

**DIN IEC 62590-3-1
(VDE 0115-590-31)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 29.200; 29.280

Einsprüche bis 2021-02-04

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Ortsfeste Anlagen – Leistungselektronische Stromrichter –
Teil 3-1: Anwendungen der Wechselstrom-Zugförderung –
Elektronische Leistungskompensatoren
(IEC 9/2580/CD:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Railway applications –
Fixed installations – Electronic power converters –
Part 3-1: AC traction applications – Electronic power compensators
(IEC 9/2580/CD:2020);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 82 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Abkürzungen	13
4 Systemkonfiguration	13
4.1 Allgemeines	13
4.2 Einphasige Einrichtungen, die Blindleistung in ein AC-Bahnenergieversorgungssystem einspeisen	15
4.2.1 Allgemeines	15
4.2.2 Einrichtung, die am fernen Ende oder in der Mitte eines AC-Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird	15
4.2.3 Einrichtung, die am nahen Ende eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird	16
4.3 Einrichtungen, die in mehr als einer Phase eines AC-Bahnenergieversorgungssystems eingebaut werden	17
4.3.1 Allgemeines	17
4.3.2 Einrichtung, die Wirkleistung zwischen zwei verschiedenen 1AC-Stromkreisen austauscht und/oder Blindleistung in 1AC-Stromkreise einspeist	17
4.3.3 Einrichtung, die mit der Sekundärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators unter Anwendung des Steinmetz-Prinzips verbunden ist	19
4.4 Einrichtungen, die auf der Primärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators angeschlossen werden	20
5 Auslegung und Aufstellung	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Überprüfung der rechtlichen sowie öffentlichen oder privaten Kriterien für die Spannungsqualität	23
5.3 Abschätzung der Last des betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystems und des Zustands der Leistungsquelle	23
5.4 Abschätzung des Umfangs der Verschlechterung der Spannungsqualität, der durch die geschätzte Last und den Zustand der Leistungsquelle verursacht wird	24
5.4.1 Allgemeines	24
5.4.2 Berechnung des Spannungsfalls in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem	24
5.4.3 Berechnung der Drehstrom-Unsymmetrie an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz	24
5.4.4 Berechnung des Leistungsfaktors an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz	24
5.5 Ermittlung der Maßnahme, die durchzuführen ist, falls die Verschlechterung der Spannungsqualität von dem zulässigen Bereich abweicht	24
5.6 Festlegung der Anforderung an das Aufrechterhalten der Spannungsqualität innerhalb des	

	Seite
zulässigen Bereichs	24
5.7 Auslegung eines Kompensators anhand der gewählten Methode und des erforderlichen Kompensationsvolumens	25
5.7.1 Allgemeines.....	25
5.7.2 Koordination mit anderen Systemen	25
6 Anforderungen an das Leistungsvermögen	25
6.1 Allgemeines.....	25
6.1.1 Bemessung	25
6.1.2 Anzahl der Eingangsphasen	26
6.1.3 Erwärmung	26
6.1.4 Verluste und Wirkungsgrad.....	26
6.2 Steuer- und Schutzfunktion	28
6.2.1 Start- und Stoppsequenz	28
6.2.2 Steuerfunktion	28
6.2.3 Schutzfunktion.....	28
6.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	29
6.4 Oberschwingungen	29
6.5 Ausfallbedingungen für den elektronischen Leistungskompensator.....	29
6.6 Mechanische Eigenschaften	30
6.6.1 Allgemeines.....	30
6.6.2 Erdung.....	30
6.6.3 Schutzart	30
6.7 Leistungsschild.....	31
7 Prüfungen	31
7.1 Prüfarten.....	31
7.1.1 Allgemeines.....	31
7.1.2 Typprüfung	32
7.1.3 Stückprüfung	32
7.1.4 Vor-Ort-Prüfung.....	32
7.1.5 Prüfkategorien.....	32
7.2 Prüfungen.....	33
7.2.1 Sichtprüfung	33
7.2.2 Prüfung der Schutzart	33
7.2.3 Prüfung der Zubehör- und Hilfskomponenten.....	33
7.2.4 Isolationsprüfung.....	33
7.2.5 Anlauf- und Stopp-Ablaufprüfung.....	34
7.2.6 Prüfung von Schutzfunktionen	34
7.2.7 Prüfung der Steuerfunktionen	34
7.2.8 Schwachlast-Funktionsprüfung.....	34
7.2.9 Lastprüfung	34

	Seite
7.2.10 Erwärmungsprüfung	35
7.2.11 Ermittlung der Verlustleistung	35
7.2.12 Geräuschmessung	35
7.2.13 EMV-Prüfung	35
7.2.14 Oberschwingungsmessung	35
Anhang A (informativ) Berechnung des Spannungsfalls in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem	37
A.1 Allgemeines	37
Anhang B (informativ) Berechnung der Drehstrom-Unsymmetrie an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz	38
B.1 Allgemeines	38
Anhang C (informativ) Beispiele für Grenzwerte der Spannungsqualität an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz	40
C.1 Allgemeines	40
C.2 Beispiele für Grenzwerte von Drehstrom-Unsymmetrie	40
C.3 Beispiele für Grenzwerte von Oberschwingungen	41
Literaturhinweise	44

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiele für Steuerfunktionen, die bei einem elektronischen Leistungskompensator benötigt werden	28
Tabelle 2 – Störfestigkeitsniveau	30
Tabelle 3 – Liste der Prüfungen	33
Tabelle B.1 – Formel zur Berechnung der Spannungsunsymmetrie auf der Primärseite eines Bahn-Transformators	39
Tabelle C.1 – Beispiele für Grenzwerte von Drehstrom-Unsymmetrie	41
Tabelle C.2 – Begrenzung des Oberschwingungsanteils in Japan	41
Tabelle C.3 – Begrenzung des Oberschwingungsanteils in China	43

Bilder

Bild 1 – Beispiel für eine mögliche elektrische Einbauposition von elektronischen Leistungskompensatoren in einem AC-Bahnenergieversorgungssystem	15
Bild 2 – Einphasige Einrichtung, die am fernen Ende oder in der Mitte eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird	16
Bild 3 – Einphasige, individuell gesteuerte Einrichtung, die am nahen Ende eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird	17
Bild 4 – Einrichtung, die Wirkleistung zwischen zwei verschiedenen orthogonalen 1AC-Stromkreisen austauscht und/oder Blindleistung in 1AC-Stromkreise einspeist	19
Bild 5 – Einrichtung, die mit der Sekundärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators unter Anwendung des Steinmetz-Prinzips verbunden ist	20
Bild 6 – Einrichtung, die eine Unsymmetrie auf der Primärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators kompensiert	21
Bild 7 – Einrichtung, die eine von mehreren Bahnunterwerken erzeugte Unsymmetrie als Ganzes kompensiert	22
Bild A.1 – Berechnung des Spannungsfalls in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem	37

Einphasiger Transformator	38
V-Verbindungstransformator (typischer Phasenunterschied von 60 Grad zwischen den beiden Oberleitungsanlagen)	38
Scott-Verbindungstransformator und kompatible Verbindungen mittels abc- $\alpha\beta$ -Transformation (Phasenunterschied von 90 Grad zwischen den beiden Oberleitungsanlagen)	38
Bild B.1 – Typische Arten von Schnittstellen zwischen einem Versorgungsnetz und einem 1AC- Bahnenergieversorgungssystem	38

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 9/2580/CD:2020 „Railway applications – Fixed installations – Electronic power converters – Part 3-1: AC traction applications – Electronic power compensators“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.2 „Ortsfeste Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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

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

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

**Bahnanwendungen –
Ortsfeste Anlagen – Leistungselektronische Stromrichter –
Teil 3-1: Anwendungen der Wechselstrom-Zugförderung – Elektronische
Leistungskompensatoren**

Einleitung

Bei Einphasenwechselstrom-Bahnenergieversorgungssystemen gibt es oft eine hohe Belastung mit häufigen Schwankungen, die zu großen Änderungen der Spannung des Bahnnetzes führen können. Manchmal ist es nicht einfach, die Spannung innerhalb des für den Bahnbetrieb optimalen Bereichs zu halten. Wegen ihrer gegebenen Struktur sind Einphasenwechselstrom-Bahnenergieversorgungssysteme anfällig für Spannungsschwankungen oder Leistungsunsymmetrien innerhalb des Drehstrom-Versorgungsnetzes.

Zur Lösung dieser Problematik können elektronische Leistungskompensatoren eingebaut werden, um die elektrische Spannungsqualität durch die Verwendung von Leistungselektronik zu verbessern. Für einen stabilen Betrieb muss der eingebaute elektronische Leistungskompensator Phänomenen, die für Einphasenwechselstrom-Bahnenergieversorgungssysteme spezifisch sind, z. B. starken Lastschwankungen und magnetisierenden Einschaltströmen, sowie Störungen aus dem übergeordneten Netz widerstehen können. Daher ist es notwendig, besondere Anforderungen zusätzlich zu den üblichen Anforderungen an Stromrichter in Unterwerken zu stellen.

Eine internationale Norm für elektronische Leistungskompensatoren für Wechselstrombahnen wurde jedoch bisher nicht erstellt. Durch die Standardisierung typischer Systemkonfigurationen sowie der grundlegenden Anforderungen und der Prüfverfahren für die Geräte werden Bahnbetreibern, Herstellern und Systemintegratoren, die elektronische Leistungskompensatoren einbauen möchten, Regeln zur Verfügung gestellt.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von IEC 62590 werden die Anforderungen an elektronische Leistungskompensatoren für Einphasenwechselstrom-Bahnenergieversorgungssysteme sowie die Prüfverfahren für diese Geräte festgelegt. Diese Geräte werden verwendet, um mittels Leistungselektronik die elektrische Spannungsqualität in dem Fahrstromkreis und/oder an der Schnittstelle zum 3AC-Versorgungsnetz zu verbessern.

Dieses Dokument gilt für Geräte, die eingebaut werden, um durch ihre Funktion(en) eins oder mehrere dieser Ziele zu erreichen:

- Abschwächung der Spannungsschwankungen;
- Verbesserung des Leistungsfaktors;
- Reduzierung der Leistungsunsymmetrie des Drehstroms an der Schnittstelle zum 3AC-Versorgungsnetz.

ANMERKUNG In einigen Fällen wird dieser Gerätetyp verwendet, um die von der Traktionslast herrührenden Oberschwingungen hinzu dem 3AC-Versorgungsnetz zu reduzieren.

Sowohl die Geräte, die so ausgelegt sind, dass sie für jeden vorgegebenen Aufstellungsort passend sind, als auch umhüllte Geräte zur generischen Anwendung gehören zum Anwendungsbereich dieses Dokuments.

Dieses Dokument gilt für Geräte mit allen möglichen Konfigurationen zur Implementierung unterschiedlicher technischer Lösungen für die Kompensation; es gilt jedoch nicht für Geräte, die ausschließlich aus passiven Komponenten bestehen.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60076 (alle Teile), *Power transformers*

IEC 60146-1-1:2009, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated converters – Part 1.1: Specification of basic requirements*

IEC 60146-2:1999, *Semiconductor convertors – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62236 (alle Teile), *Railway applications – Electromagnetic compatibility*

IEC 62313:2009, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock*

IEC 62590:2019, *Railway applications – Electronic power converters for substations*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten Begriffe nach IEC 62590-1 sowie die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Spannungsqualität

Eigenschaften von Stromstärke, Spannung und Frequenz an einem gegebenen Punkt in einem Elektrizitätsversorgungssystem, bewertet nach einem Satz von technischen Bezugsparametern

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Parameter können sich in einigen Fällen auf die Verträglichkeit zwischen der in ein Elektrizitätsversorgungssystem eingespeisten elektrischen Energie und den mit dem Elektrizitätsversorgungssystem verbundenen Lasten beziehen.

[QUELLE: IEC 60050-614:2016, 614-01-01]

3.1.2

Leistungsfaktor

bei periodischen Bedingungen Verhältnis des Betrags der Wirkleistung P zur Scheinleistung S :

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Sinusvorgängen entspricht der Leistungsfaktor dem Betrag des Wirkfaktors.

[QUELLE: IEC 60050-131:2002, 131-11-46]

3.1.3

elektrische Leistungskompensation

Maßnahme zur Verbesserung der Spannungsqualität an einem gegebenen Punkt des Schaltkreises

3.1.4

elektrisches Bahnenergieversorgungssystem

elektrisches Energieversorgungsnetz der Bahn, das für die Bereitstellung von Energie für Schienenfahrzeuge verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu diesem System gehören:

- Fahrleitungsanlagen;
- Rückleitungen der elektrischen Bahnenergieversorgungssysteme;
- elektrische Anlagen, die direkt oder über einen Transformator aus Fahrleitungen gespeist werden;
- elektrische Anlagen in Kraftwerken und Unterwerken, die ausschließlich der Erzeugung und der direkten Verteilung der Leistung an die Fahrleitung dienen;
- elektrische Anlagen von Schaltstellen.

[QUELLE: IEC 60050-811:2017, 811-36-21, modifiziert – Der dritte Aufzählungspunkt in Anmerkung 1 zum Begriff wurde gestrichen.]

3.1.5

1AC-Bahnenergieversorgungssystem

Einphasenwechselstromsystem mit der Hauptaufgabe, Triebfahrzeuge zu versorgen

[QUELLE: IEC 62590-1 ED1 NPWD, 3.1.23]

3.1.6

nahes Ende <eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems>

Bereich in einem elektrischen Bahnenergieversorgungssystem, der sich in der Nähe von dem Bahnunterwerk befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff wird normalerweise nur für einseitig gespeiste elektrische Bahnenergieversorgungssysteme verwendet.

3.1.7

fernes Ende <eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems>

Bereich in einem elektrischen Bahnenergieversorgungssystem, der sich am entferntesten von dem Bahnunterwerk befindet, meistens in der Nähe einer Trennstelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff wird normalerweise nur für einseitig gespeiste elektrische Bahnenergieversorgungssysteme verwendet.

3.1.8

3AC-Versorgungsnetz

Drehstrom-Schaltkreis oder Satz von Drehstrom-Schaltkreisen, die miteinander verbunden sind oder zwischen sich absichtlich eine kapazitive oder induktive Kopplung haben

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird dieser Begriff für ein übergeordnetes Energieversorgungsnetz verwendet, von dem ein elektrisches Bahnenergieversorgungssystem seine elektrische Leistung erhält.

3.1.9

Spannungsfall <eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems>

Spannungsfall am Ort eines Fahrzeugs wegen der Impedanz des elektrischen Bahnenergieversorgungssystems sowie der des 3AC-Versorgungsnetzes, gemessen, wenn der Fahrstrom aus den Schienenfahrzeugen oder in die Schienenfahrzeuge fließt

3.1.10

Spannungsschwankung

Abfolge von Spannungsänderungen oder zeitkontinuierliche Veränderung des Effektivwertes oder Spitzenwertes einer Spannung

Anmerkung 1 zum Begriff: Ob der Effektiv- oder der Spitzenwert gewählt wird, hängt von der Anwendung ab und ist anzugeben.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-08-05]

3.1.11

Spannungsunsymmetrie

Zustand in einem Mehrphasensystem, bei dem die Effektivwerte der Spannung oder die Phasenwinkel-differenzen zwischen aufeinanderfolgenden Außenleitern nicht alle gleich sind

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-08-09]

3.1.12

Gegenkomponente <eines Dreiphasensystems>

diejenige der drei symmetrischen Komponenten, die nur in einem unsymmetrischen Dreiphasensystem sinusförmiger Größen vorhanden ist und definiert ist durch die folgende komplexe mathematische Beziehung:

$$X_2 = \frac{1}{3}(X_{L1} + a^2 X_{L2} + a X_{L3})$$

dabei sind a der 120-Grad-Operator und X_{L1} , X_{L2} sowie X_{L3} die komplexen Ausdrücke der betreffenden Phasengröße, wobei X den Phasenvektor der Stromstärke oder der Spannung darstellt

[QUELLE: IEC 60050-448:1995, 448-11-28]

3.1.13

elektronischer Leistungsstromrichter

betriebsfähiges Gerät zum elektronischen Leistungsumrichten, das ein oder mehrere elektronische Ventilbauelemente, falls erforderlich Transformatoren und Filter, und gegebenenfalls Hilfsstromkreise enthält

[QUELLE: IEC 60050-551:1998, 551-12-01, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff und Bild 1 wurden gelöscht]

3.1.14

selbstgeführte Kommutierung

Kommutierung, bei der die Kommutierungsspannung von Bauelementen innerhalb des Stromrichters oder elektronischen Schalters geliefert wird

[QUELLE: IEC 60050-551:1998, 551-16-15]

3.1.15

netzgeführte Kommutierung

fremdgeführte Kommutierung, bei der die Kommutierungsspannung vom Netz geliefert wird

[QUELLE: IEC 60050-551:1998, 551-16-12]

3.1.16

elektronischer Leistungskompensator

Gerät oder Einrichtung zur Verbesserung der Spannungsqualität des mit ihm/ihr verbundenen Schaltkreises, das/die durch elektronische Stromrichter die Stromstärke und/oder die Spannung regelt

3.1.17

statischer Blindleistungskompensator

elektronischer Leistungskompensator, der aus einer Kombination von Thyristor, Kondensator und Induktor oder aus Stromrichtern mit selbstgeführter Kommutierung besteht und durch eine schnelle Steuerung zur dynamischen Kompensation der optimalen Blindleistung von Null bis zur hohen Last verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein STATCOM ist auch solch eine Art von Kompensator.

3.1.18

Ausgleichregler <eines Bahnunterwerks>

elektronischer Leistungskompensator zur Reduzierung der Spannungsunsymmetrie und/oder der Spannungsschwankung auf der Seite des Versorgungsnetzes des Bahnunterwerks

3.1.19

statischer Bahnenergieaufbereiter

RPC

Satz von Stromrichtern, die Wirkleistung zwischen den verschiedenen Abschnitten in dem elektrischen Bahnenergieversorgungssystem austauschen und Blindleistung einspeisen

Anmerkung 1 zum Begriff: Gegenwärtig ist die einzige Konfiguration, die in einem bereits in Betrieb genommenen RPC verwendet worden ist, die, die aus zwei einphasigen Wechselrichtern mit selbstgeführter Kommutierung besteht, die durch einen gemeinsamen DC-Zwischenkreis paarweise in einer Gegenparallelschaltung miteinander verbunden sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Er wird verwendet, um zwei Fahrstromkreise, die von zwei Bahnunterwerken gespeist werden, sowie um zwei Fahrstromkreise, die von einphasigen Spannungsquellen unterschiedlicher Phasen aus demselben Bahnunterwerk gespeist werden, zu verbinden.

3.1.20

Steinmetz-Prinzip

Prinzip zur Symmetrierung der Spannung und/oder des Stroms eines durch eine einphasige Last in Unsymmetrie geratenen 3AC-Schaltkreises mittels Einkopplung eines oder mehrerer anderer Gegensysteme

3.1.21

Bemessungskapazität

zu erfüllende Kapazität des elektronischen Leistungskompensators, deren Berechnungsverfahren und deren Einrichtungsbedingung für die Messung als eine Funktion des Zwecks und der Konfiguration der Einrichtung festgelegt werden

3.1.22

Bemessungsspannung

Spannung des zu betreibenden elektronischen Leistungskompensators, bei der die Teile und die Einrichtungsbedingung für die Messung als eine Funktion des Zwecks und der Konfiguration der Einrichtung festgelegt werden

3.1.23

Bemessungsstrom

Stromstärke des zu betreibenden elektronischen Leistungskompensators, bei der die Teile und die Einrichtungsbedingung für die Messung als eine Funktion des Zwecks und der Konfiguration der Einrichtung festgelegt werden

3.1.24

Bemessungsfrequenz

Frequenz des zu betreibenden elektronischen Leistungskompensators, bei der die Teile und die Einrichtungsbedingung für die Messung als eine Funktion des Zwecks und der Konfiguration der Einrichtung festgelegt werden

3.1.25

konventioneller Wirkungsgrad

η

Wirkungsgrad, der aufgrund einer Berechnung und/oder einer Messung nach der angegebenen Methode ermittelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Wegen mannigfaltiger Restriktionen ist es insbesondere bei großen Einrichtungen manchmal schwierig, den Wirkungsgrad direkt mittels Prüfeinrichtungen mit der Bemessungslast zu messen.

3.1.26

Steuerfunktion

Funktion, die für die Steuerung des Verhaltens von Einrichtungen oder Anlagen bestimmt ist

[QUELLE: IEC 61892-2:2012, 3.9]

3.1.27

Schutzfunktion

Funktion, die nach einem Ausfall in einem Gerät wirksam wird, um Schäden an Personen, der Umwelt oder an Gütern zu verhindern

[QUELLE: IEC 60050-904:2014, 904-03-05, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff, Anmerkung 2 zum Begriff und [Tabelle 1](#) wurden gelöscht.]

3.1.28

Störfestigkeitsniveau <eines Kompensators>

festgelegter Wert einer elektrischen Störung, unterhalb dessen die Einrichtung dafür ausgelegt ist, die geforderte Leistungsfähigkeit, die Aufrechterhaltung des Betriebes oder die Vermeidung von Beschädigungen sicherzustellen

[QUELLE: IEC 62590:2019, 3.11.2, modifiziert – „der Stromrichter“ wurde in „die Einrichtung“ geändert.]

3.1.29

Typprüfung

Konformitätsprüfung an einem oder mehreren für die Produktion repräsentativen Prüfmustern

[QUELLE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.1.30

Stückprüfung

Konformitätsprüfung an jeder einzelnen Betrachtungseinheit während oder nach der Fertigung

[QUELLE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.1.31

Vor-Ort-Prüfung

Prüfung am Einsatzort der zu prüfenden Geräte, Einrichtungen oder Installationen unter Betriebsbedingungen soweit möglich

[QUELLE: IEC 60060-3:2006, 3.1]

3.2 Abkürzungen

EPC	elektronischer Leistungskompensator (en: electronic power compensator)
RPC	statischer Bahnenergieaufbereiter (en: railway static power conditioner)
STATCOM	statischer synchroner Kompensator (en: static synchronous compensator)
SUC	statischer, unsymmetrischer Leistungskompensator (en: static unbalanced power compensator)
SVC	statischer Blindleistungskompensator (en: static var compensator)
SVG	statischer Blindleistungsgenerator (en: static var generator)
TCR	thyristor-gesteuerter Induktor (en: thyristor controlled reactor)

4 Systemkonfiguration

4.1 Allgemeines

Die Systemkonfiguration von elektronischen Leistungskompensatoren wird wie folgt bestimmt:

- a) Art der Kommutierung:
 - selbstgeführte Kommutierung;
 - netzgeführte Kommutierung;
- b) elektrische Einbauposition im elektrischen Bahnenergieversorgungssystem:
 - auf der Seite des 1AC-Bahnenergieversorgungssystems eines Bahn-Transformators sowie eventuell am fernen Ende, in der Mitte oder am nahen Ende eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems;
 - auf der Seite des 3AC-Versorgungsnetzes eines Bahn-Transformators sowie eventuell an der Stelle eines Bahnunterwerks, an der die Leistung empfangen wird, oder am Übergabepunkt eines 3AC-Unterwerks für die der Bahn vorbehaltene Energieübertragung.
- c) Zweck und Funktion:
 - Reduzierung des Spannungsfalls und/oder der Spannungsschwankung in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem;
 - Verbesserung des Leistungsfaktors auf der Seite des 3AC-Versorgungsnetzes;
 - Abschwächung der Spannungsschwankung auf der Seite des 3AC-Versorgungsnetzes;
 - Abschwächung der Unsymmetrie auf der Seite des 3AC-Versorgungsnetzes;
 - Abschwächung der Oberschwingungen aus der Traktionslast hinzu dem 3AC-Versorgungsnetz;

d) Art der Kompensation:

- Koordination der Blindleistung durch Steuerung des Volumens des mit jedem Schaltkreis verbundenen, äquivalenten veränderlichen Reaktanz-Elements;
- Austausch der Wirkleistung zwischen Phasen und/oder Schaltkreisen.

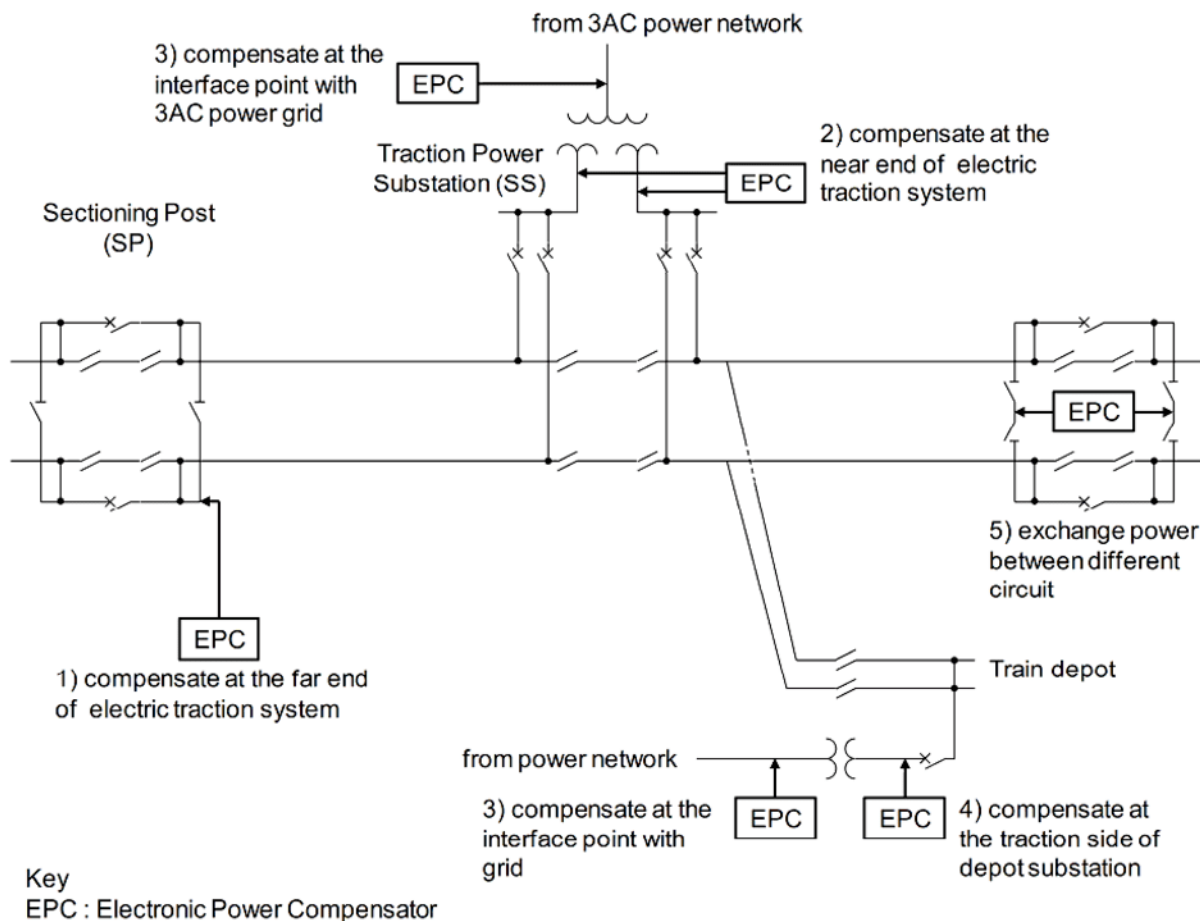
ANMERKUNG 1 Eine Einrichtung mit netzgeführter Kommutierung ist heute nicht zeitgemäß, wird aber weiterhin weltweit verwendet. Es sei angemerkt, dass es bei dieser Art von Anlage oft Probleme mit Oberschwingungen gibt.

ANMERKUNG 2 Ein äquivalentes veränderliches Reaktanz-Element wird in einer Kombination von einem TCR und einem Festphasen-Schiebekondensator verwirklicht; dabei wird ein äquivalentes veränderliches Reaktanz-Element durch die Steuerung des Stromrichters mit selbstgeführter Kommutierung oder durch ein anderes mögliches Verfahren simuliert.

ANMERKUNG 3 Es gibt andere Kompensationsverfahren als die im Abschnitt 4 aufgeführten.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für eine mögliche elektrische Einbauposition von elektronischen Leistungskompensatoren in einem AC-Bahnenergieversorgungssystem. Die Spannungsqualität darf durch eine Kombination aus mehreren an verschiedenen Positionen eingebauten Einrichtungen und einzelnen an jeder angezeigten Position eingebauten Einrichtungen verbessert werden.

Die Folgenden 4.2 bis 4.4 beschreiben typische technische Lösungen für die Kompensation und die Konfiguration der Einrichtung, um deren Anwendung weltweit zu implementieren. Diese Beschreibung ist jedoch nicht vollständig und soll nicht verhindern, dass andere, u. a. auch künftige, Arten ausgewählt werden.



EN	DE
from 3AC power network	aus 3AC-Versorgungsnetz
Traction Power Substation (SS)	Bahnunterwerk (SS)
Sectioning Post (SP)	Trennstelle (SP)
Train depot	Zugdepot
from power network	aus Versorgungsnetz
1) compensate at the far end of electric traction system	1) Kompensation am fernen Ende des elektrischen Bahnenergieversorgungssystems
2) compensate at the near end of electric traction system	2) Kompensation am nahen Ende des elektrischen Bahnenergieversorgungssystems
3) compensate at the interface point with 3AC power grid	3) Kompensation an der Schnittstelle zu dem 3AC-Versorgungsnetz
4) compensate at the traction side of depot substation	4) Kompensation auf der Bahnseite des Unterwerks des Depots
5) exchange power between different circuit	5) Austausch von Leistung zwischen unterschiedlichen Schaltkreisen
Key EPC: Electronic Power Compensator	Legende EPC: elektronischer Leistungskompensator

Bild 1 – Beispiel für eine mögliche elektrische Einbauposition von elektronischen Leistungskompensatoren in einem AC-Bahnenergieversorgungssystem

4.2 Einphasige Einrichtungen, die Blindleistung in ein AC-Bahnenergieversorgungssystem einspeisen

4.2.1 Allgemeines

Es gibt zwei verschiedene technische Lösungen, bei denen eine einphasige Einrichtung verwendet wird, die Blindleistung in ein AC-Bahnenergieversorgungssystem einspeist; diese werden in 4.2.2 und 4.2.3 beschrieben.

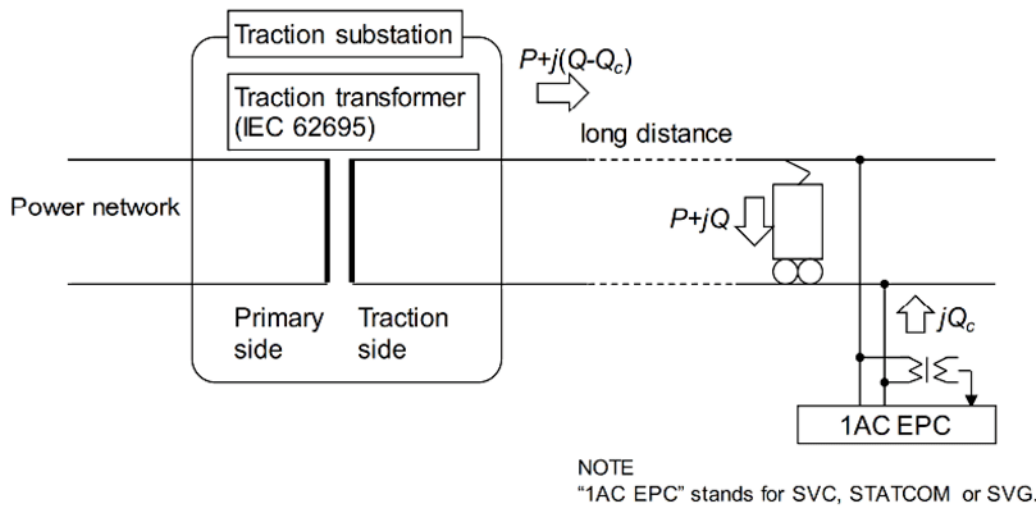
Bei diesen beiden Lösungen werden unterschiedliche Steuerungsstrategien verwendet. Bei der in 4.2.2 beschriebenen Lösung ist das Hauptziel, den Spannungsfall und die Spannungsschwankung der Speisespannung für die Schienenfahrzeuge zu kompensieren. Bei der in 4.2.3 beschriebenen Lösung ist das Hauptziel, den Leistungsfaktor in dem Versorgungsnetz zu steuern.

Es gibt viele verschiedene mögliche Konfigurationen für diesen Einrichtungstyp. Heutzutage sind Stromrichter mit selbstgeführter Kommutierung Stand der Technik, aber ältere Anlagen sind immer noch im Betrieb. Diese Anlagen dürfen Leistungselektronik mit passiven Bauelementen, z. B. in dem TCR, verwenden.

4.2.2 Einrichtung, die am fernen Ende oder in der Mitte eines AC-Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird

Dieser Einrichtungstyp wird eingebaut, um die Speisespannung an der Stelle, an der die Einrichtung einbaut wird, sowie in der Nähe dieser Einrichtung auf einen Pegel zu regeln, der mit dem in IEC 60850 festgelegten Spannungsbereich übereinstimmt, und um die Leistungsfähigkeit beim Fahren der durch das AC-Bahnenergieversorgungssystem betriebenen Schienenfahrzeuge zu verbessern. Auf Bild 2 wird verwiesen.

Diese Einrichtung weist ein Reaktanz-Element auf, das mit einem 1AC-Stromkreis parallel geschaltet ist und als eine induktive oder kapazitive Last funktioniert, je nachdem, ob die an der betreffenden Stelle gemessene Spannung höher oder niedriger ist als vorgegeben. Der SVC ist ein Beispiel für einen solchen Typ.



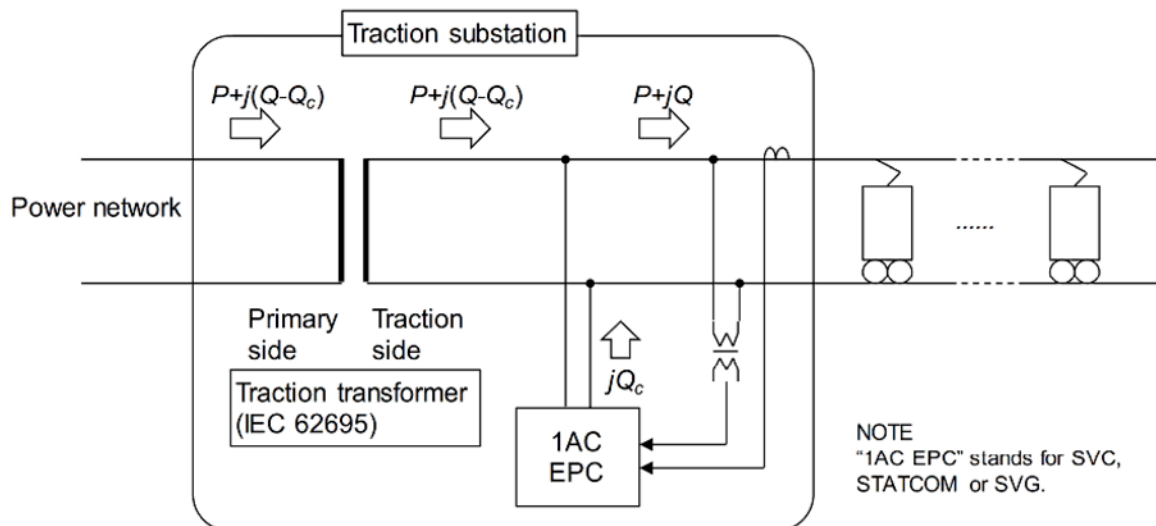
EN	DE
Traction substation	Bahnunterwerk
Traction transformer (IEC 62695)	Bahn-Transformator (IEC 62695)
long distance	großer Abstand
Power network	Versorgungsnetz
Primary side	Primärseite
Traction side	Bahnseite
1AC EPC	1AC EPC
NOTE „1AC EPC“ stands for SVC, STATCOM or SVG	ANMERKUNG „1AC EPC“ bedeutet SVC, STATCOM oder SVG

Bild 2 – Einphasige Einrichtung, die am fernen Ende oder in der Mitte eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird

4.2.3 Einrichtung, die am nahen Ende eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird

Dieser Einrichtungstyp wird eingebaut, um den Leistungsfaktor vom Versorgungsnetz aus betrachtet zu verbessern.

Diese Einrichtung wirkt als eine induktive oder kapazitive Last, indem sie das Volumen des Reaktanz-Elements steuert, das mit einem 1AC-Stromkreis parallel geschaltet ist, um die gesamte oder einen Teil der im AC-Bahnenergieversorgungssystem erzeugten Blindleistung Q herauszunehmen. Der SVC ist ein Beispiel für einen solchen Typ. Auf [Bild 3](#) wird verwiesen.



Legende

P: gesamte, vom Bahnfahrzeug benötigte Wirkleistung

Q: gesamte, vom Bahnfahrzeug benötigte Blindleistung

Q_c : Blindleistung, die der 1AC EPC als Kompensation einspeist

EN	DE
Traction substation	Bahnunterwerk
Power network	Versorgungsnetz
Primary side	Primärseite
Traction side	Bahnseite
Traction transformer (IEC 62695)	Bahn-Transformator (IEC 62695)
1AC EPC	1AC EPC
NOTE „1AC EPC“ stands for SVC, STATCOM or SVG	ANMERKUNG „1AC EPC“ bedeutet SVC, STATCOM oder SVG

Bild 3 – Einphasige, individuell gesteuerte Einrichtung, die am nahen Ende eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird

4.3 Einrichtungen, die in mehr als einer Phase eines AC-Bahnenergieversorgungssystems eingebaut werden

4.3.1 Allgemeines

Eine Einrichtung, die in mehr als eine Phase eines AC-Bahnenergieversorgungssystems eingebaut wird, kann verschiedenen Arten zugeordnet werden.

Hinsichtlich der Art, die die Wirkleistung P zwischen den Phasen und/oder Schaltkreisen austauscht, wird auf 4.3.2 verwiesen.

Hinsichtlich der Art, die die Blindleistung Q durch Steuerung des Volumens des mit jeder Phasenschaltung verbundenen Reaktanz-Elements koordiniert, wird auf 4.3.3 verwiesen.

4.3.2 Einrichtung, die Wirkleistung zwischen zwei verschiedenen 1AC-Stromkreisen austauscht und/oder Blindleistung in 1AC-Stromkreise einspeist

Wie in 3.1.19 definiert, ist ein RPC ein Satz von Stromrichtern, die Wirkleistung zwischen den verschiedenen Abschnitten in dem elektrischen Bahnenergieversorgungssystem austauschen und Blindleistung einspeisen.

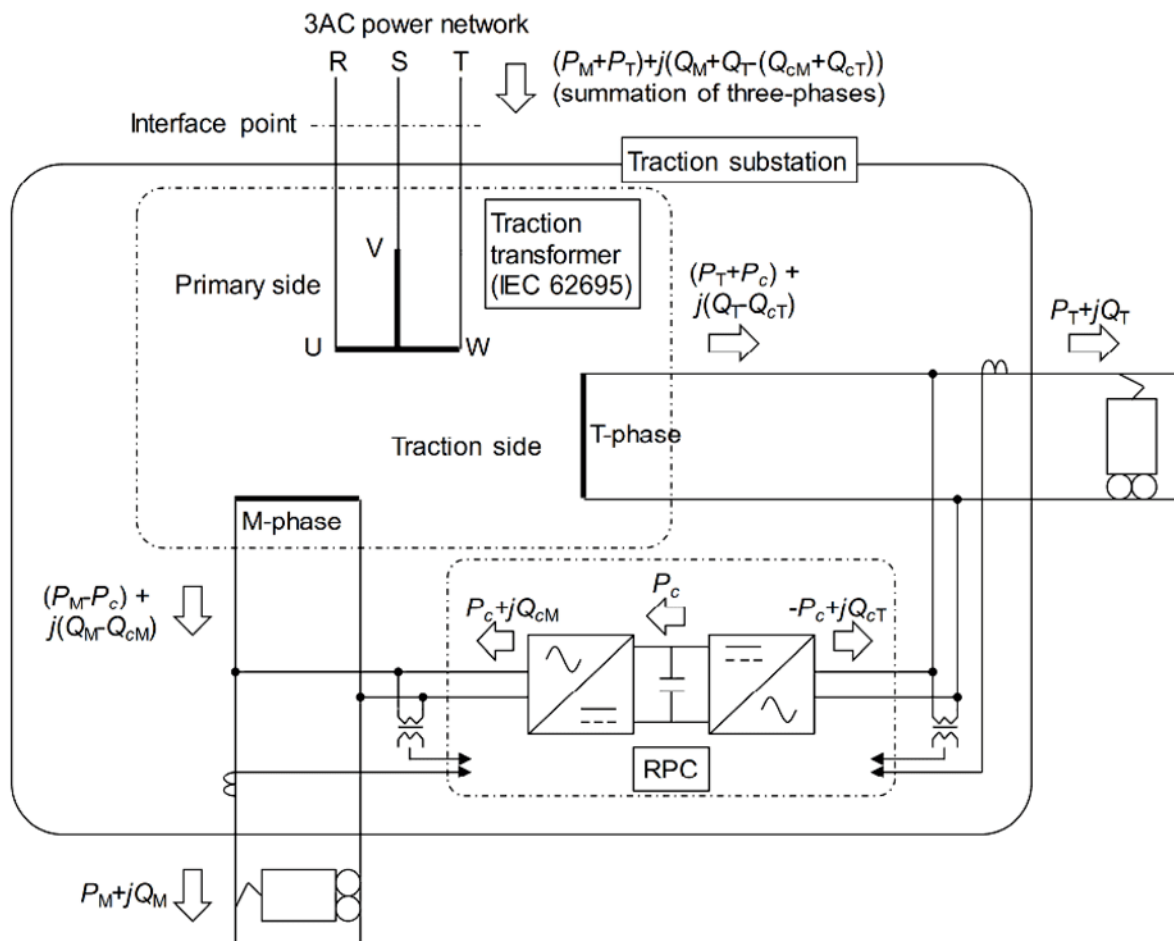
Wenn ein RPC zusammen mit einem Drehstrom-Zweiphasen-Umformer-Transformator, wie er in IEC 62695:2014, Abschnitt 10, festgelegt wird, z. B. einem Scott-Transformator, angewandt wird, kann die Last von der 3AC-Seite aus betrachtet durch den Austausch von 50 % des Unterschiedes der Blindleistung P_c zwischen den zwei Phasen über einen DC-Zwischenkreis und durch den Ausgleich der Wirkleistung der beiden orthogonalen 1AC-Stromkreise auf der Seite des AC-Bahnenergieversorgungssystems symmetriert werden. Auf Bild 4 wird verwiesen.

Je nach der Kapazität der Einrichtung kann die Verbesserung der Symmetrie und/oder die Abschwächung der Spannungsschwankung auf der 3AC-Seite durch das Kompensieren der Blindleistung jeder Phase Q_{cM} , Q_{cT} in der in 4.2 beschriebenen Weise erreicht werden.

ANMERKUNG Wenn die Last eines Unterwerks nur aus einem einzigen Fahrstromkreis, z. B. einem für ein Depot für Bahnfahrzeuge vorgesehenen Unterwerk, besteht, darf der eine der beiden orthogonalen 1AC-Stromkreise verwendet werden; alternativ darf die Spannung zwischen zwei Phasen für die Leistungsverorgung verwendet werden. In diesem Fall wird die 3AC-Seite durch den Austausch von Wirkleistung zwischen den Phasen über einen mit jeder Phase der Traktionsseite verbundenen RPC symmetriert.

Ein RPC darf Wirkleistung zwischen zwei Phasen austauschen, deren Phasenwinkel 60° oder 120° beträgt. Die Symmetrie auf der 3AC-Seite wird verbessert, wenn eine zusätzliche Maßnahme zur Übertragung von Wirkleistung aus der verbleibenden Phase an die beiden anderen Phasen getroffen wird.

Ein RPC kann ebenfalls dazu verwendet werden, zwei Abschnitte eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems zu verbinden, die aus unterschiedlichen Bahnunterwerken gespeist werden, damit ein Leistungsfluss möglich wird.



Legende

P_M, P_T :	gesamte Wirkleistung des Bahnfahrzeugs auf der M-Phase bzw. der T-Phase
Q_M, Q_T :	gesamte Blindleistung des Bahnfahrzeugs auf der M-Phase bzw. der T-Phase
P_c :	Wirkleistung, die von der T-Phase an die M-Phase übertragen wird zur Verminderung der Gegenkomponente auf der Seite des 3AC-Versorgungsnetzes
Q_{cM}, Q_{cT} :	Blindleistung, die der M-Phasen-Wechselrichter bzw. der T-Phasen-Wechselrichter erzeugt

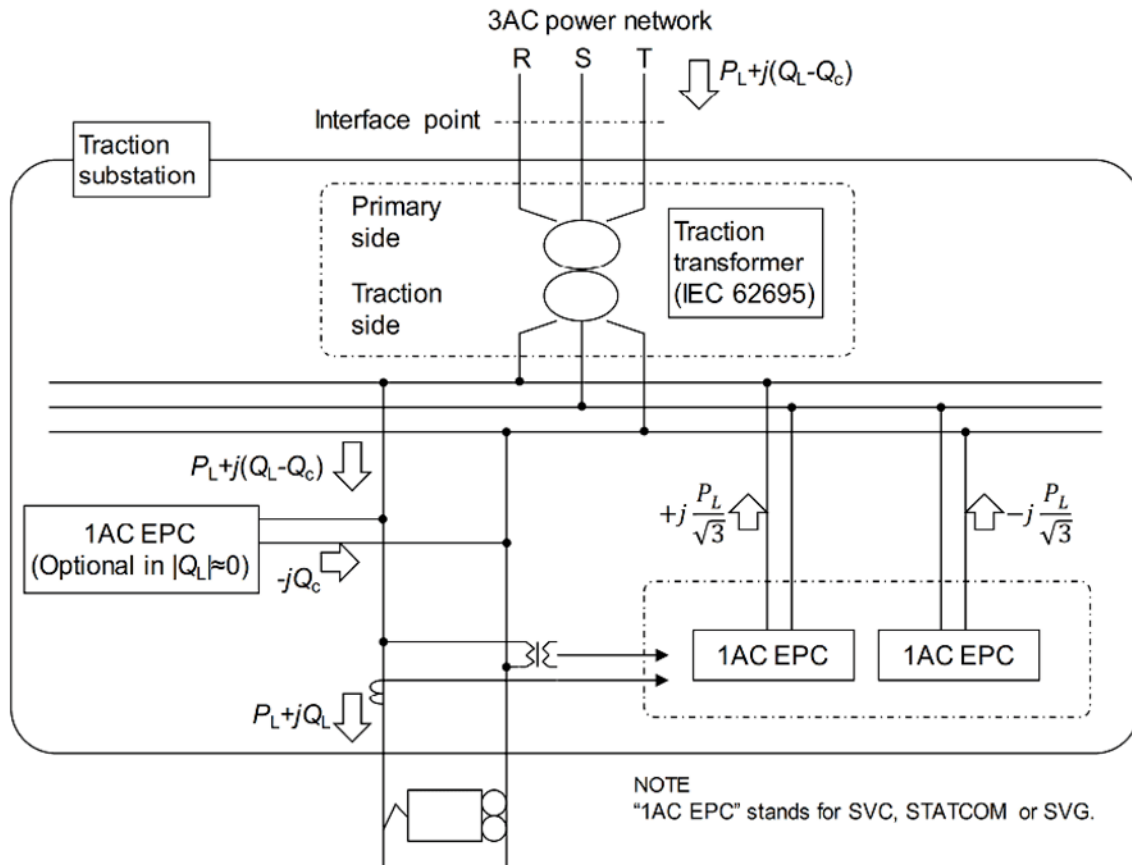
EN	DE
3AC power network	3AC-Versorgungsnetz
Interface point	Schnittstelle
(summation of three-phases)	(Summierung der Dreiphasen)
Traction substation	Bahnunterwerk
Traction transformer (IEC 62695)	Bahn-Transformator (IEC 62695)
Primary side	Primärseite
Traction side	Bahnseite
T-phase	T-Phase
M-phase	M-Phase

Bild 4 – Einrichtung, die Wirkleistung zwischen zwei verschiedenen orthogonalen 1AC-Stromkreisen austauscht und/oder Blindleistung in 1AC-Stromkreise einspeist

4.3.3 Einrichtung, die mit der Sekundärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators unter Anwendung des Steinmetz-Prinzips verbunden ist

Zwei Sätze der in 4.2.1 beschriebenen einphasigen SVC werden in jedes Phasenpaar mit Ausnahme des mit dem elektrischen Bahnenergieversorgungssystem verbundenen Phasenpaars eingesetzt. Sie werden unsymmetrisch und zusammen als eine Gruppe so gesteuert, dass der primärseitige 3AC-Schaltkreis mit symmetriertem Strom belastet wird. Der SUC ist ein Beispiel für diese Art von Einrichtung. Dieselbe Funktion wird auch durch einen STATCOM mit selbstgeführter Kommutierung und mit einer entsprechenden Konfiguration, einschließlich eines gemeinsamen oder getrennten DC-Zwischenkreises, verwirklicht.

Ein einphasiger SVC mit entweder netzgeführter oder selbstgeführter Kommutierung darf an einer oder mehreren Phasen mit der Betriebslast eines Zuges kombiniert werden, um den Leistungsfaktor an der Stelle, an der die Leistung empfangen wird, durch Kompensation der Blindleistung zu verbessern, die von Fahrzeugen mit Antriebsanlagen mit kleinem Leistungsfaktor herrührt. Auf Bild 5 wird verwiesen.



Legende

- P_L : gesamte Wirkleistung des Bahnfahrzeugs auf der Strecke
 Q_L : gesamte Blindleistung des Bahnfahrzeugs auf der Strecke
 Q_C : Blindleistung, die der 1AC EPC einspeist

EN	DE
3AC power network	3AC-Versorgungsnetz
Interface point	Schnittstelle
Traction substation	Bahnunterwerk
Primary side	Primärseite
Traction side	Bahnseite
Traction transformer (IEC 62695)	Bahn-Transformator (IEC 62695)
1AC EPC (Optional in ...)	1AC EPC (optional in ...)
NOTE „1AC EPC“ stands for SVC, STATCOM or SVG	ANMERKUNG „1AC EPC“ bedeutet SVC, STATCOM oder SVG

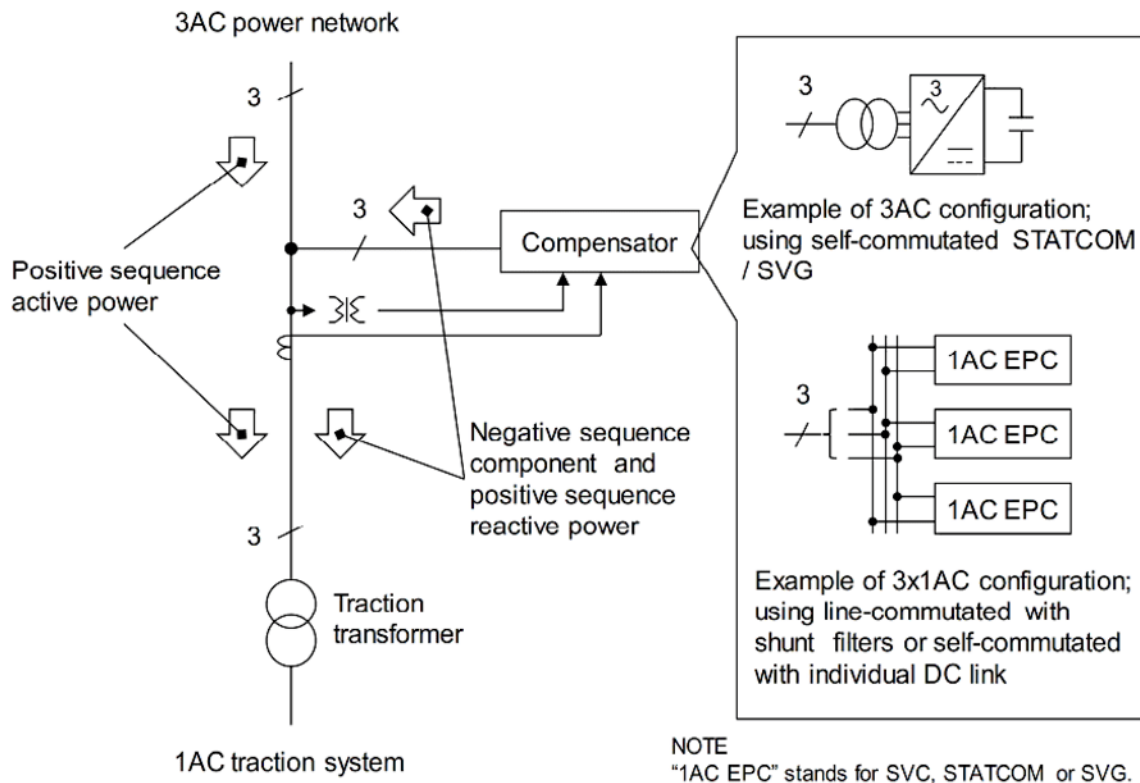
Bild 5 – Einrichtung, die mit der Sekundärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators unter Anwendung des Steinmetz-Prinzips verbunden ist

4.4 Einrichtungen, die auf der Primärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators angeschlossen werden

Die Drehstrom-Unsymmetrie eines Bahnunterwerks kann durch die Verwendung einer Einrichtung, die auf der Primärseite des 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators angeschlossen wird, unmittelbar reduziert werden.

Diese Art von Einrichtung symmetriert einen 3AC-Schaltkreis durch unsymmetrisches Einspeisen von Blindleistung in jedes Phasenpaar oder durch Austausch von Wirkleistung zwischen den Phasen. Die Einrichtung kompensiert außerdem Blindleistung, wenn sie eine ausreichende Kapazität aufweist. Auf Bild 6 wird verwiesen.

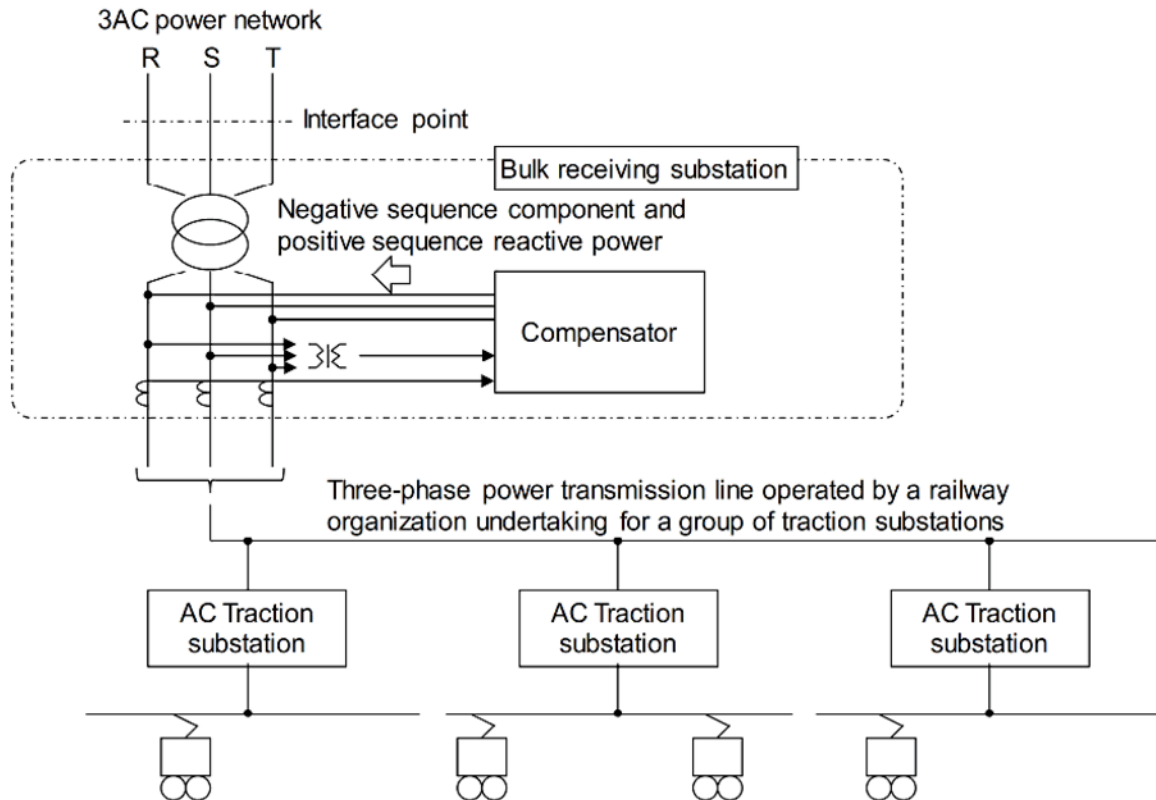
ANMERKUNG Der Drehstrom-STATCOM mit selbstgeführter Kommutierung oder der Drehstrom-SVG, der für diesen Zweck verwendet wird, wird unsymmetrisch gesteuert – im Gegensatz zu denjenigen, die üblicherweise für ein Versorgungsnetz verwendet werden.



EN	DE
3AC power network	3AC-Versorgungsnetz
Positive sequence active power	Mitkomponente der Wirkleistung
Compensator	Kompensator
Example of 3AC configuration, using self-commutated STATCOM / SVG	Beispiel für eine 3AC-Konfiguration; Verwendung eines STATCOM mit selbstgeführter Kommutierung / SVG
1AC EPC	1AC EPC
Negative sequence component and positive sequence reactive power	Gegenkomponente und Mitkomponente der Blindleistung
Traction transformer	Bahn-Transformator
Example of 3x1AC configuration; using line-commutated with shunt filters or self-commutated with individual DC link	Beispiel für eine 3x1AC-Konfiguration; Verwendung mit netzgeführter Kommutierung mit Shunt-Filtern oder mit selbstgeführter Kommutierung mit einzelnen DC-Zwischenkreisen
1AC traction system	1AC-Bahnenergieversorgungssystem
NOTE „1AC EPC“ stands for SVC, STATCOM or SVG	ANMERKUNG „1AC EPC“ bedeutet SVC, STATCOM oder SVG

Bild 6 – Einrichtung, die eine Unsymmetrie auf der Primärseite eines 3AC-Schaltkreises eines Bahn-Transformators kompensiert

In einigen AC-Bahnenergieversorgungssystemen empfängt das zentrale Einspeise-Unterwerk die Leistung von dem 3AC-Versorgungsnetz und verteilt diese an eine Gruppe von Bahnunterwerken über der Bahn zugehörigen Übertragungsleitungen. In diesen Fällen kann als Erweiterung des oben beschriebenen Konzeptes die Einrichtung, die Blindleistung unsymmetrisch kompensiert und Wirkleistung zwischen den Phasen des zentralen Einspeise-Unterwerks auf der Seite hin zur Übertragungsleitung austauscht, die von mehreren Bahnunterwerken erzeugte Unsymmetrie als Ganzes kompensieren. Auf Bild 7 wird verwiesen.



EN	DE
3AC power network	3AC-Versorgungsnetz
Interface point	Schnittstelle
Bulk receiving substation	Zentrales Einspeise-Unterwerk
Negative sequence component and positive sequence reactive power	Gegenkomponente und Mitkomponente der Blindleistung
Compensator	Kompensator
Three-phase power transmission line operated by a railway organization undertaking for a group of traction substations	Durch ein Bahnunternehmen betriebene Drehstrom-Energieübertragungsleitung für eine Gruppe von Bahn-Unterwerken
AC traction substation	AC-Bahnunterwerk

Bild 7 – Einrichtung, die eine von mehreren Bahnunterwerken erzeugte Unsymmetrie als Ganzes kompensiert

5 Auslegung und Aufstellung

5.1 Allgemeines

Die Auslegung eines elektronischen Leistungskompensators erfolgt normalerweise unter Beachtung folgender Punkte:

- a) Überprüfung der rechtlichen sowie öffentlichen oder privaten Kriterien für die Spannungsqualität;
- b) Abschätzung der Last des betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystems und des Zustands der Leistungsquelle;
- c) Abschätzung des Umfangs der Verschlechterung der Spannungsqualität, die durch die geschätzte Last und den Zustand der Leistungsquelle verursacht wird;
- d) Ermittlung der Maßnahme, die durchzuführen ist, falls die Verschlechterung der Spannungsqualität von dem zulässigen Bereich abweicht;
- e) Festlegung der Anforderung an das Aufrechterhalten der Spannungsqualität innerhalb des zulässigen Bereichs;
- f) Auslegung eines Kompensators anhand der gewählten Methode und des erforderlichen Kompensationsvolumens.

Dieser Auslegungsprozess, der erforderlich ist, um einen elektronischen Leistungskompensator so aufzustellen, dass die gewünschte Wirkung erzielt wird, wird aus rein technischer Sicht beschrieben. Die Instanz, die für die Gesamtintegration eines elektrischen Bahnenergieversorgungssystems mit einem elektrischen Leistungskompensator verantwortlich ist, kann von Projekt zu Projekt variieren. Die tatsächliche Zuteilung von Aufgaben unter den in Abschnitt 5 beschriebenen am Prozess Beteiligten gehört daher nicht zum Anwendungsbereich dieses Dokuments.

5.2 Überprüfung der rechtlichen sowie öffentlichen oder privaten Kriterien für die Spannungsqualität

Die Kriterien für die Spannungsqualität in AC-Bahnenergieversorgungssystemen müssen den in IEC 60850 und IEC 62313 aufgeführten Anforderungen entsprechen. Besondere nationale Bedingungen, falls vorhanden, haben Vorrang vor anderen.

Wenn ein Infrastrukturmanager 3AC- oder 1AC-Leistung von einem Energieversorgungsunternehmen erhält, haben besondere nationale Bedingungen und/oder vom Energieversorgungsunternehmen festgelegte Anforderungen, falls vorhanden, Vorrang.

Beispiele für Kriterien für die Spannungsqualität sind in [Anhang C](#) aufgeführt.

5.3 Abschätzung der Last des betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystems und des Zustands der Leistungsquelle

Der Höchstwert und/oder der Schwankungsbereich der voraussichtlichen Blind- und Wirkleistung in dem Abschnitt des AC-Bahnenergieversorgungssystems, in dem die Einrichtung eingebaut wird, müssen festgelegt werden. Eine ausführlichere Untersuchung darf nach einer Vereinbarung zwischen dem Benutzer und dem Hersteller durchgeführt werden.

Falls die Einrichtung in eine vorhandene Strecke eingebaut wird, dürfen Ergebnisse von Messungen an dem betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystem für die Abschätzung der Last teilweise oder ganz verwendet werden.

Der Zustand, der für das 3AC-Versorgungsnetz eigen ist, das mit dem Bahnunterwerk für den betrachteten Bahnabschnitt verbunden werden soll und die Spannungsqualität beeinflussen darf, muss festgelegt werden. Die Kurzschlussleistung und die Oberschwingungsimpedanz des Versorgungsnetzes sind zwei der wesentlichen, zu berücksichtigenden Parameter. Die Bedingung für die Abschätzung des als Kurzschlussleistung zu wählenden Wertes muss unter Berücksichtigung der Kriterien ermittelt werden, die während der in 5.2 erwähnten Überprüfung festgelegt wurden.

5.4 Abschätzung des Umfangs der Verschlechterung der Spannungsqualität, der durch die geschätzte Last und den Zustand der Leistungsquelle verursacht wird

5.4.1 Allgemeines

Der Umfang der Verschlechterung der Spannungsqualität in dem betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystem und/oder dem 3AC-Versorgungsnetz muss aufgrund der Last und des in 5.3 geschätzten Zustands der Leistungsquelle geschätzt werden.

Falls die Einrichtung in eine vorhandene Strecke eingebaut wird, dürfen Ergebnisse von Messungen an dem betrachteten AC-Bahnenergieversorgungssystem und/oder dem 3AC-Versorgungsnetz für die Abschätzung der Last teilweise oder ganz verwendet werden.

5.4.2 Berechnung des Spannungsfalls in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem

Der Spannungsfall in einem 1AC-Bahnenergieversorgungssystem darf anhand der in [Anhang A](#) aufgeführten Methode berechnet werden.

5.4.3 Berechnung der Drehstrom-Unsymmetrie an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz

Die Drehstrom-Unsymmetrie an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz darf anhand der in [Anhang B](#) aufgeführten Methode berechnet werden. Auf die Beschreibung in IEC 62695:2014, Abschnitt 10, darf verwiesen werden. Besondere nationale Bedingungen, falls vorhanden, haben Vorrang vor anderen.

5.4.4 Berechnung des Leistungsfaktors an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz

Der Leistungsfaktor wird als das Verhältnis des absoluten Betrags der Wirkleistung zu der an der Schnittstelle zu einem 3AC-Versorgungsnetz voraussichtlich vorhandenen Scheinleistung berechnet.

Falls eine Drehstrom-Unsymmetrie erwartet wird, sollte der Leistungsfaktor durch Addition der Werte für Wirkleistung und für Scheinleistung für jede der drei Phasen berechnet werden.

Bei einer schwankenden Last sollte der Leistungsfaktor mittels des Integrals sowohl der Wirkleistung als auch der Scheinleistung für die festgelegte Dauer berechnet werden. Die Festlegung dieser Dauer darf Teil des in 5.2. beschriebenen Schrittes sein.

5.5 Ermittlung der Maßnahme, die durchzuführen ist, falls die Verschlechterung der Spannungsqualität von dem zulässigen Bereich abweicht

Falls der in 5.4 geschätzte Umfang der Verschlechterung der Spannungsqualität den in 5.2 ermittelten zulässigen Bereich überschreitet, muss eine Lösung gefunden werden. Die folgenden Maßnahmen müssen berücksichtigt werden:

- a) Einbau eines elektronischen Leistungskompensators;
- b) Verstärkung der Infrastruktur der Leistungsquellen wie Kraftwerke oder Übertragungsleitungen;
- c) Koordination der Transportkapazität auf der betroffenen Bahnstrecke.

5.6 Festlegung der Anforderung an das Aufrechterhalten der Spannungsqualität innerhalb des zulässigen Bereichs

Falls der in 5.5 aufgeführte Einbau eines elektronischen Leistungskompensators als Lösung vorgesehen wird, müssen Anforderungen an das Aufrechterhalten der Spannungsqualität innerhalb des zulässigen Bereichs festgelegt werden. Die geeignetste Kompensationsmethode muss unter Hinweis auf [Abschnitt 4](#) dieses Dokuments ausgewählt werden. Das erforderliche Kompensationsvolumen für die gewählte Kompensationsmethode muss ermittelt werden. Eine der nachfolgend aufgeführten Kompensationsstrategien muss vorher bestimmt werden:

- a) volle Kompensation der Spannungsqualität;

- b) so geringe Kompensation wie nötig, um die Spannungsqualität innerhalb des zulässigen Bereichs zu halten;
- c) Teilkompensation.

Die Strategie bezüglich des Kompensationsvolumens, das erforderlich wird, falls die Einrichtung wegen Instandhaltung teilweise außer Betrieb genommen werden muss, muss gegebenenfalls zwischen dem Benutzer und dem Hersteller vereinbart werden.

5.7 Auslegung eines Kompensators anhand der gewählten Methode und des erforderlichen Kompensationsvolumens

5.7.1 Allgemeines

Ein elektronischer Leistungskompensator muss anhand der in 5.6 festgelegten Methode und des erforderlichen Kompensationsvolumens ermittelt werden. Bei der Auslegung muss eine Koordination mit anderen Systemen berücksichtigt werden.

5.7.2 Koordination mit anderen Systemen

Die von den Geräten eines elektronischen Leistungskompensators erzeugten Oberschwingungen dürfen die Leistungsfähigkeit anderer Systeme, insbesondere Signalanlagen und/oder Kommunikationssysteme, nicht beeinträchtigen.

Die Auswirkungen der Oberschwingungen müssen z. B. mittels Simulationen oder Berechnungen bewertet werden, wobei die Methode zwischen dem Benutzer und dem Hersteller vereinbart werden muss.

Der Hersteller muss den Benutzer bitten, ihm die Frequenzbereiche mitzuteilen, die Signalanlagen und/oder Kommunikationssysteme beeinträchtigen könnten.

Ebenso muss der Hersteller den Benutzer bitten, Kurven über die relevante Oberschwingungsimpedanz zur Verfügung zu stellen, so dass Filter, falls erforderlich, angemessen ausgelegt werden können.

6 Anforderungen an das Leistungsvermögen

6.1 Allgemeines

6.1.1 Bemessung

6.1.1.1 Allgemeines

Die Bemessungswerte des elektronischen Leistungskompensators sind die Werte, die bei der Auslegung des Systems ermittelt werden, damit die Einrichtung eine Leistung liefern kann, ohne festgelegte Grenzwerte, einschließlich der der verwendeten Teile, zu überschreiten und ohne einen Schaden zu verursachen, wenn die Einrichtung unter den festgelegten Betriebsbedingungen betrieben wird.

6.1.1.2 Art des Bemessungsstroms und Belastungsklassen

Die Art des Bemessungsstroms muss IEC 60146-1-1:2009, 6.4.3, entsprechen.

Falls andere Werte festgelegt werden, muss die für den Betrieb erforderliche Belastungsklasse (siehe IEC 60050-151:2001, 151-16-02) in einer Vereinbarung zwischen dem Benutzer und dem Hersteller festgelegt werden.