

# **KTA 3704**

## **Notstromanlagen mit statischen oder rotierenden Umformern in Kernkraftwerken**

### **Fassung 2022-11**

Frühere Fassungen der Regel:     1984-06 (BAnz. Nr. 191a vom 9. Oktober 1984, Beilage 51/84)  
  1999-06 (BAnz. Nr. 243b vom 23. Dezember 1999)  
  2013-11 (BAnz AT 17.01.2014 B3)

### **Inhalt**

|   | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| Grundlagen .....  | 2            |
| 1    Anwendungsbereich .....  | 2            |
| 2    Begriffe .....   | 2            |
| 3    Übergeordnete Anforderungen .....                                      | 2            |
| 4    Auslegung .....  | 2            |
| 4.1  Schaltungskonzept .....  | 2            |
| 4.2  Leistungsbilanz und Grenzwerte.....                                    | 4            |
| 4.3  Eignung der Umformeranlage sowie der Schaltnetzteilkombinationen ..... | 5            |
| 4.4  Auslegung der Umformer.....  | 5            |
| 4.5  Leittechnische Einrichtungen.....                                      | 7            |
| 4.6  Anordnung und Aufstellung .....  | 7            |
| 5    Prüfungen .....  | 9            |
| 5.1  Einzureichende Unterlagen .....  | 9            |
| 5.2  Elektromagnetische-Verträglichkeits-Prüfungen (EMV) der Umformer.....  | 9            |
| 5.3  Typprüfungen.....  | 9            |
| 5.4  Stückprüfungen.....  | 9            |
| 5.5  Prüfungen während der Montage auf der Baustelle.....                   | 10           |
| 5.6  Abnahme- und Funktionsprüfungen auf der Baustelle.....                 | 10           |
| 5.7  Wiederkehrende Prüfungen.....  | 11           |
| 5.8  Prüfungen nach Wartung oder Instandsetzung .....                       | 11           |
| 5.9  Prüfer.....  | 12           |
| 5.10 Prüfnachweise .....  | 12           |
| 6    Betrieb, Wartung und Instandsetzung.....                               | 12           |
| Anhang A: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird .....        | 13           |

## Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz -AtG-), um die im AtG, im Strahlenschutzgesetz (StriSchG) und in der Strahlenschutzverordnung (StriSchV) festgelegten sowie in den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) und den „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ weiter konkretisierten Schutzziele zu erreichen.

(2) Basierend auf dem Kriterium 7.1 "Notstromversorgung" der Sicherheitskriterien werden in den Regeln KTA 3701 bis KTA 3705 Anforderungen an die Energieversorgung des Sicherheitssystems festgelegt.

(3) In dieser Regel wird vorausgesetzt, dass die konventionellen Vorschriften und Normen (z. B. Unfallverhütungsvorschriften, DIN-Normen und VDE-Bestimmungen) unter Beachtung kernkraftwerkspezifischer Sicherheitsanforderungen eingehalten werden.

(4) Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken sind in KTA 3701 enthalten. Diese betreffen auch elektronische Baugruppen von Umformern.

(5) Anforderungen an Notstromerzeugungsanlagen mit Diesellaggregaten in Kernkraftwerken sind in KTA 3702 enthalten.

(6) Anforderungen an Notstromerzeugungsanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken sind in KTA 3703 enthalten.

(7) Anforderungen an Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken sind in KTA 3705 enthalten.

(8) Im KTA-Regelwerk enden die Notstromanlagen an den Klemmen der Verbraucher. Deshalb sind die Anforderungen an die Verbraucher in den komponentenspezifischen Regeln KTA 3501 und KTA 3504 enthalten.

(9) Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung sind in KTA 1401 enthalten.

(10) Anforderungen an die Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen sind in KTA 2201.4 enthalten.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist auf Notstromanlagen mit rotierenden oder statischen Umformern mit Wechselstromausgang und auf Schaltnetzteilkombinationen mit Gleichstromausgang zur unterbrechungslosen Notstromversorgung in ortsfesten Kernkraftwerken anzuwenden. Der Anwendungsbereich ist in **Bild 1-1** beispielhaft dargestellt.

## 2 Begriffe

### (1) Schaltnetzteil

Ein Schaltnetzteil ist ein Umformertyp, der einen oder mehrere Transformatoren und eine oder mehrere elektronische Schaltungen enthält und elektrische Energie mittels schaltender Halbleiterbauelemente in unterschiedliche Spannungen wandelt. Die interne Betriebsfrequenz und deren Wellenform unterscheiden sich von der Versorgungsfrequenz und deren Wellenform, und die interne Betriebsfrequenz überschreitet 500 Hz, übersteigt aber nicht 100 MHz. Schaltnetzteile haben Gleichstrom-/Gleichspannungsausgänge.

### (2) Schaltnetzteilkombination

Eine Schaltnetzteilkombination besteht aus mehreren parallel geschalteten Schaltnetzteilen und den zugeordneten Schutz- und Überwachungseinrichtungen.

#### Hinweis:

Schaltnetzteilkombinationen können in Versorgungsschränken zusammengefasst werden.

### (3) Umformer

Umformer sind Geräte, die elektrische Energie in unterschiedliche Spannungen oder unterschiedliche Frequenzen umformen.

#### Hinweis:

Dazu zählen rotierende Umformer, Wechselrichter, Schaltnetzteile (DC – DC – Wandler, AC – DC – Wandler).

### (4) Umformeranlage

Umformeranlagen sind rotierende Umformer oder Wechselrichter mit zugehörigen Umschalteinrichtungen in ein- oder mehrsträngigem Aufbau.

## 3 Übergeordnete Anforderungen

(1) Die Auslegung der Umformer, der Schaltanlagen, der Verteilungsanlagen und der Verbraucher ist gegenseitig so abzustimmen, dass die statischen und dynamischen Grenzen der für die Verbraucher zulässigen Versorgungsspannungen eingehalten werden.

(2) Die Auswirkungen versagensauslösender Ereignisse innerhalb der Umformeranlagen oder einzelner Umformer auf die Kernkraftwerksanlage sind zu untersuchen.

(3) Der Ausfall eines Umformers darf keine unzulässigen Rückwirkungen auf parallel einspeisende Umformer haben.

## 4 Auslegung

### 4.1 Schaltungskonzept

#### 4.1.1 Schaltungskonzept für Umformeranlagen

(1) Bei der Festlegung der Schaltung müssen insbesondere die Redundanz der versorgten Systeme und die Auswirkungen des Ausfalls von Komponenten der Umformeranlagen auf die Zuverlässigkeit der versorgten Systeme berücksichtigt werden.

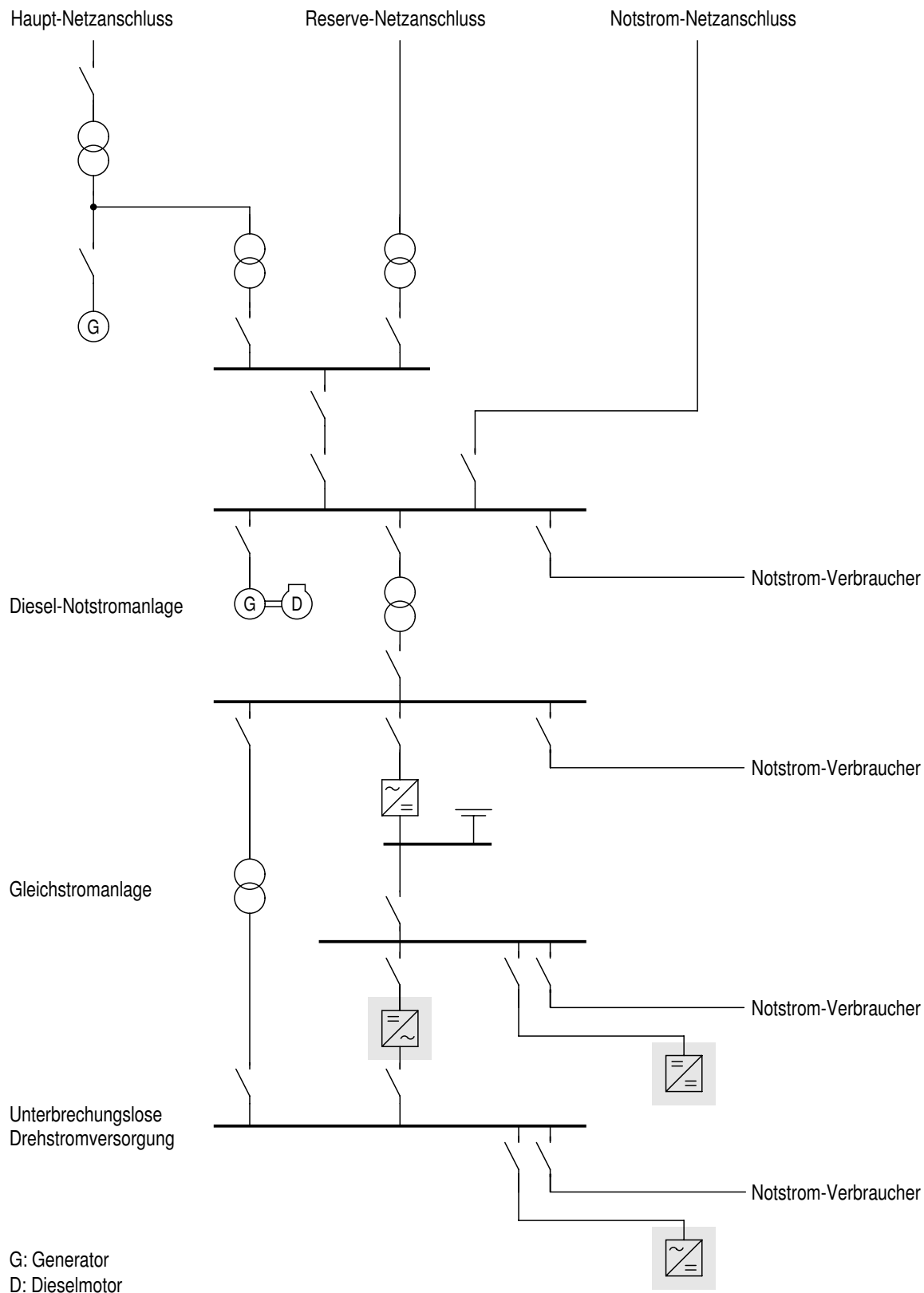
(2) Umformeranlagen, die strangzugehörige Verbraucher versorgen, sind einschließlich ihrer Hilfseinrichtungen in funktionell und räumlich getrennten Strängen aufzubauen.

(3) Für einen strangunabhängigen Reserveumformer gilt hinsichtlich der räumlichen Trennung Abschnitt 4.6 Absatz 2.

(4) Jeder Umformer muss innerhalb eines Stranges aus der zum gleichen Strang gehörenden Gleichstrom-Schaltanlage versorgt werden (**Bild 1-1**).

(5) Jeder Umformer muss in die zum gleichen Strang gehörende Umformer-Notstromschaltanlage einspeisen (**Bild 1-1**).

(6) Je Strang soll eine Verbindung vorgesehen werden zwischen der Umformer-Notstromschaltanlage und der Diesell-Notstromschaltanlage entweder des eigenen Stranges oder eines Nachbarstranges (**Bild 4-1** und **Bild 4-2**). Diese Verbindung soll nach Ausfall der Versorgung aus dem Umformer unter Einhaltung der Bedingungen nach Abschnitt 4.5.4 über eine Umschalteinrichtung zugeschaltet werden. Verbindungen zu Nachbarsträngen sind so auszuführen, dass keine zu unterstellende Versagensmöglichkeit mehr als einen Strang ausfallen lassen kann. Falls für Verbraucher die Frequenz-

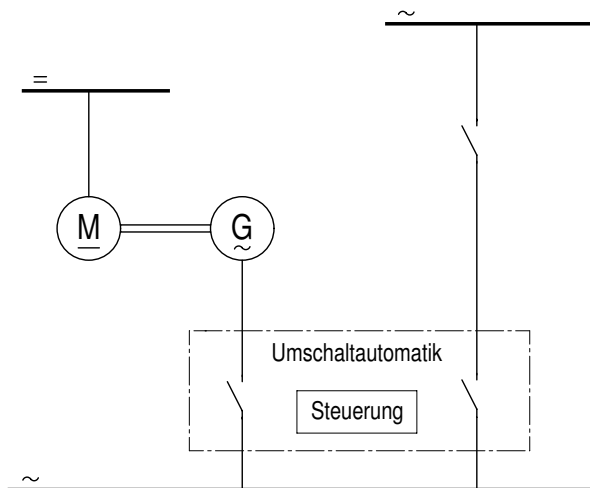


**Bild 1-1:** Beispiele für den Anwendungsbereich dieser Regel (grau hinterlegt)

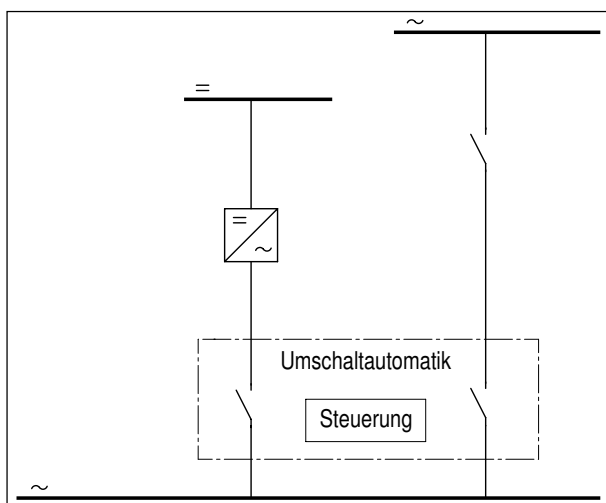
abweichungen der Diesel-Notstromschaltanlage nicht zulässig sind (z. B. für die Versorgung von Prozessrechenanlagen), darf eine Verbindung zur Eigenbedarfsanlage vorgesehen werden.

(7) Zur Erhaltung der Verfügbarkeit der Umformeranlage bei der Durchführung von Instandhaltungsarbeiten darf ein strangunabhängiger Reserveumformer installiert werden. Dieser Reserveumformer soll im Bedarfsfall zur Ablösung eines

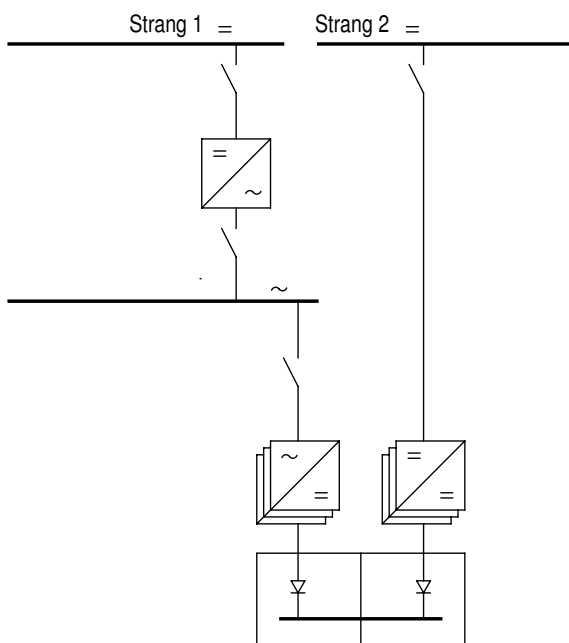
strangweisen Umformers so eingeschaltet werden, dass er sowohl auf der Eingangsseite als auch auf der Abgangsseite dem Strang des abzulösenden Umformers zugeordnet ist. Alle dazu erforderlichen Schalthandlungen sind von Hand auszuführen und so zu verriegeln, dass auf beiden Seiten nur derselbe Strang zugeschaltet werden kann. Andere Schaltungskonzepte sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen abzustimmen.



**Bild 4-1:** Beispiel des Schaltungskonzeptes für einen Strang der Umformeranlage mit rotierenden Umformern



**Bild 4-2:** Beispiel des Schaltungskonzeptes für einen Strang der Umformeranlage mit Wechselrichtern



**Bild 4-3:** Beispiel eines Konzeptes mit redundanten Schaltnetzteilkombinationen zur Versorgung von leitentechnischen Einrichtungen

#### 4.1.2 Schaltungskonzept für Schaltnetzteile

(1) Werden Schaltnetzteile zur Versorgung von sicherheitstechnisch wichtigen Verbrauchern verwendet, so sind die Schaltnetzteilkombinationen so auszuführen, dass sie die Gesamtzuverlässigkeit der Versorgung nicht bestimmen.

Hinweis:

Dies kann z. B. mit einem Schaltungskonzept redundanter Schaltnetzteilkombinationen mit jeweils einer Einspeisung aus zwei unterbrechungslos versorgten Notstromschaltanlagen verschiedener Stränge erreicht werden (**Bild 4-3**).

(2) Innerhalb einer Schaltnetzteilkombination ist der Ausfall eines Schaltnetzteiltes zu beherrschen.

(3) Bei Versorgung aus zwei parallelen Schaltnetzteilkombinationen müssen diese so dimensioniert sein, dass die Selektivität der ein- und ausgangsseitigen Überstromschutzeinrichtungen auch bei Versorgung über nur eine Schaltnetzteilkombination gewährleistet ist. Der Ausfall eines Schaltnetzteiltes innerhalb einer Kombination muss bei dieser Selektivitätsbetrachtung nicht zusätzlich unterstellt werden.

#### 4.2 Leistungsbilanz und Grenzwerte

##### 4.2.1 Allgemeines

Der Leistungsbedarf ist für jeden Strang und unter Berücksichtigung der für das Kernkraftwerk zu unterstellenden Betriebs- und Störfälle und des zeitlichen Ablaufes zu ermitteln. Dabei sind in Abhängigkeit von der Zeit alle Leistungen der Verbraucher zu erfassen, die bei den unterstellten Betriebs- und Störfällen auf einen Strang zugeschaltet sein können.

##### 4.2.2 Ermittlung der Leistungen

(1) Zur Bestimmung der Wirkleistung am Ausgang eines Umformers ist die Bilanz der Wirkleistungen der zu versorgenden Verbraucher für jeden in Betracht zu ziehenden Belastungsfall zu erstellen. Hierbei sind alle Verbraucher, die aus dem Umformer versorgt werden können, einschließlich der elektrischen Übertragungsverluste zu erfassen.

(2) Bei intermittierend betriebenen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen ist die elektrische Nennleistung multipliziert mit einem festzulegenden Gleichzeitigkeitsfaktor einzusetzen. Soweit eine Ansteuerung zum gleichen Zeitpunkt erfolgen kann, bedingt dies den Gleichzeitigkeitsfaktor 1.

(3) Zur Bestimmung der Scheinleistung eines Wechselrichters oder des Generators eines rotierenden Umformers ist die Bilanz der Scheinleistungen für jeden Strang einer Umformeranlage für jeden in Betracht zu ziehenden Belastungsfall zu erstellen.

(4) Dynamische Laständerungen sind bei der Auslegung des Umformers so einzubeziehen, dass die dynamischen Grenzwerte nach Abschnitt 4.2.4 Absatz 2 eingehalten werden.

(5) Beim Einsatz von dreiphasigen Umformern sind die Leistungen einphasiger Verbraucher möglichst gleichmäßig auf die drei Phasen zu verteilen.

##### 4.2.3 Sicherheitszuschlag auf die Leistungsbilanz

Auf den ermittelten Leistungsbedarf muss ein Sicherheitszuschlag aufgeschlagen werden. Der Sicherheitszuschlag muss zum Zeitpunkt der Festlegung der Wirkleistung des Umformers mindestens 10 % betragen. Diese Reserve darf während des Betriebes nicht vollständig aufgebraucht werden.

##### 4.2.4 Grenzwerte

(1) Die Auslegung der Umformer, der zugehörigen Schutz-, Überwachungs-, Umschaltanlagen und des Kabelnetzes

sind gegenseitig so abzustimmen, dass die für die Verbraucher zulässigen Grenzwerte bei den ungünstigsten Umgebungsbedingungen und den größten betriebs- und störfallbedingten Belastungen nicht überschritten werden.

#### Hinweis:

Unter betriebsbedingten Belastungen werden hier unter anderem auch der Lastabwurf auf Eigenbedarf oder netzseitige Spannungstransienten verstanden.

(2) Für das Spannungs- und Frequenzverhalten des Umformers sind die Grenzwerte nach **Tabelle 4-1** einzuhalten.

(3) Für Verbraucher, wie z. B. Rechneranlagen, die engere Toleranzen erfordern, als sie für den Umformer spezifiziert sind, sind eigene Versorgungsmöglichkeiten vorzusehen.

### 4.3 Eignung der Umformieranlage sowie der Schaltnetzteilkombinationen

(1) Die Eignung der Umformieranlage sowie der Schaltnetzteilkombinationen für den Einsatz in Kernkraftwerken ist durch Typprüfung und Betriebsbewährung nachzuweisen.

(2) Die Eignung eines Umformers darf angenommen werden, wenn

a) eine Typprüfung an diesem Typ des Umformers nach Abschnitt 5.3 erfolgreich durchgeführt worden ist

und

b) die Betriebsbewährung durch 10 Umformer dieser Baureihe mit jeweils mindestens 3 Betriebsjahren nachgewiesen wird.

#### Hinweis:

Umformer gehören zu einer Baureihe, wenn sie bei abgestufter Nennleistung nach dem gleichen Konstruktionsprinzip aufgebaut sind und hinsichtlich Schaltung, Regelung und Überwachung übereinstimmen.

(3) Bei Hinweis auf Überbeanspruchung von Bauteilen, falsche Werkstoffwahl oder systematische Fehler muss der Nachweis der Behebung der Fehlerursache erbracht werden.

(4) Falls der im Kernkraftwerk einzusetzende Umformer gegenüber der zum Nachweis der Betriebsbewährung herangezogenen Baureihe einzelne abweichende Bauteile hat, ist in begründeten Fällen ein getrennter Nachweis für diese Bauteile zulässig.

(5) Werden für den Einsatz im Kernkraftwerk zusätzliche sicherheitstechnische Eigenschaften erforderlich, die durch die Betriebsbewährung und die Typprüfung nach Abschnitt 5.3 nicht erfasst werden, sind zusätzliche Eignungsnachweise zu führen.

(6) Art und Umfang der Eignungsnachweise nach den Absätzen 4 und 5 sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen zu vereinbaren. Hierbei dürfen Betriebszeiten der Umformer vor der ersten Kritikalität des Kernkraftwerkes berücksichtigt werden.

### 4.4 Auslegung der Umformer

#### 4.4.1 Belastung des Umformers

Aufgrund der nach Abschnitt 4.2.2 für jeden Strang ermittelten Leistungsbilanzen zuzüglich des Sicherheitszuschlags nach Abschnitt 4.2.3 ist die Belastung des Umformers zu spezifizieren und der Auslegung zugrunde zu legen.

#### 4.4.2 Auslegung des rotierenden Umformers

(1) Der Antriebsmotor des rotierenden Umformers ist wie folgt auszulegen:

a) Bei der Festlegung der Nennleistung des Antriebsmotors ist die geforderte maximale Wirkleistung nach den Abschnitten 4.2.2 und 4.2.3 zuzüglich der Generatorverluste zugrunde zu legen. Die erforderliche Motorleistung muss auch bei dem unteren statischen Grenzwert der Eingangsgleichspannung erbracht werden können.

b) Der Antriebsmotor und seine Drehzahlregelung müssen so ausgelegt werden, dass die Stoßbelastung beim Zuschalten der größten Verbrauchergruppe bezüglich Größe und Dauer innerhalb der zulässigen Überlastbarkeit des Antriebsmotors liegt und die zulässigen Grenzwerte der Frequenz nach **Tabelle 4-1** Nr. 2.2.2 nicht überschritten werden. Hierbei ist der Einfluss des Trägheitsmomentes des Gesamttaggregates zu berücksichtigen.

(2) Der Generator des rotierenden Umformers ist wie folgt auszulegen:

a) Die Nennscheinleistung des Generators, seine Reaktanz und seine Spannungsregelung sind so festzulegen, dass auch bei dynamischen Laständerungen die Ausgangsspannung innerhalb der zulässigen dynamischen Grenzwerte nach **Tabelle 4-1** Nr. 2.1 bleibt.

b) Größe und Dauer des Kurzschlussstromes sind in Abstimmung mit den Schutzeinrichtungen der Verbraucher so festzulegen, dass eine selektive Auslösung dieser Schutzeinrichtungen ermöglicht wird.

c) Dreiphasen-Wechselstromgeneratoren sollen thermisch für folgende ungleichmäßige Belastungen der Phasen ausgelegt werden:

ca) Eine Phase unbelastet und zwei Phasen 100 % Nennstrom,

cb) Zwei Phasen unbelastet und eine Phase 100 % Nennstrom.

#### 4.4.3 Auslegung des Wechselrichters

(1) Der Wechselrichter und seine Regelungseinrichtung sind so auszulegen, dass die Grenzwerte nach **Tabelle 4-1** eingehalten werden.

(2) Größe und Dauer des Kurzschlussstromes sind in Abstimmung mit den Schutzeinrichtungen der Verbraucher so festzulegen, dass eine selektive Auslösung dieser Schutzeinrichtungen auch ohne Unterstützung aus anderen Wechselspannungsquellen ermöglicht wird.

(3) Dreiphasen-Wechselrichter sollen thermisch für folgende ungleichmäßige Belastungen der Phasen ausgelegt werden:

a) Eine Phase unbelastet und zwei Phasen 100 % Nennstrom,

b) Zwei Phasen unbelastet und eine Phase 100 % Nennstrom.

#### 4.4.4 Auslegung der Schaltnetzteilkombination

(1) Schaltnetzteilkombinationen sind so auszulegen, dass die Grenzwerte nach **Tabelle 4-1** eingehalten werden.

(2) Größe und Dauer des Kurzschlussstromes sind in Abstimmung mit den Schutzeinrichtungen der Verbraucher so festzulegen, dass eine selektive Auslösung dieser Schutzeinrichtungen ermöglicht wird.

(3) Schaltnetzteilkombinationen müssen eine galvanische Trennung zwischen Ein- und Ausgang sicherstellen.

(4) Der Einschaltstrom von Schaltnetzteilkombinationen muss begrenzt werden. Hierbei muss verhindert werden, dass vorgelagerte Schutzeinrichtungen fehlerhaft auslösen. Es sind Einschalt- und Umschaltvorgänge zu berücksichtigen.

| Lfd. Nr.   | Kenngröße   | Grenzwert     |               | siehe Buchstabe |
|--|---|---------------|---------------|-----------------|
|  |   | unterer       | oberer        |                 |
| <b>1</b>   | <b>Eingangsseite</b>  |               |               | a               |
| 1.1  | Eingangsgleichspannung, bezogen auf den Nennwert $U_{dN}$   | $0,85 U_{dN}$ | $1,15 U_{dN}$ |                 |
| 1.2  | Überlagerter Wechselstrom $I_{\bar{U}}$ (eff.) bezogen auf den Eingangsstrom $I_E$ bei Belastung, Nenn-Ausgangsspannung $U_{AN}$ und Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,8$ | –             | $0,10 I_E$    | b, d, e         |
| 1.3  | Eingangswchelsspannung, bezogen auf den Nennwert $U_{EN}$   | $0,80 U_{EN}$ | $1,2 U_{EN}$  | k               |
| <b>2</b>   | <b>Ausgangsseite</b>  |               |               | c               |
| 2.1  | Ausgangsspannung bezogen auf den Nennwert $U_{AN}$  |               |               |                 |
| 2.1.1  | Spannungseinstellbereich  | $0,95 U_{AN}$ | $1,05 U_{AN}$ | g, h            |
| 2.1.2  | Statische Spannungsabweichung innerhalb des Spannungseinstellbereichs   | $0,98 U_{AN}$ | $1,02 U_{AN}$ | e, g, h         |
| 2.1.3  | Dynamische Spannungsänderung  |               |               | f               |
|  | a) beim Zuschalten der größten Verbrauchergruppe  | $0,85 U_{AN}$ | –             |                 |
|  | b) beim Abwurf der Belastung  | –             | $1,2 U_{AN}$  | d               |
| 2.1.4  | Gesamtausregelzeit der Spannung   | –             | 500 ms        |                 |
| 2.1.5  | Oberschwingungsgehalt der verketteten Spannung und der Phasenspannung   | –             | $0,05 U_{AN}$ | b, e, g, h, i   |
| 2.1.6  | Maximaler Effektivwert der Spannung einzelner Oberschwingungen  |               | $0,03 U_{AN}$ | b, e, g, h, i   |
| 2.1.7  | Maximale Schwingungsbreite überlagerter Wechselspannungen bei Schaltnetzteilen  | –             | $0,05 U_{AN}$ |                 |
| 2.2  | Ausgangsfrequenz bezogen auf die Nennfrequenz $f_N$   |               |               | j               |
| 2.2.1  | Statische Frequenzabweichung  | $0,99 f_N$    | $1,01 f_N$    | g, h, l         |
| 2.2.2  | Dynamische Frequenzänderung   |               |               |                 |
|  | a) beim Zuschalten der größten Verbrauchergruppe  | $0,95 f_N$    | –             |                 |
|  | b) beim Abwurf der Belastung  | –             | $1,05 f_N$    | d               |
| <p>a Grenzwert bezogen auf die Anschlussklemmen am Antriebsmotor eines rotierenden Umformers, an der Eingangsseite eines Wechselrichters oder an der Eingangsseite eines Schaltnetzteils</p> <p>b gilt nur für Wechselrichter</p> <p>c Grenzwerte bezogen auf die Anschlussklemmen am Generator eines rotierenden Umformers, an der Ausgangsseite eines Wechselrichters oder an der Ausgangsseite eines Schaltnetzteils</p> <p>d Belastung des Umformers nach Abschnitt 4.4.1</p> <p>e Die Grenzwerte gelten bei Dreiphasen-Wechselstrom bis zu einer ungleichmäßigen Belastung von 100 % Strom in zwei Phasen und 80 % Strom in einer Phase, bezogen auf die Belastung des Umformers nach Abschnitt 4.4.1.</p> <p>f Die dynamischen Spannungsänderungen sind unter Einbeziehung der statischen Grenzwerte der Ausgangsspannung Nr. 2.1.2 zu betrachten.</p> <p>g Grenzwerte gültig innerhalb des Toleranzbandes der Eingangsgleichspannung Nr. 1.1</p> <p>h im statischen Betriebsbereich zwischen Leerlauf und Belastung des Umformers nach Abschnitt 4.4.1</p> <p>i unter der Voraussetzung linearer Belastung<br/> Hinweis:<br/> Nichtlineare Belastungen sind z. B. hochgesättigte Transformatoren und Gleichrichter mit Siebkondensatoren.</p> <p>j gilt nicht für Schaltnetzteile</p> <p>k gilt nur für Schaltnetzteile mit Wechselspannungseingang</p> <p>l gilt nicht für die Netzfürung bei Inselbetrieb der Notstromerzeugungsanlage mit Dieselaggregaten (s.a. 4.5.4 Absatz 2)</p> |   |               |               |                 |

Tabelle 4-1: Grenzwerte für die Auslegung der Umformer

## 4.5 Leittechnische Einrichtungen

### 4.5.1 Allgemeines

Die leittechnischen Einrichtungen für Betrieb, Überwachung und Schutz der Umformeranlagen und Schaltnetzteilkombinationen müssen dem Strangaufbau und der Strangzuordnung entsprechen.

### 4.5.2 Überwachung

(1) Es sind Überwachungseinrichtungen vorzusehen, um durch Anzeigen und Gefahrenmeldungen die Funktionsbereitschaft, den Betriebszustand und die Überschreitung von Grenzwerten erkennen zu können.

(2) Die Anordnung der Überwachungseinrichtungen muss den Erfordernissen von Betrieb, Wartung und Instandsetzung entsprechen und soll aufgeteilt werden in

- a) Anzeigen und Einzelmeldungen vor Ort, z. B. am Umformer oder Umformerleitstand,
- b) Anzeigen und Sammelmeldungen in der Warte.

(3) Die Anordnung der Anzeigen und Gefahrenmeldungen muss eine Feststellung des Betriebszustandes der Umformeranlage und Schaltnetzteilkombinationen ermöglichen. Hierbei ist es zulässig, die Einzelmeldungen an den internen Baugruppen und die Sammelmeldung vor Ort, z. B. am Umformer oder am Umformerleitstand, vorzusehen. Zur Warte sollen strangweise Sammelmeldungen gegeben werden.

(4) Die Sammelmeldungen in der Warte sind als Gefahrenmeldungen der Klasse I, die Einzelmeldungen unter der Voraussetzung der lokalisierbaren Herkunft der Klasse II zuzuordnen. **Tabelle 4-2** zeigt in den Spalten 3 und 4 die erforderlichen Überwachungen für einen Umformer.

### 4.5.3 Schutz

(1) Es sind Schutzeinrichtungen vorzusehen, die Fehler im Bereich der Umformeranlage erfassen und die die gemäß **Tabelle 4-2** erforderlichen Abschaltungen bewirken. Zusätzliche Schutzabschaltungen sind hinsichtlich der Erfordernis und Zuverlässigkeit zu bewerten.

(2) Die Schutzgrenzwerte sind so zu wählen, dass sie nur zur Abschaltung führen, wenn die Folgeschäden bei Nichtabschaltung die Sicherheit der Kraftwerksanlage mehr beeinträchtigen als die Nichtverfügbarkeit des Umformers.

#### Hinweis:

Ziel kann hierbei z. B. auch die Wiederverwendbarkeit einer Komponente sein, wenn der Ausfall eine längerfristige Nichtverfügbarkeit im Rahmen der Störfallbeherrschung zur Folge hätte.

(3) Die Überstromschutzeinrichtungen sind so auszulegen, dass die Selektivität innerhalb eines Stranges sichergestellt wird (siehe hierzu Abschnitt 4.4.2 Absatz 2 Aufzählung b, Abschnitt 4.4.3 Absatz 2 und Abschnitt 4.4.4 Absatz 2).

(4) Bei Kurzschlüssen im Bereich des Wechselrichters bis einschließlich Sammelschiene der Umformer-Notstromschaltanlage muss der Wechselrichter durch Schutzeinrichtungen abgeschaltet werden, falls die Strombegrenzung des Wechselrichters das Ansprechen der Wechselrichtersicherungen verhindern kann.

#### Hinweis:

Eine solche Schutzeinrichtung erfasst z. B. Unterspannung am Wechselrichteranschluss.

**Tabelle 4-2** zeigt in Spalte 5 die erforderlichen Schutzeinrichtungen für einen Umformer.

### 4.5.4 Umschalteneinrichtungen

(1) Zur Umschaltung der Verbindungen nach Abschnitt 4.1.1 Absatz 6 sind unter Berücksichtigung der Anforderungen der Verbraucher automatische Schnellumschalteneinrichtungen oder automatische Umschalteneinrichtungen mit spannungsloser Pause oder Handumschalteneinrichtungen vorzusehen.

(2) Für eine automatische Schnellumschalteneinrichtung ist eine Führung der Ausgangsspannung des Umformers in Frequenz und Phase durch die Spannung derjenigen Schaltanlage erforderlich, auf die umgeschaltet werden soll. Falls für Verbraucher die Frequenzabweichungen der Diesel-Notstromschaltanlage nicht zulässig sind (z. B. für die Versorgung von Prozessrechenanlagen), soll die Netzfürung der Umformerregelung während des Dieselbetriebs abgeschaltet sein.

(3) Zusätzlich zu den automatischen Umschaltungen ist eine Rückschaltmöglichkeit auf den Umformer vorzusehen.

(4) Bei Schaltungskonzepten mit Reserveumformer sollen die Umschaltmöglichkeiten nach den Absätzen 1 bis 3 auch dann bestehen, wenn anstelle eines strangweisen Umformers der Reserveumformer betrieben wird. Zusätzlich sollen folgende Umschaltmöglichkeiten der Versorgung der Umformer-Notstromschaltanlage vorgesehen werden:

- a) vom Umformer jedes Stranges auf den Reserveumformer,
- b) vom Reserveumformer auf den Umformer jedes Stranges.

(5) Die Umschaltungen nach den Absätzen 3 und 4 sollen von Hand eingeleitet und mit einem Parallelschaltgerät vollzogen werden. Ein Synchronisiersatz zur Parallelschaltung von Hand soll vorgesehen werden.

### 4.5.5 Prüfbarkeit

Die leittechnischen Einrichtungen der Umformer sollen so ausgeführt werden, dass die wiederkehrenden Prüfungen nach Abschnitt 5.7 durchführbar sind und dabei kein Eingriff in die Verdrahtung erforderlich ist.

## 4.6 Anordnung und Aufstellung

(1) Die Anordnung der Umformerräume und die Aufstellung der Umformer müssen der redundanten Strangzuordnung entsprechen. Die für den jeweiligen Umformer in Betracht zu ziehenden Störfälle und äußeren Einwirkungen sind hierbei zu Grunde zu legen.

(2) Falls ein Reserveumformer nach Abschnitt 4.1.1 Absatz 7 vorgesehen wird, darf dieser räumlich einem Strang der Umformeranlage zugeordnet werden.

(3) Am Umformer-Leitstand soll der Schalldruckpegel von 80 dB(A) nicht überschritten werden.

(4) Auf gute Zugänglichkeit für Wartung, Sichtprüfung und Instandsetzung sowie auf gute Transportmöglichkeit der Umformer ist zu achten.

| 1  | 2   | 3   | 4                                   | 5  |
|--|---|---|-------------------------------------|--|
| Nr.  | Messgröße/Kriterium   | Überwachung                                   |                                     | Schutzabschaltung                          |
|  |   | vor Ort                                       | in der Warte                        |  |
| <b>1</b>   | <b>Rotierender Umformer</b>                                     |   |                                     |  |
| 1.1  | Spannung Gleichstromseite                                       | A, $\underline{M}^{1)}$                       | SM                                  | $\underline{S}^{2)}$                       |
| 1.2  | Strom Gleichstromseite  | A   |                                     |  |
| 1.3  | Spannung Wechselstromseite                                      | A, $\overline{M}^{1)}$ , $\underline{M}^{1)}$ | SM                                  | $\overline{S}$                             |
| 1.4  | Strom Wechselstromseite   | A   |                                     |  |
| 1.5  | Überstromschutz Motor   | M   | SM                                  | $\overline{S}$                             |
| 1.6  | Überstromschutz Generator                                       | M   | SM                                  | $\overline{S}$                             |
| 1.7  | Drehzahl oder Frequenz  | A, $\overline{M}^{1)}$ , $\underline{M}^{1)}$ | SM                                  | $\overline{S}$ , $\underline{S}$           |
| 1.8  | Schalterstellung der bei Umschaltungen beteiligten Schaltgeräte | A   | A                                   |  |
| 1.9  | Hilfsspannung Regelung  | M   | SM                                  |  |
| <b>2</b>   | <b>Wechselrichter</b>   |   |                                     |  |
| 2.1  | Spannung Gleichstromseite                                       | A, $\underline{M}^{1)}$                       | SM                                  | $\underline{S}^{2)}$                       |
| 2.2  | Strom Gleichstromseite  | A   |                                     |  |
| 2.3  | Spannung Wechselstromseite                                      | A, $\overline{M}^{1)}$ , $\underline{M}^{1)}$ | SM                                  | $\overline{S}$                             |
| 2.4  | Strom Wechselstromseite   | A   |                                     |  |
| 2.5  | Kurzschlusschutz (spannungsabhängig)                            | M   | SM                                  | S  |
| 2.6  | Frequenz  | A   |                                     |  |
| 2.7  | Schalterstellung der bei Umschaltungen beteiligten Schaltgeräte | A   | A                                   |  |
| 2.8  | Hilfsspannung Regelung  | M   | SM                                  |  |
| <b>3</b>   | <b>Schaltnetzteilkombination</b>                                |   |                                     |  |
| 3.1  | Spannung Ausgangsseite  | A, $\overline{M}^{1)}$ , $\underline{M}^{1)}$ | SM                                  | $\overline{S}$ , $\underline{S}^{2)}$      |
| 3.2  | Strom Ausgangsseite   | A   |                                     |  |
| 3.3  | Schaltnetzteil-Ausfall <sup>4)</sup>                            | M   | SM                                  | -  |
| 3.4  | Eingangsspannung  | $\overline{M}^{1)}$ , $\underline{M}^{1)}$    | SM                                  | $\overline{S}^{3)}$ , $\underline{S}^{3)}$ |
| 3.5  | Kurzschlusschutz (spannungsabhängig)                            | M   | SM                                  | S  |
| A  | Anzeige   | $\overline{M}$                                | Meldung oberer Grenzwert            |  |
| M  | Meldung   | $\underline{M}$                               | Meldung unterer Grenzwert           |  |
| SM   | Sammelmeldung   | $\overline{S}$                                | Schutzabschaltung oberer Grenzwert  |  |
| S  | Schutzabschaltung   | $\underline{S}$                               | Schutzabschaltung unterer Grenzwert |  |
| <sup>1)</sup> bei Überschreitung der statischen Grenzwerte nach <b>Tabelle 4.1</b><br><sup>2)</sup> erforderlichenfalls mit Zeitverzögerung zur Verhinderung einer ungewollten Abschaltung bei dynamischen Spannungsänderungen infolge Zuschaltung leistungsstarker GS-Verbraucher (z.B. Gebäudeabschlussarmaturen)<br><sup>3)</sup> automatischer Wiederanlauf nach Rückkehr in den zulässigen Spannungsbereich<br><sup>4)</sup> bei Parallelschaltung von Schaltnetzteilen |   |   |                                     |  |

**Tabelle 4-2:** Anzeigen, Gefahrenmeldungen und Schutzabschaltungen für einen Umformer



## 5 Prüfungen

### 5.1 Einzureichende Unterlagen

(1) Es ist durch Unterlagen nachzuweisen, dass die Umformeranlagen und Schaltnetzteilkombinationen nach den sicherheitstechnischen Anforderungen ausgelegt, gefertigt, montiert und geprüft werden.

(2) Prüfanweisungen sind mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen abzustimmen soweit in dieser Regel keine detaillierten Prüfanforderungen festgelegt sind.

### 5.2 Elektromagnetische-Verträglichkeits-Prüfungen (EMV) der Umformer

(1) Die elektromagnetische Störfestigkeit (leitungs-, feldgebunden und kontaktbehaftet) der Umformer gegen die am Einsatzort zu erwartenden Störgrößen, welche im bestimmungsgemäßen Betrieb und Störfall auftreten können, muss nachgewiesen werden.

(2) Es ist nachzuweisen, dass die elektromagnetischen Störaussendungen (feld- und leitungsgebunden) der Umformer andere Geräte und Komponenten am Einsatzort nicht unzulässig beeinflussen.

#### Hinweis:

Die Prüfschärfegrade und Grenzwerte können z. B. in Anlehnung an die EMV-Fachgrundnormen DIN EN IEC 61000-6-2 und DIN EN IEC 61000-6-4 festgelegt werden.

### 5.3 Typprüfungen

#### 5.3.1 Rotierender Umformer

(1) Die in **Tabelle 5-1** Spalte 3 angegebenen Prüfungen sind durchzuführen. Sie sind an einer Ausfertigung des jeweiligen Komponententyps durchzuführen.

(2) Bei Einsatz von Stromrichtermotoren sind für jeden eingesetzten Stromrichtertyp zusätzlich Typprüfungen zum Nachweis der Funktionsfähigkeit durchzuführen.

(3) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Umformer den zu erwartenden induzierten Erschütterungen im Rahmen der spezifizierten Anforderungen widerstehen. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens vergleichbaren Umformern und Umformer-Steuerschranken dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

(4) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

#### 5.3.2 Wechselrichter

(1) Die in **Tabelle 5-2** Spalte 3 angegebenen Prüfungen sind durchzuführen. Sie sind an einer Ausfertigung des jeweiligen Komponententyps durchzuführen.

(2) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Wechselrichter den zu erwartenden induzierten Erschütterungen im Rahmen der spezifizierten Anforderungen widerstehen. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihres

Schwingungsverhaltens vergleichbaren Wechselrichtern dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

(3) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

#### 5.3.3 Schaltnetzteilkombinationen

(1) Die in **Tabelle 5-3** Spalte 3 angegebenen Prüfungen sind an einer Ausfertigung des jeweiligen Typs der Schaltnetzteilkombination durchzuführen.

(2) Sofern es der Einsatzfall erfordert, ist nachzuweisen, dass die Schaltnetzteilkombinationen den zu erwartenden induzierten Erschütterungen im Rahmen der spezifizierten Anforderungen widerstehen. Schwingungsprüfungen an hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens vergleichbarer Schaltnetzteilkombinationen dürfen für den Nachweis herangezogen werden.

(3) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

### 5.4 Stückprüfungen

#### 5.4.1 Rotierender Umformer

(1) Es ist nachzuweisen, dass für jeden eingesetzten Umformer die Stückprüfungen nach **Tabelle 5-1** Spalte 4 durchgeführt wurden.

(2) Bei Einsatz von Stromrichtermotoren sind zusätzliche Stückprüfungen zum Nachweis der Funktionsfähigkeit durchzuführen.

(3) Die Stückprüfungen am Gesamttaggregat nach **Tabelle 5-1** Nr. 4.1 bis Nr. 4.6 dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach Abschnitt 5.6.1 Aufzählung f ersetzt werden.

(4) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

#### 5.4.2 Wechselrichter

(1) Es ist nachzuweisen, dass für jeden eingesetzten Wechselrichter die Stückprüfungen nach **Tabelle 5-2** Spalte 4 durchgeführt wurden.

(2) Die Stückprüfungen am Wechselrichter nach **Tabelle 5-2** Nr. 13 bis Nr. 17 sowie Nr. 19 und Nr. 20 dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach Abschnitt 5.6.2 Aufzählung d ersetzt werden.

(3) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

#### 5.4.3 Schaltnetzteilkombination

(1) Es ist nachzuweisen, dass für jede Schaltnetzteilkombination die Stückprüfungen nach **Tabelle 5-3** Spalte 4 durchgeführt wurden.

(2) Die Stückprüfungen an Schaltnetzteilkombinationen nach **Tabelle 5-3** Nr. 7 und Nr. 11 dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach 5.6.3 d) ersetzt werden.

(3) Diese Prüfungen sind durch die Prüfdokumentation zu belegen.

| 1        | 2  | 3                | 4               |
|----------|--|------------------|-----------------|
| Nr.      | Art der Prüfung  | Durchführung bei |                 |
|          |  | Typprüfung       | Stückprüfung    |
| <b>1</b> | <b>Antriebsmotor</b> <sup>1) 4)</sup>  |                  |                 |
| 1.1      | Schleuderprobe   | X                | X               |
| 1.2      | Prüfung des thermischen Verhaltens   | X                | –               |
| 1.3      | Messung der Verluste und des Wirkungsgrades  | X                | X               |
| 1.4      | Wicklungsprüfung der Ständer- und Läuferwicklung   | X                | X               |
| <b>2</b> | <b>Generator</b> <sup>1) 4)</sup>  |                  |                 |
| 2.1      | Schleuderprobe   | X                | X               |
| 2.2      | Prüfung des thermischen Verhaltens   | X                | –               |
| 2.3      | Ermittlung der Kenngrößen mittels Leerlauf-, Dauerkurzschluss-, Gegenerregungs- und Stoßkurzschlussversuch | X                | –               |
| 2.4      | Wicklungsprüfung der Ständer- und Läuferwicklung   | X                | X               |
| <b>3</b> | <b>Schwungrad</b> <sup>4)</sup>  |                  |                 |
| 3.1      | Schleuderprobe   | X                | X               |
| <b>4</b> | <b>Gesamtaggregat</b> <sup>5)</sup>  |                  |                 |
| 4.1      | Spannungseinstellbereich <sup>3)</sup>   | X                | X <sup>2)</sup> |
| 4.2      | Statische Abweichung der Ausgangsspannung <sup>3)</sup>  | X                | X <sup>2)</sup> |
| 4.3      | Dynamische Änderung der Ausgangsspannung   | –                | X <sup>2)</sup> |
| 4.4      | Gesamtausregelzeit der Ausgangsspannung  | –                | X <sup>2)</sup> |
| 4.5      | Statische Frequenzabweichung <sup>3)</sup>   | X                | X <sup>2)</sup> |
| 4.6      | Dynamische Frequenzänderung  | –                | X <sup>2)</sup> |
| 4.7      | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) (Siehe 5.2)   | X                | –               |

1) Es ist zulässig, die Einzelprüfungen am Gesamtaggregat durchzuführen.  
2) Als Abnahmeprüfung an einem Stück von mehreren baugleichen rotierenden Umformern. Diese Prüfungen dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach Abschnitt 5.6.1 Aufzählung f ersetzt werden.  
3) Prüfung bei 0,85-, 1,0- und 1,15-facher Eingangsgleichspannung  
4) Hinweis: Die Prüfungsdurchführung ist zum Beispiel in DIN EN 60034-1, DIN EN 60034-2-1 oder DIN EN 60034-4 festgelegt.  
5) Die Einhaltung der Grenzwerte nach **Tabelle 4-1** ist nachzuweisen.

**Tabelle 5-1:** Umfang der Typ- und Stückprüfungen am rotierenden Umformer nach den Abschnitten 5.3.1 und 5.4.1

## 5.5 Prüfungen während der Montage auf der Baustelle

Während der Montage auf der Baustelle müssen Prüfungen durchgeführt werden, die sicherstellen sollen, dass die Montagebedingungen, Ein- und Aufbauzustände und Montage Maße, die für die zuverlässige Funktion der Umformanlage von Bedeutung sind, eingehalten werden.

Hierzu gehören im Wesentlichen:

- Prüfung der Komponenten auf Identität mit den Unterlagen und auf Schäden durch Transport oder Lagerung,
- Prüfung der Ausführung auf Übereinstimmung mit den gültigen Unterlagen (z. B. Aufstellungspläne),
- Prüfung der Einhaltung der Montagevorschriften.

## 5.6 Abnahme- und Funktionsprüfungen auf der Baustelle

### 5.6.1 Rotierender Umformer

An jedem rotierenden Umformer sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Überprüfung der Ausrichtung und Befestigung des Umformers,

- Isolationsprüfung,
- Prüfung der Laufruhe,
- Funktionsprüfung der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen,
- Funktionsprüfung der Umschalteinrichtungen und Verriegelungen,
- Funktionsprüfung bei den spezifizierten statischen und dynamischen Belastungen und Laständerungen, soweit nicht bereits im Rahmen der Typ- oder Stückprüfungen erfolgt,
- Prüfung des Schalldruckpegels am Umformerleitstand nach Abschnitt 4.6 Absatz 3.

### 5.6.2 Wechselrichter

An jedem Wechselrichter sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Isolationsprüfung,
- Funktionsprüfung der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen,
- Funktionsprüfung der Umschalteinrichtungen und Verriegelungen,

| 1   | 2   | 3                | 4               |
|-----|---|------------------|-----------------|
| Nr. | Art der Prüfung   | Durchführung bei |                 |
|     |   | Typprüfung       | Stückprüfung    |
| 1   | Isolationsprüfung <sup>3)</sup>   | X                | X               |
| 2   | Funktionsprüfung <sup>3)</sup>  | X                | X               |
| 3   | Überprüfung von Schutz- und Überwachungseinrichtungen <sup>3)</sup>                                       | X                | X               |
| 4   | Prüfung der Hilfseinrichtungen <sup>3)</sup>  | X                | X               |
| 5   | Prüfung der elektrischen Größen bei Nennleistung <sup>3)</sup>  | X <sup>2)</sup>  | X               |
| 6   | Erwärmungsprüfung <sup>3)</sup>   | X                | –               |
| 7   | Ermittlung der Verluste <sup>3)</sup>   | X                | –               |
| 8   | Prüfung der Überlastfähigkeit <sup>3)</sup>   | X                | X <sup>4)</sup> |
| 9   | Stromaufteilung parallel geschalteter Halbleiterbauelemente <sup>3)</sup>                                 | X                | –               |
| 10  | Spannungsaufteilung reihengeschalteter Halbleiterbauelemente <sup>3)</sup>                                | X                | X               |
| 11  | Prüfung des Mindest-Lastintegrals bei der größten vorgesehenen Verbraucherabzweig-Sicherung <sup>3)</sup> | X                | –               |
| 12  | Elektromagnetische Verträglichkeit  | X                | –               |
| 13  | Spannungseinstellbereich <sup>2)</sup>  | X                | X <sup>1)</sup> |
| 14  | Statische Abweichung der Ausgangsspannung <sup>2)</sup>   | X                | X <sup>1)</sup> |
| 15  | Dynamische Änderung der Ausgangsspannung <sup>2)</sup>  | –                | X <sup>1)</sup> |
| 16  | Gesamtregelzeit der Ausgangsspannung  | –                | X <sup>1)</sup> |
| 17  | Oberschwingungsgehalt der Ausgangsspannung <sup>2)</sup>  | X                | X <sup>1)</sup> |
| 18  | Harmonische Analyse der Ausgangsspannung <sup>2)</sup>  | X                | –               |
| 19  | Statische Frequenzabweichung <sup>2)</sup>  | X                | X <sup>1)</sup> |
| 20  | Dynamische Frequenzänderung   | –                | X <sup>1)</sup> |
| 21  | Temperaturabhängigkeit der Ausgangsfrequenz <sup>2) 3)</sup>  | X                | –               |

1) Als Abnahmeprüfung an einem Stück von mehreren baugleichen Wechselrichtern. Diese Prüfungen dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach Abschnitt 5.6.2 Aufzählung d ersetzt werden.

2) Prüfungen bei 0,85-, 1,0- und 1,15-facher Eingangsgleichspannung

3) Hinweis: Die Prüfungsdurchführung ist zum Beispiel in der DIN EN 60146-2 festgelegt.

4) Prüfung der einzelnen Phasen

**Tabelle 5-2:** Umfang der Typ- und Stückprüfungen am Wechselrichter nach den Abschnitten 5.3.2 und 5.4.2

- d) Funktionsprüfung bei den spezifizierten statischen und dynamischen Belastungen und Laständerungen, soweit nicht bereits im Rahmen der Typ- oder Stückprüfungen erfolgt.

### 5.6.3 Schaltnetzteilkombination

An jeder Schaltnetzteilkombination sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Isolationsprüfung,
- Funktionsprüfung der Überwachungs- und Schutzeinrichtungen,
- Wirksamkeit der Entkopplung von parallel geschalteten Schaltnetzteilen,
- Funktionsprüfung bei den spezifizierten statischen und dynamischen Belastungen und Laständerungen, soweit nicht bereits im Rahmen der Typ- oder Stückprüfungen erfolgt.

### 5.7 Wiederkehrende Prüfungen

(1) Wiederkehrende Prüfungen sind durchzuführen, um die Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Umformeranlagen und Schaltnetzteilkombination zu überprüfen. Diese Prüfungen sollen nicht gleichzeitig in mehreren Strängen durchgeführt werden.

(2) Leittechnische Einrichtungen, deren Funktion im Betrieb nicht ständig überwacht wird, sind wiederkehrend zu prüfen. Die Prüfabstände sind mit denen der übrigen leittechnischen Einrichtungen des Notstromsystems abzustimmen.

(3) Ein Prüfabstand von vier Jahren (z. B. jedes Jahr ein Strang bei einer viersträngigen Umformeranlage) soll nicht überschritten werden.

### 5.8 Prüfungen nach Wartung oder Instandsetzung

(1) Nach Abschluss von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten, die zu einer Unterbrechung der Funktionsbereitschaft

| 1  | 2   | 3                | 4               |
|----|---|------------------|-----------------|
|    | Art der Prüfung   | Durchführung bei |                 |
|    |   | Typprüfung       | Stückprüfung    |
| 1  | Isolationsprüfung   | X                | X               |
| 2  | Funktionsprüfung  | X                | X               |
| 3  | Prüfung der Hilfseinrichtungen  | X                | X               |
| 4  | Erwärmungsprüfung   | X                | -               |
| 5  | Prüfung der elektrischen Größen bei Nennleistung  | X <sup>1)</sup>  | X               |
| 6  | Ermittlung der Verluste   | X                | -               |
| 7  | Lastaufteilung parallelgeschalteter Schaltnetzteile   | X                | X <sup>2)</sup> |
| 8  | Prüfung des Mindest-Lastintegrals bei der größten vorgesehenen Verbraucherabzweig-Sicherung | X                | -               |
| 9  | Elektromagnetische Verträglichkeit  | X                | -               |
| 10 | Spannungseinstellbereich  | X <sup>1)</sup>  | X               |
| 11 | Statische Abweichung der Ausgangsspannung   | X <sup>1)</sup>  | X <sup>2)</sup> |
| 12 | Dynamische Änderung der Ausgangsspannung  | X <sup>1)</sup>  | -               |
| 13 | Gesamtregelzeit der Ausgangsspannung  | X <sup>1)</sup>  | -               |

1) Prüfungen bei 0,85-, 1,0- und 1,15-facher Eingangsgleichspannung

2) Als Abnahmeprüfung an einem Stück von mehreren baugleichen Schaltnetzteilkombinationen. Diese Prüfungen dürfen durch gleichwertige Prüfungen auf der Baustelle nach Abschnitt 5.6.3 Aufzählung d ersetzt werden.

Hinweis: Die Prüfungsdurchführung ist zum Beispiel in der DIN EN 60146-2 festgelegt.

**Tabelle 5-3:** Umfang der Typ- und Stückprüfungen an Schaltnetzteilen und Schaltnetzteilkombinationen nach den Abschnitten 5.3.3 und 5.4.3

geführt haben, muss die Wiederherstellung der Funktionsbereitschaft durch eine Prüfung nachgewiesen werden. Je nach Art und Umfang der betroffenen Teile oder Funktionen und in Absprache mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen ist eine Funktionsprüfung durchzuführen.

(2) Werden bei Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten gegenüber der ursprünglichen Konfiguration geänderte Teile eingesetzt, muss die Eignung dieser Teile nachgewiesen werden.

### 5.9 Prüfer

(1) Die Prüfungen nach den Abschnitten 5.2 bis 5.4 sollen durch Werkssachverständige oder in deren Verantwortung durchgeführt werden. In begründeten Fällen sind Einzelprüfungen mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen abzustimmen.

(2) Die Prüfungen nach den Abschnitten 5.5 bis 5.8 sind in Abstimmung mit der atomrechtlichen Behörde oder einem von ihr nach § 20 AtG zugezogenen Sachverständigen durchzuführen.

### 5.10 Prüfnachweise

Über die durchgeführten Prüfungen sind Nachweise zu führen. In

diesen Prüfnachweisen müssen alle zur Auswertung und Bewertung der Prüfungen notwendigen Angaben enthalten sein. Hierzu gehören

- durchführende Stellen,
- Prüfgegenstand,
- Prüfumfang,
- Prüfart,
- Nummer der Prüfanweisung, gegebenenfalls auch Standardprüfanweisung,
- Prüfdurchführung (z. B. Soll/Ist-Termin, Prüfintervall, verwendete Prüfeinrichtungen),
- Prüfergebnisse (z. B. Prüfziel erreicht, Abweichungen, getroffene oder erforderliche Maßnahmen),
- Bestätigung der Durchführung, des Ergebnisses und der Bewertung durch die Zuständigen.

### 6 Betrieb, Wartung und Instandsetzung

Für Betrieb, Wartung und Instandsetzung sind die Vorschriften der Hersteller zu beachten.

## Anhang A

### Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

|                                      |           |  |
|--------------------------------------|-----------|--|
| AtG                                  |           | Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)<br>Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2153) geändert worden ist       |
| StrlSchG                             |           | Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz)<br>Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15) geändert worden ist  |
| StrlSchV                             |           | Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung)<br>Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036; 2021 I S. 5261), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645) geändert worden ist |
| SiAnf                                | (2015-03) | Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2), die zuletzt mit Bekanntmachung des BMUV vom 25. Februar 2022 (BAnz AT 15.03.2022 B3) geändert worden ist  |
| Interpretationen                     | (2015-03) | Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, vom 29. November 2013 (BAnz AT 10.12.2013 B4), geändert am 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B3)  |
| KTA 1401                             | (2017-11) | Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung   |
| KTA 2201.4                           | (2012-11) | Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;<br>Teil 4: Anlagenteile   |
| KTA 3501                             | (2015-11) | Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems   |
| KTA 3504                             | (2022-11) | Elektrische Antriebe des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken   |
| KTA 3701                             | (2014-11) | Übergeordnete Anforderungen an die elektrische Energieversorgung in Kernkraftwerken  |
| KTA 3702                             | (2022-11) | Notstromerzeugungsanlagen mit Dieselaggregaten in Kernkraftwerken  |
| KTA 3703                             | (2022-11) | Notstromerzeugungsanlagen mit Batterien und Gleichrichtergeräten in Kernkraftwerken  |
| KTA 3705                             | (2022-11) | Schaltanlagen, Transformatoren und Verteilungsnetze zur elektrischen Energieversorgung des Sicherheitssystems in Kernkraftwerken   |
| DIN EN IEC 61000-6-2<br>VDE 0839-6-2 | (2019-11) | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2016); Deutsche Fassung EN IEC 61000-6-2:2019   |
| DIN EN IEC 61000-6-4<br>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 60034-1<br>VDE 0530-1         | (2011-02) | Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60034-1:2010 + Cor.:2010   |
| DIN EN 60034-2-1<br>VDE 0530-2-1     | (2015-02) | Drehende elektrische Maschinen - Teil 2-1: Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades aus Prüfungen (ausgenommen Maschinen für Schienen- und Straßenfahrzeuge) (IEC 60034-2-1:2014); Deutsche Fassung EN 60034-2-1:2014  |
| DIN EN IEC 60034-4-1<br>VDE 0530-4-1 | (2019-06) | Drehende elektrische Maschinen - Teil 4-1: Verfahren zur Ermittlung der Kenngrößen von Synchronmaschinen durch Messungen (IEC 60034-4-1:2018); Deutsche Fassung EN 60034-4-1:2018  |
| DIN EN 60146-2<br>VDE 0558-2         | (2001-02) | Halbleiter-Stromrichter - Teil 2: Selbstgeführte Halbleiter-Stromrichter einschließlich Gleichstrom-Direktumrichter (IEC 60146-2:1999); Deutsche Fassung EN 60146-2:2000   |