



Effizientes Energiemanagement elektrischer Antriebe White Paper

de
09/2022
ID 443318.00

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Optionen für den generatorischen Betrieb	4
3 Lösungskonzepte	5
3.1 Energiefluss im System	5
3.2 Weiterleiten an Bremswiderstand	6
3.3 Weiterleiten an elektrische Verbraucher	7
3.4 Zurückspeisen mittels Rückspeisemodul.....	8
3.5 Speichern in Kondensator	9
4 Bewertung der Lösungen	10
5 Prinzipieller Anschluss mit Rückspeisemodul	11
6 Allgemeine Hinweise	13
7 Service	14
Glossar	15

1 Einleitung

Dieses White Paper behandelt das effiziente und nachhaltige Energiemanagement elektrischer Antriebe.

Elektrische Antriebe entnehmen im motorischen Betrieb als Verbraucher elektrische Energie aus dem Versorgungsnetz und wandeln diese in mechanische Energie um, z. B. zum Heben einer Last. Beim Abbremsen von mechanischen Bewegungen wirken elektrische Antriebe hingegen als Generatoren. So wird z. B. beim Senken einer Last die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt.

In der Praxis ist deshalb applikationsbedingt zu prüfen, ob ein generatorischer Betrieb auftritt. Bei generatorischem Betrieb muss die entstehende elektrische Energie entweder weitergeleitet oder gespeichert werden, um Störungen in der Anlage zu vermeiden.

Typische Anwendungen mit generatorischem Betrieb sind:

- Motorprüfstände
- Hochregallager
- Krananlagen
- Wickler
- Windräder
- Verpackungsmaschinen

In den nachfolgenden Kapiteln werden verschiedene Lösungskonzepte für den generatorischen Betrieb einander gegenübergestellt und bewertet.

Haftungsausschluss

Dieses White Paper ist ein kostenloser Service von STÖBER. Es enthält unverbindliche Informationen zur grundsätzlichen Vorgehensweise. Für den Inhalt und die Aktualität enthaltener Beispiele übernimmt STÖBER keine Haftung.

2 Optionen für den generatorischen Betrieb

Es gibt verschiedene Optionen, die einzeln oder kombiniert die Problematik überschüssiger elektrischer Energie lösen können.

Weiterleiten

Überschüssige Energie kann an elektrische Verbraucher weitergeleitet oder ins Versorgungsnetz zurückgespeist werden, z. B.:

- Bremswiderstände
- Gleichspannungswandler
- Antriebe
- Rückspeisemodule

Speichern

Als Energiespeicher eignen sich folgende Speicher:

- Elektrische Speicher wie z. B. Kondensatoren
- Elektrochemische Speicher wie z. B. Akkumulatoren
- Mechanische Speicher wie z. B. Schwungräder

3 Lösungskonzepte

Die nachfolgenden Kapitel geben zunächst einen Überblick über den möglichen Energiefluss innerhalb des Systems. Es folgt die Beschreibung einer marktüblichen Lösung, bei der die Energie an einen Bremswiderstand weitergeleitet wird. Im Anschluss folgen Konzepte, bei denen die Energie entweder an elektrische Verbraucher weitergeleitet, ins Versorgungsnetz zurückgespeist oder gespeichert wird.

Einen Überblick über die in den Grafiken verwendete Nummerierung der einzelnen Komponenten liefert folgende Tabelle.

Nr.	Komponente
1	Versorgungsnetz (AC)
2	Gleichrichter (AC-DC)
3	Wechselrichter (DC-AC)
4	Motor/Generator
5	Bremswiderstand
6	Speicher
7	Brems-Chopper
8	Versorgungsmodul (Gleichrichter mit Brems-Chopper)
9	Rückspeisemodul (netzgeführter Wechselrichter)

Tab. 1: Mögliche Systemkomponenten

3.1 Energiefluss im System

Umrichter, Wechselrichter, Gleichrichter und Gleichspannungswandler gehören zur Gruppe der Stromrichter. Mithilfe dieser Stromrichter und den verschiedenen Möglichkeiten zum Umgang mit überschüssiger elektrischer Energie ergeben sich viele Lösungsvarianten für den generatorischen Betrieb. Die folgende Grafik gibt dazu einen Überblick.

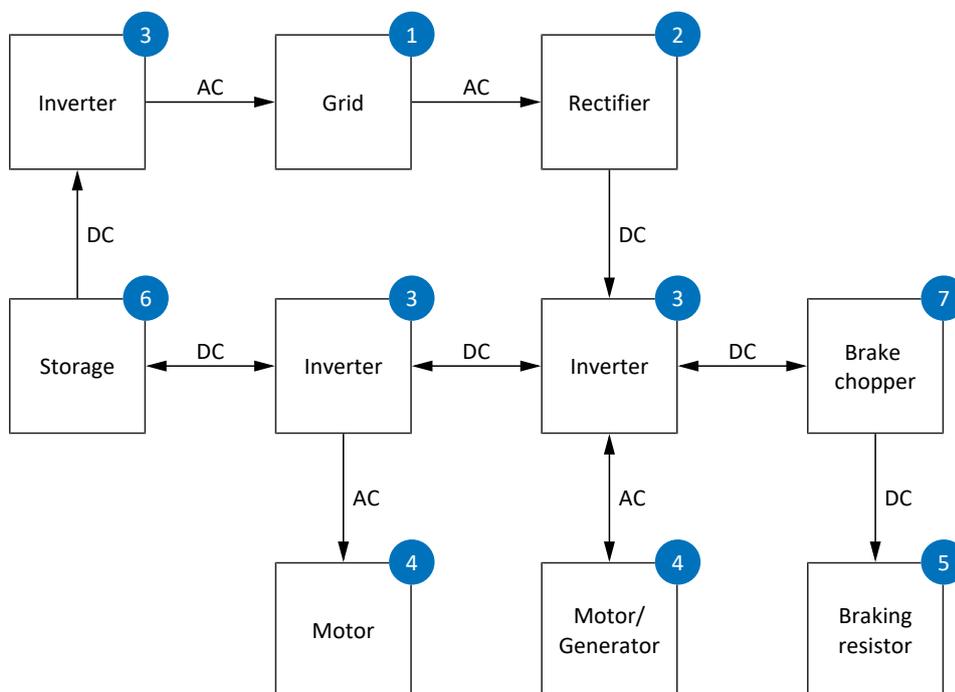


Abb. 1: Systemüberblick zum Energiefluss im System

3.2 Weiterleiten an Bremswiderstand

Die Bremsenergie im generatorischen Betrieb des Motors wird mithilfe eines Bremswiderstands in thermische Energie umgewandelt.

Die Umwandlung der elektrischen in thermische Energie, z. B. beim Stoppen einer Maschine, stellt eine einfache und wirtschaftliche Lösung dar, welche am Markt weit verbreitet ist. Die Ansteuerung des Bremswiderstands erfolgt über das Versorgungsmodul, einen Gleichrichter mit integriertem Brems-Chopper.

Die im Bremswiderstand in Wärme umgewandelte Energiemenge ist applikationsabhängig.

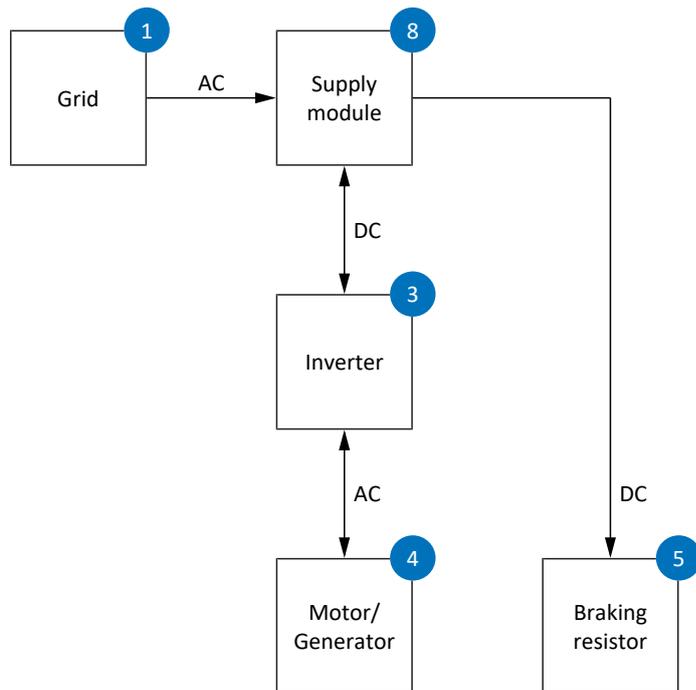


Abb. 2: Weiterleiten an Bremswiderstand (Standardlösung)

3.3 Weiterleiten an elektrische Verbraucher

Die Bremsenergie im generatorischen Betrieb des Motors wird elektrischen Verbrauchern zur Verfügung gestellt.

Diese Lösung bietet ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten. Von Motorprüfständen mit zwei mechanisch und elektrisch gekoppelten Motoren bis hin zu Verpackungsmaschinen mit vielen Antrieben.

Statische Verbraucher im Zwischenkreis, z. B. Gebläse oder Gleichspannungswandler, stellen eine Grundlast dar und können die Energiemenge im Zwischenkreis deutlich verringern.

Auf einen Bremswiderstand kann in der Regel nicht verzichtet werden. Der Nothalt-Fall wird aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel mithilfe eines Bremswiderstands gelöst.

Die im Bremswiderstand in Wärme umgesetzte Energie kann applikationsabhängig verringert werden.

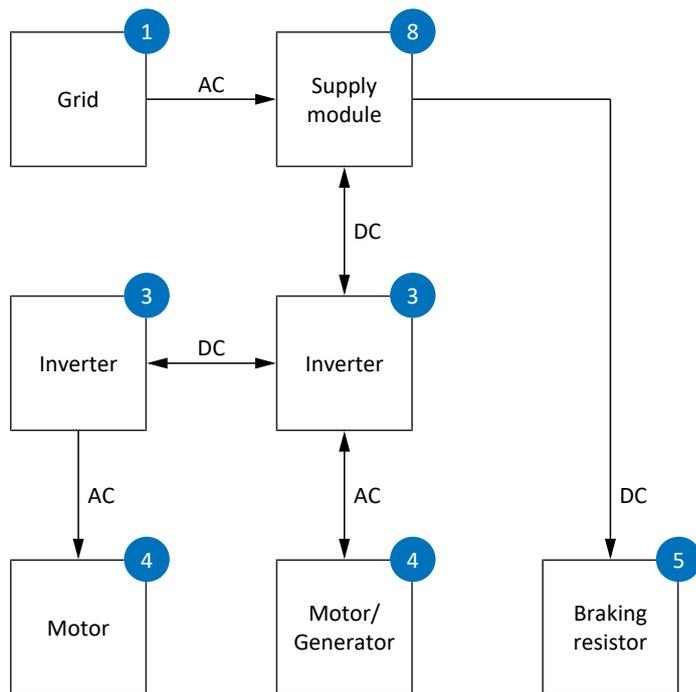


Abb. 3: Weiterleiten an elektrische Verbraucher

3.4 Zurückspeisen mittels Rückspeisemodul

Die Bremsenergie im generatorischen Betrieb des Motors wird mithilfe eines Rückspeisemoduls (netzgeführter Wechselrichter) ins Versorgungsnetz zurückgespeist.

Rückspeisemodule kommen typischerweise bei langem und intensivem generatorischen Betrieb zum Einsatz, wie z. B. in Hochregallagern oder Kränen.

Auf einen Bremswiderstand kann in der Regel nicht verzichtet werden, da bei einer Trennung des Rückspeisemoduls vom Versorgungsnetz eine alternative Möglichkeit für die Handhabung der Bremsenergie benötigt wird.

Die im Bremswiderstand in Wärme umgesetzte Energie kann im Normalbetrieb minimiert werden.

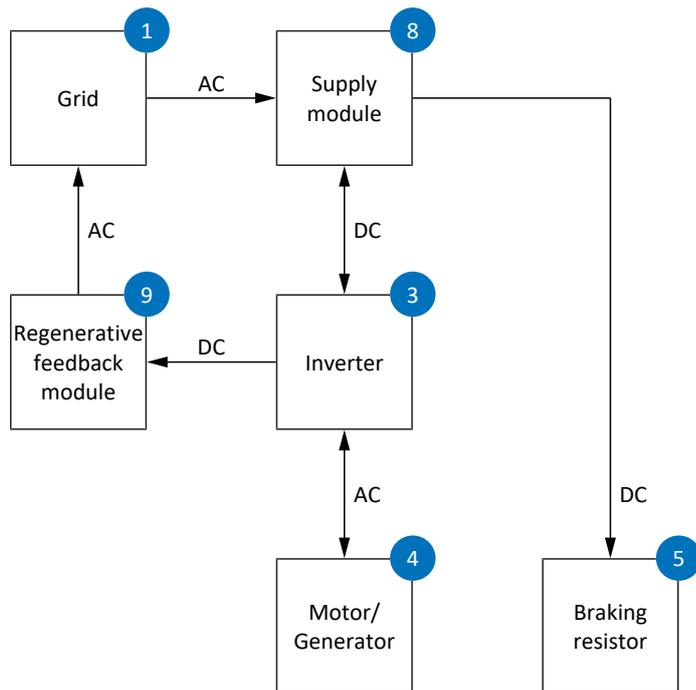


Abb. 4: Zurückspeisen ins Versorgungsnetz mittels Rückspeisemodul

3.5 Speichern in Kondensator

Die Bremsenergie im generatorischen Betrieb des Motors wird in einem Kondensator gespeichert. Diese Energie steht im nächsten Beschleunigungszyklus wieder zur Verfügung. In seltenen Fällen kommen alternativ zu Kondensatoren auch Akkumulatoren oder mechanische Speicher zum Einsatz.

Diese Lösung ist häufig bei schnell taktenden Maschinen mit mehreren Antrieben zu finden, z. B. in der Verpackungstechnik.

Auf einen Bremswiderstand kann bei Mehrachs Anwendungen in der Regel nicht verzichtet werden, da die Speicherkapazität des Kondensators begrenzt ist. Der Nothalt-Fall wird aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel mithilfe eines Bremswiderstands gelöst.

Die im Bremswiderstand in Wärme umgesetzte Energie kann applikationsabhängig verringert werden.

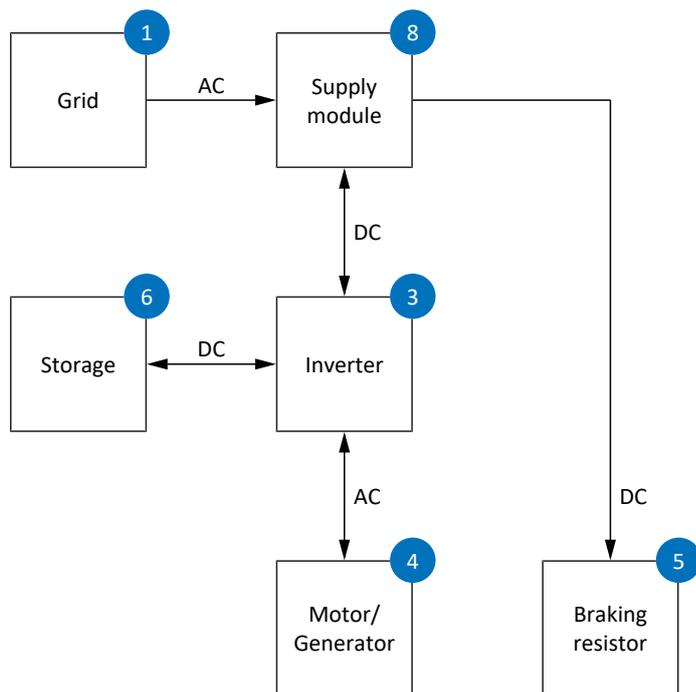


Abb. 5: Speichern in Kondensator

4 Bewertung der Lösungen

Die nachfolgende Tabelle liefert eine Gegenüberstellung und Bewertung der unterschiedlichen Lösungen für den generatorischen Betrieb.

Lösung	Vorteile	Nachteile
Weiterleiten an Bremswiderstand	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten ▪ Einfache Handhabung ▪ Geringer Platzbedarf ▪ Gute Skalierbarkeit ▪ Gute Nachrüstbarkeit ▪ Große Auswahl 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Betriebskosten ▪ Abwärme
Weiterleiten an elektrische Verbraucher	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten ▪ Einfache Handhabung ▪ Geringer Platzbedarf ▪ Gute Skalierbarkeit ▪ Geringe Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlechte Nachrüstbarkeit
Zurückspeisen mittels Rückspeisemodul	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stand-Alone-Lösung ▪ Entkopplung von Versorgungs- und Rückspeiseleistung ▪ Gute Skalierbarkeit ▪ Geringe Betriebskosten ▪ Geringe Schwankung des Zwischenkreises 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten ▪ Großer Platzbedarf ▪ Hoher Installationsaufwand ▪ Schlechte Nachrüstbarkeit
Zurückspeisen mittels kombiniertem Versorgungs-/Rückspeisemodul	<ul style="list-style-type: none"> ▪ All-in-One-Lösung ▪ Wegfall des Versorgungsmoduls ▪ Geringe Betriebskosten ▪ Geringe Schwankung des Zwischenkreises 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten ▪ Großer Platzbedarf ▪ Hoher Installationsaufwand ▪ Schlechte Skalierbarkeit ▪ Schlechte Nachrüstbarkeit
Speichern in Kondensator	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten ▪ Einfache Handhabung ▪ Geringe Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlechte Skalierbarkeit ▪ Geringe Pufferleistung ▪ Kurze Pufferzeit ▪ Geringe Auswahl

Tab. 2: Bewertung der Lösungen für den generatorischen Betrieb

5 Prinzipieller Anschluss mit Rückspeisemodul

Nachfolgende Grafik zeigt beispielhaft den prinzipiellen Anschluss eines Antriebssystems mit Rückspeisemodul.

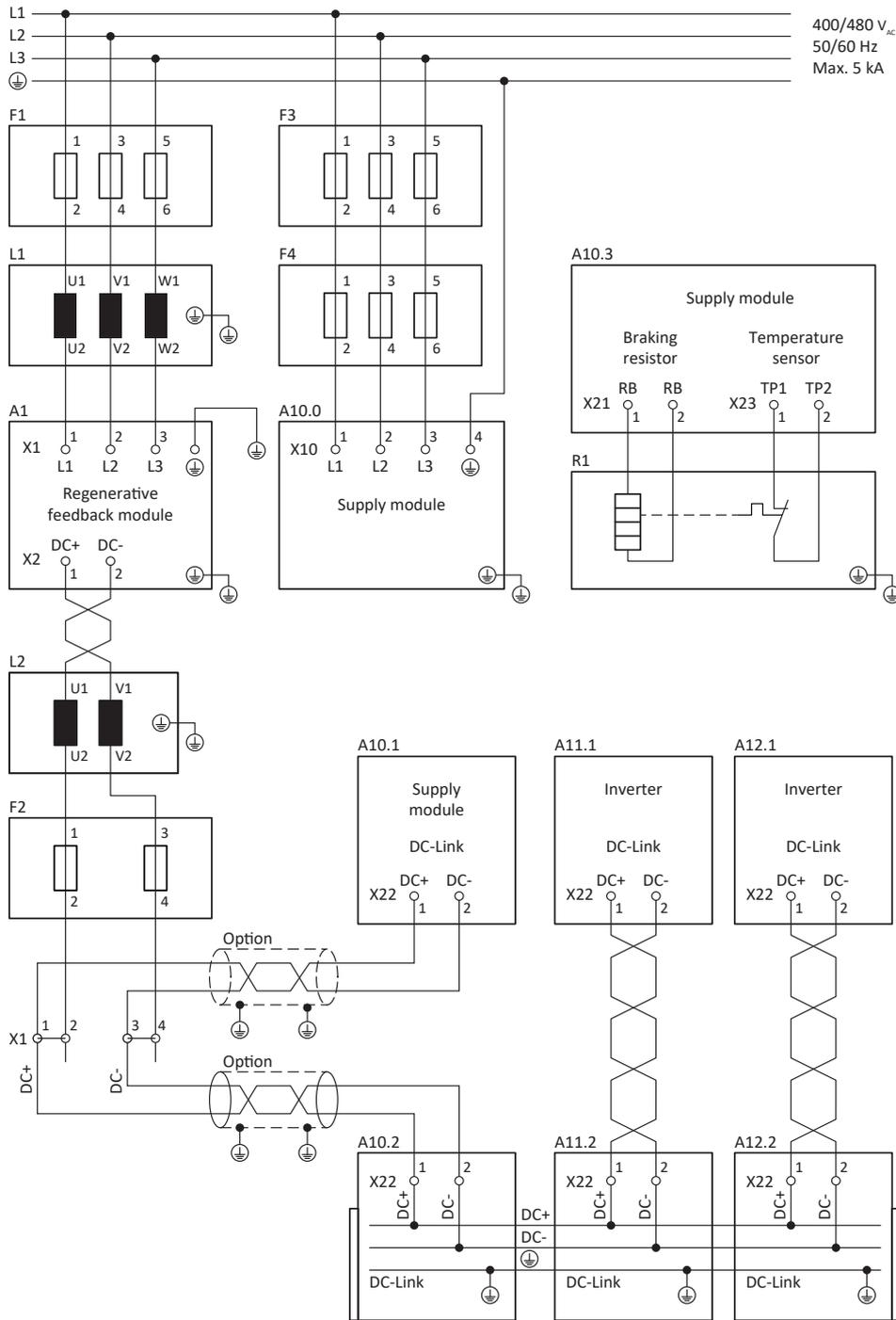


Abb. 6: Prinzipschaltbild mit Rückspeisemodul

Baugruppe	Beschreibung	Baugruppe	Beschreibung
A1	Rückspeisemodul (netzgeführter Wechselrichter)	F2	Optionaler DC-Kurzschlusschutz
A10	Versorgungsmodul (Gleichrichter mit Brems-Chopper)	F4	Kurzschlusschutz
A10.2, A11.2, A12.2	DC-Link-Modul	L1	Optionale Netzdrossel oder EMV-Filter
A11, A12	Wechselrichter	L2	Optionale Zwischenkreisdrossel
F1, F3	Überlastschutz	R1	Bremswiderstand mit Temperatursensor

ACHTUNG!**Geräteschaden durch Überspannung!**

Bei Ausfall der Netzsicherungen des Rückspeisemoduls können elektrische Verbraucher im Rückspeisepfad überlastet werden.

- Installieren Sie keine elektrischen Verbraucher im Rückspeisepfad zwischen Rückspeisemodul und Netzsicherung.

Das Versorgungsmodul A10 (Gleichrichter mit integriertem Brems-Chopper) wird über die Sicherungen F3 (Überlastschutz) und F4 (Kurzschlusschutz) an die Versorgungsspannung angeschlossen.

Der Gleichrichter des Versorgungsmoduls wandelt die AC-Versorgungsspannung in die von den Wechselrichtern benötigte DC-Spannung um. Mithilfe der DC-Link-Module A10.2, A11.2 und A12.2 wird die DC-Spannung vom Versorgungsmodul an die angeschlossenen Wechselrichter A11.1 und A12.1 weitergeleitet. Die DC-Link Module sorgen zusätzlich für den Energieaustausch zwischen den Wechselrichtern.

Der Brems-Chopper A10.3 wandelt im generatorischen Betrieb mithilfe des Bremswiderstands R1 überschüssige elektrische Energie in thermische Energie um.

Das Rückspeisemodul (netzgeführter Wechselrichter) benötigt Verbindungen zum Versorgungsnetz und zur DC-Verbindung der Wechselrichter.

Der einfachste Weg, die DC-Verbindung herzustellen, ist die Integration eines kompakten Verteilers (X1) mit Reihenklammern zwischen Versorgungsmodul A10.1 und dem DC-Link-Modul A10.2 des Versorgungsmoduls.

Die Einbindung des Rückspeisemoduls muss in Übereinstimmung mit der bestimmungsgemäßen Verwendung erfolgen. Hier gibt es herstellerabhängige Unterschiede. Herstellerabhängig kann der Einsatz von Zwischenkreisdrosseln, DC-Sicherungen, Netzdrosseln oder EMV-Filter vorgeschrieben sein sowie weiteres Zubehör gefordert werden. Prüfen Sie insbesondere den Einsatz geeigneter Komponenten, um die EMV-Grenzwerte der EN 61800-3 einzuhalten.

6 Allgemeine Hinweise

Bereits bei der Planung des Antriebssystems sind nachfolgend gelistete Punkte zu berücksichtigen.

Bestimmungsgemäße Verwendung

Bestimmungsgemäße Verwendung der Komponenten, z. B.:

- Umgebungsbedingungen
- Anwendungsbeschränkungen
- Zulässige Leitungslängen
- Keine elektrischen Verbraucher im Rückspeisepfad

Für die bestimmungsgemäße Verwendung notwendiges Zubehör, z. B.:

- Drosseln
- EMV-Filter
- Sicherungen

Anschluss

Anforderungen an Leitungen, z. B.:

- Schutzleiterverbindungen
- DC-Leitungen:
 - Verdrillte Ausführung
 - Geschirmte Ausführung bei einer Gesamtlänge > 30 cm

Technische Daten bei der Auswahl von Leitungen und Klemmen, z. B.:

- Leiterquerschnitte
- Strombelastbarkeit
- Betriebsspannung

Betrieb

Schnellhalt:

- Dimensionierung der Bremswiderstände

Fehlerfälle im Betrieb, z. B.:

- Sicherungselemente sprechen an
- Rückspeisemodul wird vom Netz getrennt

7 Service

Unsere Anwendungsingenieure verfügen über Erfahrung mit Rückspeisemodulen verschiedener Hersteller.

Kontaktieren Sie bei Interesse den STÖBER System-Support:

Fon +49 7231 582-3060

systemsupport@stoerber.de

Glossar

Brems-Chopper

Komponente eines Antriebssystems, die zur Überwachung der Zwischenkreisspannung dient. Diese Überwachung ist erforderlich, da es im Zwischenkreis zu Überspannungen kommen kann. Sie entstehen bei Bremsvorgängen des Motors. An der Komponente ist der Bremswiderstand angeschlossen, der die überschüssige Energie im Zwischenkreis in thermische Energie umwandelt.

Bremswiderstand

Elektrischer Widerstand, der über einen Brems-Chopper eingeschaltet wird, um bei größeren Bremsenergien eine Gefährdung der elektrischen Bauteile zu vermeiden, indem die Zwischenkreisspannung begrenzt wird. Im Widerstand wird die oft nur kurzzeitig anfallende Bremsenergie in Wärme umgesetzt.

Gleichrichter

Elektrisches Gerät, das eine Wechselspannung in eine Gleichspannung umwandelt (AC-DC). Gehört zur Gruppe der Stromrichter.

Gleichspannungswandler

Elektrisches Gerät, das eine am Eingang zugeführte Gleichspannung in eine Gleichspannung mit höherem, niedrigerem oder invertiertem Spannungsniveau umwandelt (DC-DC). Gehört zur Gruppe der Stromrichter.

Rückspeisemodul

Netzgeführter Wechselrichter zur Einspeisung in ein AC-Versorgungsnetz.

Stromrichter

Ruhendes elektrisches Gerät (d. h. ohne bewegliche Teile, aber nicht notwendig stationär) zur Umwandlung einer eingespeisten elektrischen Stromart in die jeweils andere oder zur Änderung charakteristischer Parameter wie Spannung und Frequenz.

Umrichter

Elektrisches Gerät, das aus einer Wechselspannung eine in Frequenz und Amplitude verschiedene neue Wechselspannung erzeugt (AC-AC). Gehört zur Gruppe der Stromrichter.

Versorgungsmodul

Gleichrichter zur Einspeisung in ein DC-Versorgungsnetz, optional mit integriertem Brems-Chopper.

Wechselrichter

Elektrisches Gerät, das eine Gleichspannung in eine Wechselspannung umwandelt (DC-AC). Gehört zur Gruppe der Stromrichter.



4 4 3 3 1 8 . 0 0

09/2022

STÖBER Antriebstechnik GmbH + Co. KG
Kieselbronner Str. 12
75177 Pforzheim
Germany
Tel. +49 7231 582-0
mail@stoeber.de
www.stober.com

24 h Service Hotline
+49 7231 582-3000

www.stober.com