, abgegeben wird.

- b) Die Lastimpedanz, für die der Ausgang bemessen ist, muss an jedem Ausgang angeschlossen oder nicht angeschlossen werden.

## **C.2 Herbeiführung von Fehlerbedingungen**

### **C.2.1 Allgemeines**

Die Fehlerbedingungen müssen die in C.2.2 bis C.2.10 festgelegten Fehlerbedingungen, soweit auf die zu prüfende FMTS anwendbar, einschließen. Die durchzuführenden Fehlerbedingungen müssen eine nach der anderen in einer zweckdienlichen Reihenfolge herbeigeführt werden. Mehrere Fehler dürfen nicht gleichzeitig herbeigeführt werden, es sei denn, sie sind die Folge eines herbeigeführten Fehlers.

**ANMERKUNG** Zum Beispiel darf ein Lüfter nach dem anderen angehalten werden, es sei denn, sie werden von einer gemeinsamen Quelle versorgt oder angesteuert. In diesem Fall sollten die gemeinsam betriebenen Lüfter durch Unterbrechen der Versorgungs- oder Steuerungsquelle gleichzeitig angehalten werden. Nach jeder Herbeiführung einer Fehlerbedingung muss das Gerät oder das Teil die zutreffenden Prüfungen nach C.4 bestehen.

### **C.2.2 Motoren**

Motoren müssen bei voller Erregung angehalten oder am Anlaufen gehindert werden, je nachdem, was ungünstiger ist.

Bei Mehrphasenmotoren muss eine Phase unterbrochen werden, während der Motor mit der vorgesehenen Volllast betrieben wird.

### **C.2.3 Kondensatoren**

Kondensatoren (ausgenommen selbstheilende Kondensatoren) in Hilfswicklungen von Motoren müssen kurzgeschlossen werden.

### **C.2.4 Netztransformatoren**

#### **C.2.4.1 Allgemeines**

Hierbei handelt es sich um Transformatoren, die als eigenständige Komponenten innerhalb der FMTS verbaut sind. Transformatoren innerhalb von in der FMTS eingebauten und hinsichtlich ihrer Produktnorm geprüften Betriebsmitteln (z. B. Netzteil) sind hiervon ausgenommen.

Die Sekundärwicklungen von Netztransformatoren müssen, wie in C.2.4.2 angegeben, kurzgeschlossen und, wie in C.2.4.3 angegeben, überlastet werden.

Bei einem Schaden am Transformator infolge einer Prüfung darf dieser vor einer anschließenden Prüfung repariert oder ausgewechselt werden.

Prüfungen für Netztransformatoren, die als einzelnes Bauelement geprüft werden, sind wie folgt festgelegt:

Wenn Umgebungsbedingungen die Prüfergebnisse beeinflussen können, müssen Netztransformatoren, die außerhalb der FMTS geprüft werden, unter den gleichen Bedingungen wie die in der FMTS vorhandenen Bedingungen geprüft werden.

Die Konformität wird mit den Kurzschluss- und Überlastprüfungen nach C.2.4.2 und C.2.4.3 und anschließend nach C.4.1 b) und c) geprüft. Besteht irgendein Zweifel, ob der Transformator im eingebauten Zustand auch die anderen Prüfungen nach Anhang C bestehen würde, sind die Prüfungen mit dem in der FMTS eingebauten Transformator zu wiederholen.

#### **C.2.4.2 Kurzschluss**

Jede Ausgangswicklung ohne Anzapfung und jeder Abschnitt einer Ausgangswicklung mit Anzapfung müssen bei Belastung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Betrieb nacheinander einzeln geprüft werden, um Kurzschlüsse der Last nachzubilden. Überstromschatzeinrichtungen bleiben während der Prüfung angeschlossen. Die übrigen Wicklungen werden belastet oder nicht, je nachdem, welche Lastbedingung im bestimmungsgemäßen Betrieb die ungünstigere ist.

#### **C.2.4.3 Überlast**

Jede Ausgangswicklung ohne Anzapfung und jeder Abschnitt einer Ausgangswicklung mit Anzapfung müssen einzeln, eine nach der anderen, überlastet werden. Die übrigen Wicklungen sind belastet oder nicht, je nachdem, welche Lastbedingung im bestimmungsgemäßen Betrieb die ungünstigste ist. Wenn bei den Prüfungen unter den Fehlerbedingungen nach Anhang C Überlastungen entstehen, müssen die Sekundärwicklungen diesen Überlastungen unterworfen werden.

Die Überlastung wird durch das Anschließen eines einstellbaren Widerstands über der Wicklung hergestellt. Der Widerstand wird so schnell wie möglich eingestellt und wenn nötig nach 1 Minute nachgestellt, um die aufzubringende Überlast zu erhalten. Danach ist kein weiteres Nachstellen erlaubt.

Wenn ein Überstromschutz mit einer stromunterbrechenden Einrichtung vorgesehen ist, so gilt als Prüfstrom derjenige größte Strom, bei dem der Überstromschutz innerhalb einer Stunde gerade noch nicht anspricht.

Für die Prüfung wird die Überstromschutzeinrichtung durch eine Überbrückung mit vernachlässigbarer Impedanz ersetzt. Wenn der Stromwert nicht den technischen Daten entnommen werden kann, so ist er durch eine Prüfung zu ermitteln.

Bei Geräten, bei denen die Ausgangsspannung so ausgelegt ist, dass diese beim Erreichen eines bestimmten Überlaststroms zusammenbricht, wird die Überlast langsam bis kurz vor den Punkt, bei dem die Ausgangsspannung zusammenbricht, erhöht.

In allen anderen Fällen ist die Belastung die höchste Ausgangsleistung, die vom Transformator abgegeben werden kann.

Transformatoren mit Übertemperatur-Schutzeinrichtungen, die den Anforderungen nach 5.5.2 während der Kurzschlussprüfung nach C.2.4.2 entsprechen, brauchen keiner Überlastprüfung unterzogen zu werden.

### **C.2.5 Ausgänge**

Die Ausgänge der FMTS müssen nacheinander kurzgeschlossen werden.

### **C.2.6 FMTS für mehrere Versorgungsarten**

FMTS, die für mehrere Versorgungsarten ausgelegt sind, müssen gleichzeitig an diese Versorgungsarten angeschlossen werden, es sei denn, die Konstruktion verhindert dies.

### **C.2.7 Kühlung**

Die Kühlung der FMTS muss nacheinander jeweils mit folgenden Fehlerbedingungen eingeschränkt werden:

- a) Lüftungsöffnungen mit Filtern müssen verschlossen werden.
- b) Eine Zwangskühlung mit motorbetriebenen Lüftern muss angehalten werden.
- c) Eine Kühlung durch einen Kühlkreislauf mit Wasser oder einem anderen Kühlmittel muss angehalten werden.
- d) Der Verlust von Kühlflüssigkeit muss nachgebildet werden.

### **C.2.8 Heizeinrichtungen**

Bei einer FMTS mit Heizeinrichtungen müssen nacheinander folgende Fehler herbeigeführt werden:

- a) Zeitgeber zum Begrenzen der Heizzeit müssen überbrückt werden, um den Heizkreis dauernd anzuschalten.
- b) Temperatursteuerungen mit Ausnahme von Übertemperatur-Schutzeinrichtungen, die die Anforderungen nach 5.5.2 erfüllen, müssen überbrückt werden, sodass der Heizkreis dauernd angeschaltet ist.

### **C.2.9 Verriegelungen**

Jedes Teil eines Verriegelungssystems zum Schutz des Benutzers muss nacheinander kurzgeschlossen oder unterbrochen werden, falls das Verriegelungssystem den Zugang zu Gefährdungen verhindert, nachdem eine Abdeckung oder Ähnliches ohne Zuhilfenahme eines Werkzeugs entfernt wurde.

### **C.2.10 Spannungswahlschalter**

Spannungswahlschalter, die ein Benutzer auf unterschiedlich bemessene Versorgungsspannungen einstellen kann, müssen in jede mögliche Einstellung gebracht werden. Dabei muss die FMTS in jeder Einstellung mit jedem der Versorgungsstromkreise, für die die FMTS bemessen ist, verbunden werden.

## C.3 Dauer von Prüfungen

### C.3.1 Allgemeines

Das Gerät muss so lange betrieben werden, bis eine weitere Veränderung als Folge des herbeigeführten Fehlers unwahrscheinlich ist. Jede Prüfung ist in der Regel auf eine Stunde begrenzt, da sich gewöhnlich Folgefehler, die aus der Bedingung eines Einzelfehlers hervorgehen, während dieser Zeit bemerkbar machen. Bestehen jedoch Anzeichen, dass möglicherweise eine Gefährdung durch elektrischen Schlag, übermäßige Temperatur (Ausbreitung von Feuer) oder eine Verletzung von Personen auftreten kann, so muss sich die Prüfung über 4 h erstrecken, es sei denn, dass eine der Gefährdungen vorher auftritt.

### C.3.2 Temperatur begrenzende Vorrichtung

Wenn die Temperatur von Teilen, die leicht berührt werden können, von einer Vorrichtung begrenzt wird, die den Strom während des Betriebs unterbricht oder begrenzt, muss die erreichte höchste Temperatur dieser Teile gemessen werden, um sicher zu stellen das die Vorrichtung bestimmungsgemäß angesprochen hat.

### C.3.3 Sicherungen

Wenn ein Fehler durch das Schmelzen einer Sicherung beendet wird, diese jedoch nicht innerhalb etwa einer Sekunde anspricht, muss der Strom durch die Sicherung unter den Bedingungen dieses Fehlers gemessen werden. Die Ansprech-Charakteristik der Sicherung, also Auslösezeit in Abhängigkeit vom Strom, muss dahingehend untersucht werden, ob der kleinste Ansprechstrom der Sicherung erreicht wird und welches die längste Zeit ist, bis die Sicherung anspricht. Der Strom durch die Sicherung darf sich als Funktion der Zeit ändern.

Wenn der kleinste Ansprechstrom der Sicherung bei der Prüfung nicht erreicht wird, muss die Sicherung kurzgeschlossen und das Gerät entsprechend der längsten Ansprechzeit der Sicherung oder aber ununterbrochen für eine Zeit nach C.3.1 betrieben werden.

## C.4 Konformität nach dem Herbeiführen von Fehlerbedingungen

### C.4.1 Allgemeines

Die Konformität mit den Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag wird nach dem Herbeiführen der einzelnen Fehler folgendermaßen geprüft:

- a) durch den Nachweis, dass keine berührbaren leitfähigen Teile gefährlich aktiv geworden sind. Dazu sind während des Betriebes der FMTS unter Einfehlerbedingungen die Spannungen an berührbaren leitfähigen Teilen zu messen. Es gilt folgendes:

Spannungen über den nachfolgend unter 1) genannten Werten werden als gefährlich aktiv betrachtet, wenn gleichzeitig irgendeiner der Werte von 2) oder 3) überschritten wird.

- 1) Die Werte sind 55 V Effektivwert beziehungsweise 78 V Spitzenwert bei Wechselspannung und 140 V bei Gleichspannung. Für Geräte, die für nasse Umgebungen vorgesehen sind, sind die Werte 33 V Effektivwert beziehungsweise 46,7 V Spitzenwert bei Wechselspannung und 70 V bei Gleichspannung.

Für kurzzeitig vorhandene Spannungen gelten die in Bild 6 dargestellten Zusammenhänge von Spannung und Dauer, gemessen über einen Widerstand von 50 k $\Omega$ .

- 2) Die Werte für den Strom sind:

- i) 3,5 mA Effektivwert bei Sinusform, 5 mA Spitzenwert bei Nicht-Sinusform oder bei einem Frequenzgemisch, oder 15 mA bei Gleichstrom, wenn mit der Messanordnung nach Bild 8 gemessen wird. Wenn die Frequenz 100 Hz nicht überschreitet, kann die Messanordnung nach Bild 9 benutzt werden. Die Messanordnung nach Bild 11 ist bei Geräten anzuwenden, die für den Betrieb in nasser Umgebung vorgesehen sind.

- ii) 500 mA Effektivwert beim Messen mit der Messanordnung nach Bild 10. Dies bezieht sich auf mögliche Verbrennungen bei höheren Frequenzen.

- 3) Die kapazitiven Werte sind im Bild 7 anhand der Kurve B festgelegt.

- b) durch Ausführen der Spannungsprüfungen nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.9.2, um zu überprüfen, dass noch ein Schutzniveau (einer Basisisolierung) gegeben ist,



- c) durch Messen der Temperatur von Transformator- und Motorwicklungen, wenn der Schutz gegen elektrische Gefährdungen durch doppelte Isolierung oder verstärkte Isolierung innerhalb des Transformators erfolgt. Die in Tabelle 8 genannten Temperaturen dürfen nicht überschritten werden.

**Tabelle 8 – Maximale Temperaturen für Isolierstoffe von Wicklungen**

Isolierstoffklasse (siehe IEC 60085)	normale Bedingungen	Bedingungen eines Einzelfehlers
	°C	°C
Klasse A	105	150
Klasse B	130	175
Klasse E	120	165
Klasse F	155	190
Klasse H	180	210

#### C.4.2 Temperatur

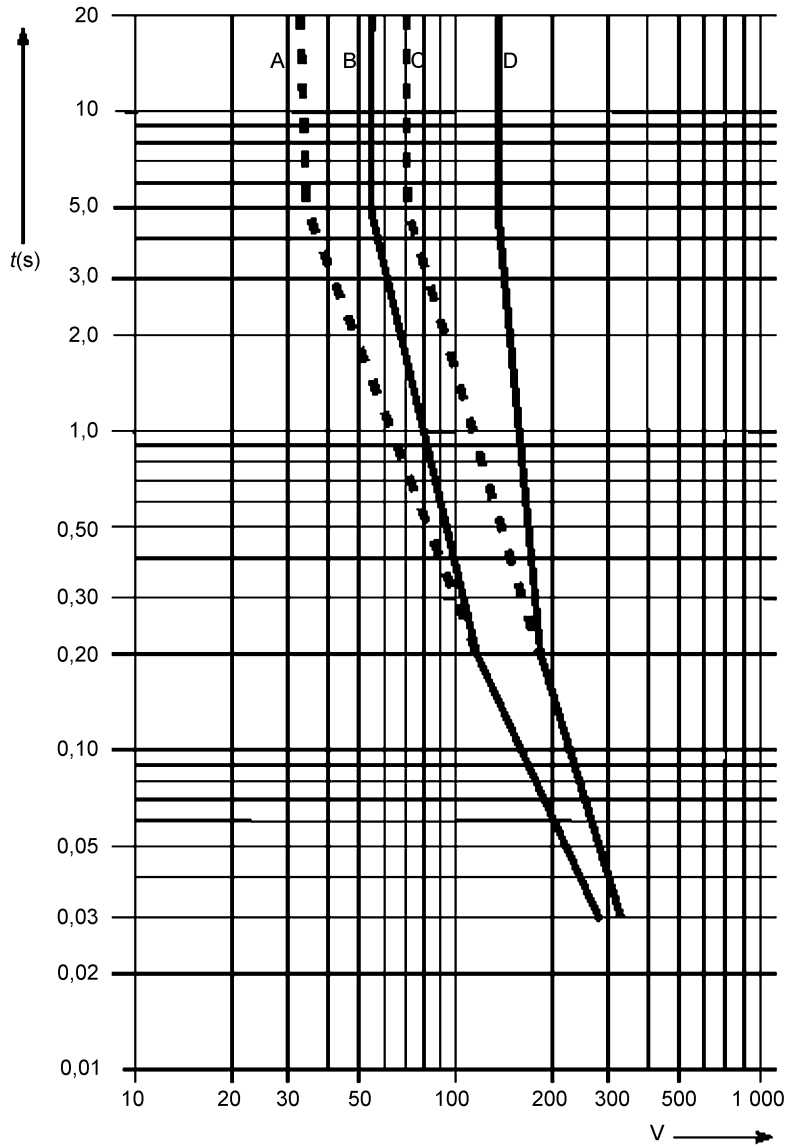
Die Konformität mit den Anforderungen an den Temperaturschutz wird durch die Bestimmung der Temperatur der äußeren Oberfläche der Gehäuse und leicht berührbarer Teile geprüft (siehe DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.10.2).

Die Temperaturen der äußeren Oberfläche und leicht berührbarer Teile darf den Wert von 105 °C maximal um die Differenztemperatur aus maximal zulässiger Umgebungstemperatur und 40 °C überschreiten.

#### C.4.3 Andere Gefährdungen

Die Konformität mit den anderen Anforderungen an den Schutz vor Gefährdungen wird geprüft nach DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, Abschnitt 10, mit Ausnahme von 10.12.

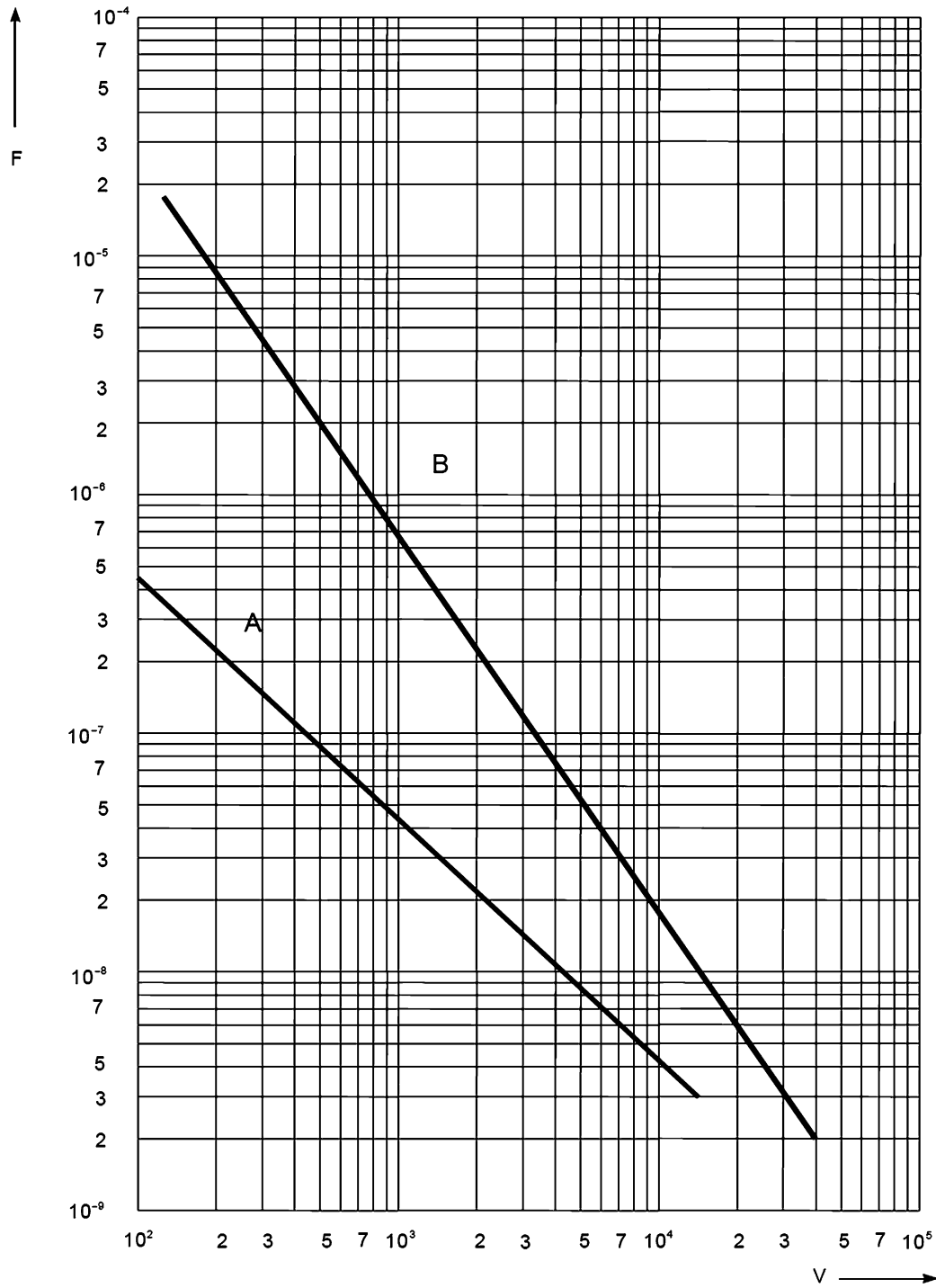
ANMERKUNG DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06, 10.12 beschreibt den Bauartnachweis hinsichtlich der EMV. Die EMV wird nach 5.5.5 dieser VDE SPEC geprüft.



**Legende**

- |  |   |
|--|---|
| A Wechselspannungswert in nasser Umgebung    | C Gleichspannungswert in nasser Umgebung    |
| B Wechselspannungswert in trockener Umgebung | D Gleichspannungswert in trockener Umgebung |

**Bild 6 – Höchste Dauer von kurzzeitigen berührbaren Spannungen bei den Bedingungen eines Einzelfehlers, siehe C.4.1 a) 1)**



**Legende**

- A bei normalen Bedingungen
- B bei den Bedingungen eines Einzelfehlers

**Bild 7 – Wert der Kapazität in Abhängigkeit von der Spannung bei normalen Bedingungen und bei den Bedingungen eines Einzelfehlers, siehe C.4.1, a) 3)**

## **Anhang D** (normativ)

### **Messanordnungen für Berührungsströme**

Es gilt DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2020-03, Anhang A

## Literaturhinweise

- [1] DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2016-10, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen (IEC 60364-4-44:2007/A1:2015, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364 4 443:2016*
- [2] BDEW-Whitepaper *Anforderungen an sichere Steuerungs- und Telekommunikationssysteme*, Version 2.0, 05/2018, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin
- [3] DIN EN 61032 (VDE 0470-2):1998-10, *Schutz von Personen und Ausrüstung durch Gehäuse; Prüfsonden zum Nachweis (IEC 61032:1997); Deutsche Fassung EN 61032:1998*
- DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und*
- DIN EN 60990 (VDE 0106-102):2017-03, *Verfahren zur Messung von Berührungsstrom und Schutzleiterstrom (IEC 60990:2016); Deutsche Fassung EN 60990:2016*
- DIN EN 61439 (VDE 0660-600) (alle Teile), *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen*
- DIN EN 61511 (VDE 0810) (alle Teile), *Funktionale Sicherheit – PLT-Sicherheitseinrichtungen für die Prozessindustrie*
- DIN EN 61850 (alle Teile), *Kommunikationsnetze und -systeme für die Automatisierung in der elektrischen Energieversorgung*
- DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*
- DIN EN ISO 13849-1:2016-06, *Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsgrundsätze (ISO 13849-1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 13849-1:2015*
- DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

VDE Verband der Elektrotechnik  
Elektronik Informationstechnik e. V.  
Stresemannallee 15  
60596 Frankfurt

Tel. +49 69 6308-0  
[service@vde.com](mailto:service@vde.com)  
[www.vde.com](http://www.vde.com)

**VDE**