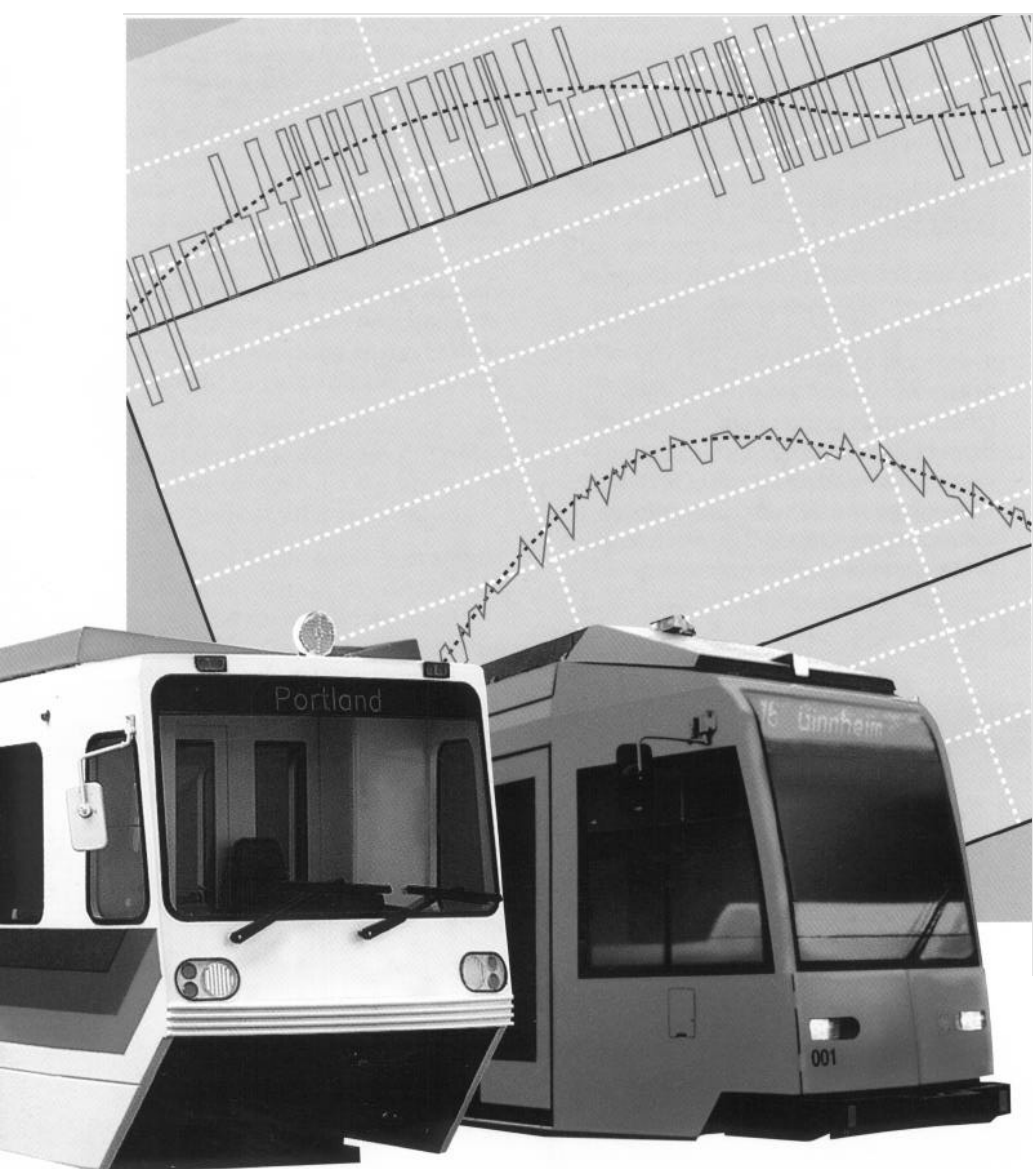


SIEMENS

Wirtschaftlicher Drehstromantrieb
für den Nahverkehr:
IGBT-Umrichter



Leicht, kompakt, leistungsfähig: Unsere IGBT-Umrichter als „State of the Art“



Niederflurstraßenbahn

Die Basis: Drehstromantriebstechnik...

Als Antrieb in Nahverkehrsfahrzeugen haben sich Drehstrom-Asynchronmotoren durchgesetzt: Robust und wartungsarm, stehen sie für problemlosen Betrieb über die gesamte Fahrzeuglebensdauer. Ihre Kompaktheit und Leistungsfähigkeit erlauben hohe Traktionsleistung auf kleinstem Raum und bei geringem Gewicht.

Asynchronmotoren können ihre Stärken voll ausspielen, wenn sie aus mikroprozessorgesteuerten Umrichtern gespeist werden. Deren Aufgabe ist unter anderem

*die bedarfsgerechte Versorgung der Antriebsmotoren

*der stoß- und ruckfreie Fahrbetrieb als Grundlage für Komfort und hohe Attraktivität

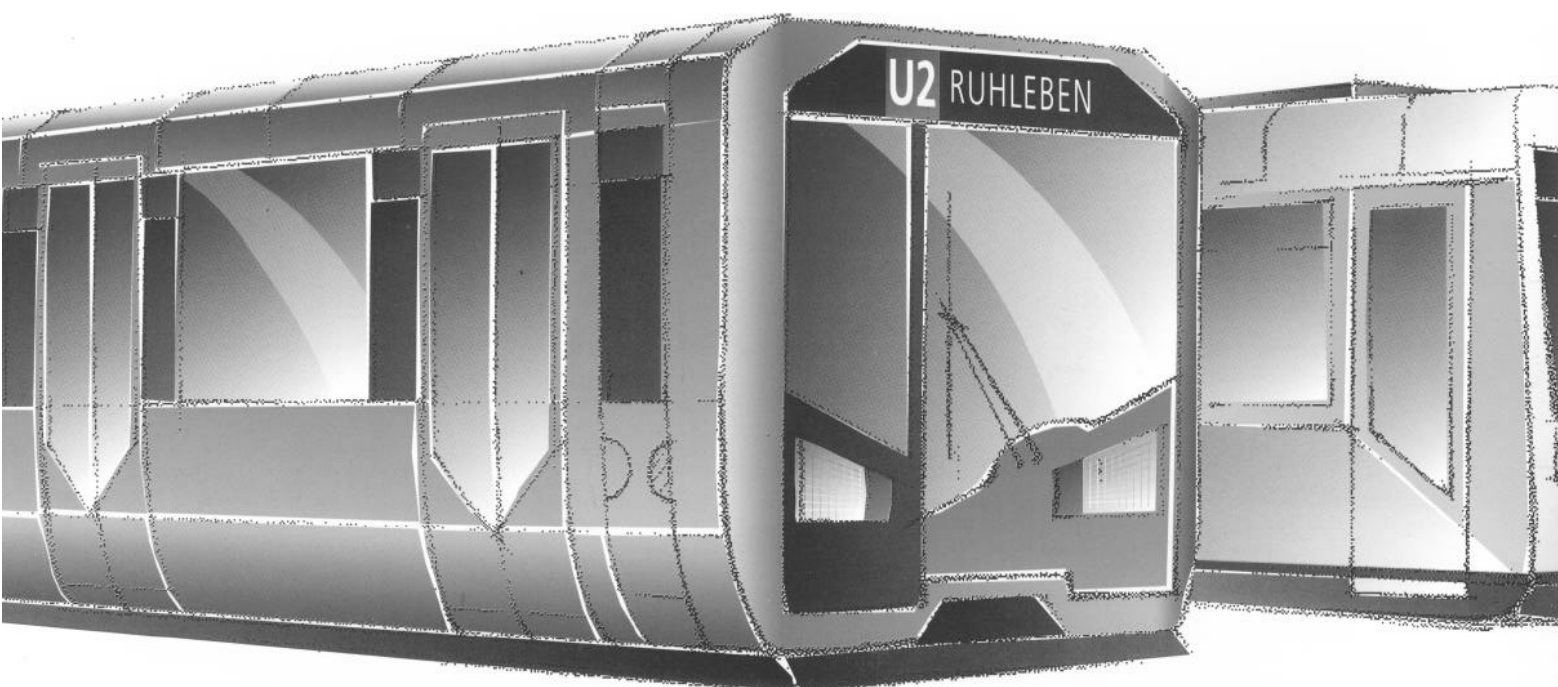
*die Rückspeisung der Bremsenergie ins Versorgungsnetz – ein Faktor für spürbare Energieeinsparung.

kreisumrichter ist damit nicht mehr erforderlich. Außerdem entfällt die zum Einprägen des Zwischenkreisstroms nötige, relativ schwere, verlustbehaftete Drossel: Sie wird ersetzt durch wesentlich leichtere und verlustarme Kondensatoren zur Einprägung der Zwischenkreisspannung.

Der U-Umrichter ermöglicht die direkte Speisung der Motoren in allen vier Quadranten, d.h. Umschalterschütze zur Drehmoment- oder Fahrtrichtungs-umkehr erübrigen sich.

... die zeitgemäße Schaltung: U-Umrichter...

Mit der Entwicklung von abschaltbaren Leistungshalbleitern wurden vermehrt Spannungszwischenkreisumrichter (U-Umrichter) verwendet, die den Anforderungen an einen wirtschaftlichen Betrieb besser gerecht werden: Beim U-Umrichter läßt sich der Wechselrichter direkt an der Fahrdrathspannung betreiben. Ein Gleichstromsteller zur Versorgung des Wechselrichters wie beim Stromzwischen-



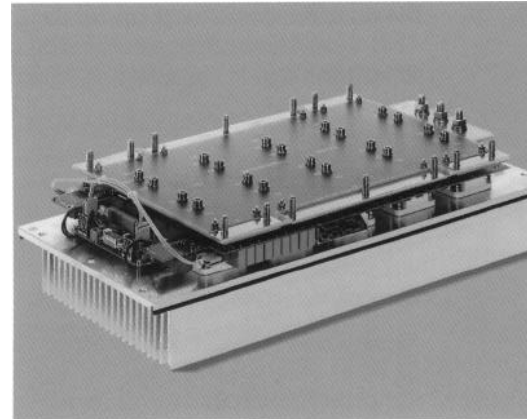
U-Bahn Berlin

... und die Technik für heute und morgen: IGBT-Umrichter

Siemens Verkehrstechnik hat die Weiterentwicklung hin zum IGBT-Umrichter (Insulated Gate Bipolar Transistor) mit vorangetrieben. Dieses innovative, auf leistungsfähigen Halbleitern basierende Produkt eröffnet neue Dimensionen in puncto Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit:

- Die modulare Bauweise unserer IGBT-Umrichter ermöglicht kleinere und leichtere Stromrichtereinheiten. Bausteinaufbau heißt auch wartungsfreundlicher: Bei einem eventuellen Ausfall lassen sich diese Bausteine rasch austauschen.
- IGBT-Bausteine mit verschiedenen Stromtragfähigkeiten erlauben eine sinnvolle Anpassung an die Erfordernisse der zu versorgenden Antriebe.
- Die Spannungsfestigkeit der in den Bausteinen eingesetzten IGBT-Module ist zugeschnitten auf die Netzverhältnisse bei Nahverkehrsbetrieben.
- Die IGBT-Module erlauben Schaltfrequenzen, die um ein Vielfaches höher sind als bei herkömmlichen Thyristoren. Dies verbessert Motorwirkungsgrad und Regeldynamik.

- Die IGBT-Module stellen für einen Wechselrichter nahezu ideale Leistungsstellglieder dar: Die Struktur des Halbleiters macht eine weitestgehend stromlose Ansteuerung möglich. Der Aufwand für die Ansteuerschaltungen sinkt daher beträchtlich.
- Die Schnittstellensignale zwischen den Ansteuerschaltungen und dem SIBAS®-Antriebssteuergerät werden störicher über Lichtwellenleiter geführt.
- Durch entsprechende Aufbau- und Ansteuertechnik können beim IGBT passive Schutzbeschaltungen (Snubber) entfallen. Das verringert die Anzahl der Bauelemente und erhöht damit erheblich die Systemzuverlässigkeit.
- Überspannungen sind beim IGBT aktiv begrenzt. Das vermeidet Bauteildefekte z.B. durch Schaltüberspannungen.
- Überstrom, z. B. bei Kurzschluß, wird vom IGBT selbständig begrenzt und kann aktiv über das Gate abgeschaltet werden. Kurzschlußfestigkeit wird ohne schwere und voluminöse Strombegrenzungsdrosseln erreicht.

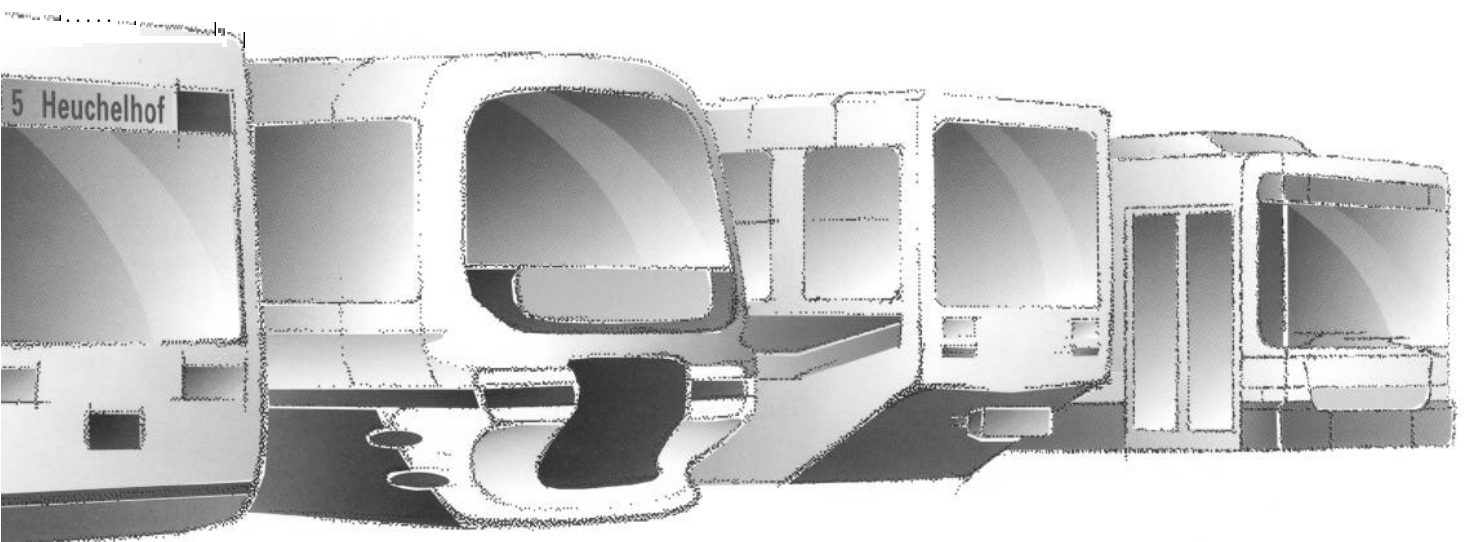


IGBT-Phasenbaustein

- Durch die geringe Stromwelligkeit werden Pendelmomente und damit die mechanische Beanspruchung des Antriebs vermindert; nicht zuletzt gehen die Geräuschemissionen des Fahrwerks deutlich zurück.

Die IGBT-Stromrichtereinheiten setzen sich aus drei, im folgenden beschriebenen Funktionsblöcken zusammen:

- Pulswechselrichter
- Bremskreis mit Bremsstellern und Widerständen
- Netzfilter und Schutzthyristor



Gibt dem Fahrmotor, was er braucht: Der Pulswechselrichter

Die Spannungsbildung: Optimale Koordination von Frequenz und Amplitude

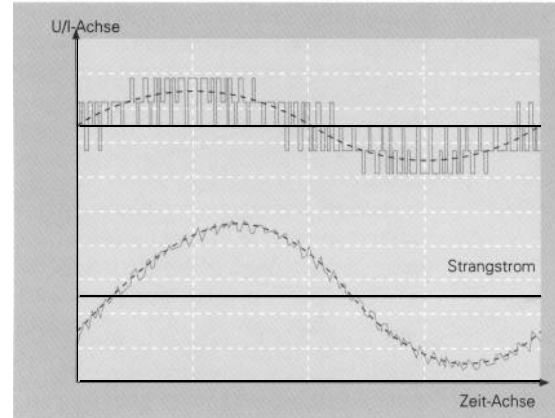
Die Drehzahl der Asynchronmaschine wird von der Frequenz der angelegten Drehspannung bestimmt. Das Drehmoment stellt sich durch die Wechselwirkung zwischen Motorstrom und Motorfluß, der einer bestimmten Klemmenspannung entspricht, ein.

Aufgabe des Pulswechselrichters ist es daher, aus der vom Netz zur Verfügung stehenden Gleichspannung eine in Frequenz und Amplitude variable, dreiphasige Spannung zu generieren.

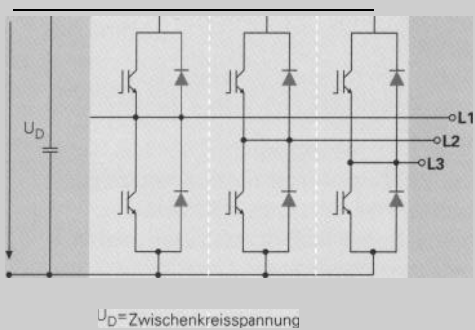
Dazu sind im Wechselrichter drei Phasenbausteine mit funktionell jeweils zwei Leistungstransistoren und dazu antiparallel geschalteten Dioden angeordnet. Transistoren und Dioden fungieren zusammen als elektronische Schalter.

Im Betrieb werden die Wechselrichterphasen so angesteuert, daß die Potentiale der Ausgangsklemmen L1, L2 und L3 nach einem Schalt- (Puls-)muster an das Plus- oder Minuspotential der Gleichspannung gelegt werden.

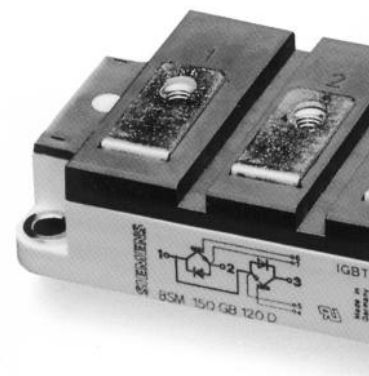
Durch die Modulation der Pulse in den jeweiligen Pulsmustern wird im Wechselrichter eine Ausgangsspannung erzeugt, die auf minimale Erwärmung, geringe Geräuschentwicklung und niedrige Pendelmomente des Motors optimiert ist. Der Einsatz der schnell-schaltenden IGBT-Module ermöglicht bei diesem PWM-Steuerverfahren (Pulse width modulation oder Pulsbreitenmodulation) einen besonders hohen Grad der Optimierung und hilft zusätzlich die Motorverluste niedrig zu halten.



Beispiel: Spannungs- und Stromverläufe an Wechselrichter und Maschine bei niedriger Drehzahl

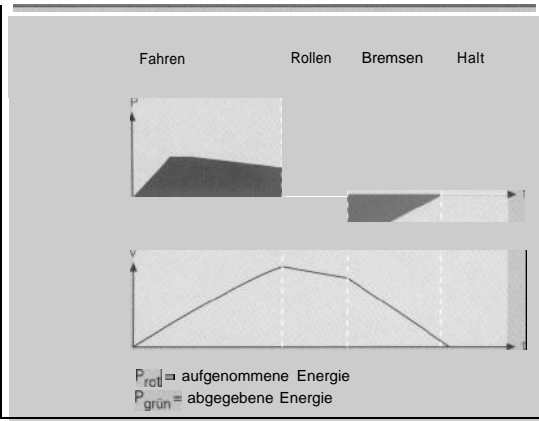


Prinzipschaltbild, Wechselrichter



Auswahl verschiedener IGBT Module

Vom Antrieb bis zur Bremsung: Sparsamer Umgang mit Energie



Beispielhafte Darstellung eines
Fahrtverlaufs mit Bremsstromrückspeisung

Der Wechselrichter kann den Fahrmotor nicht nur treiben, sondern auch bremsen.

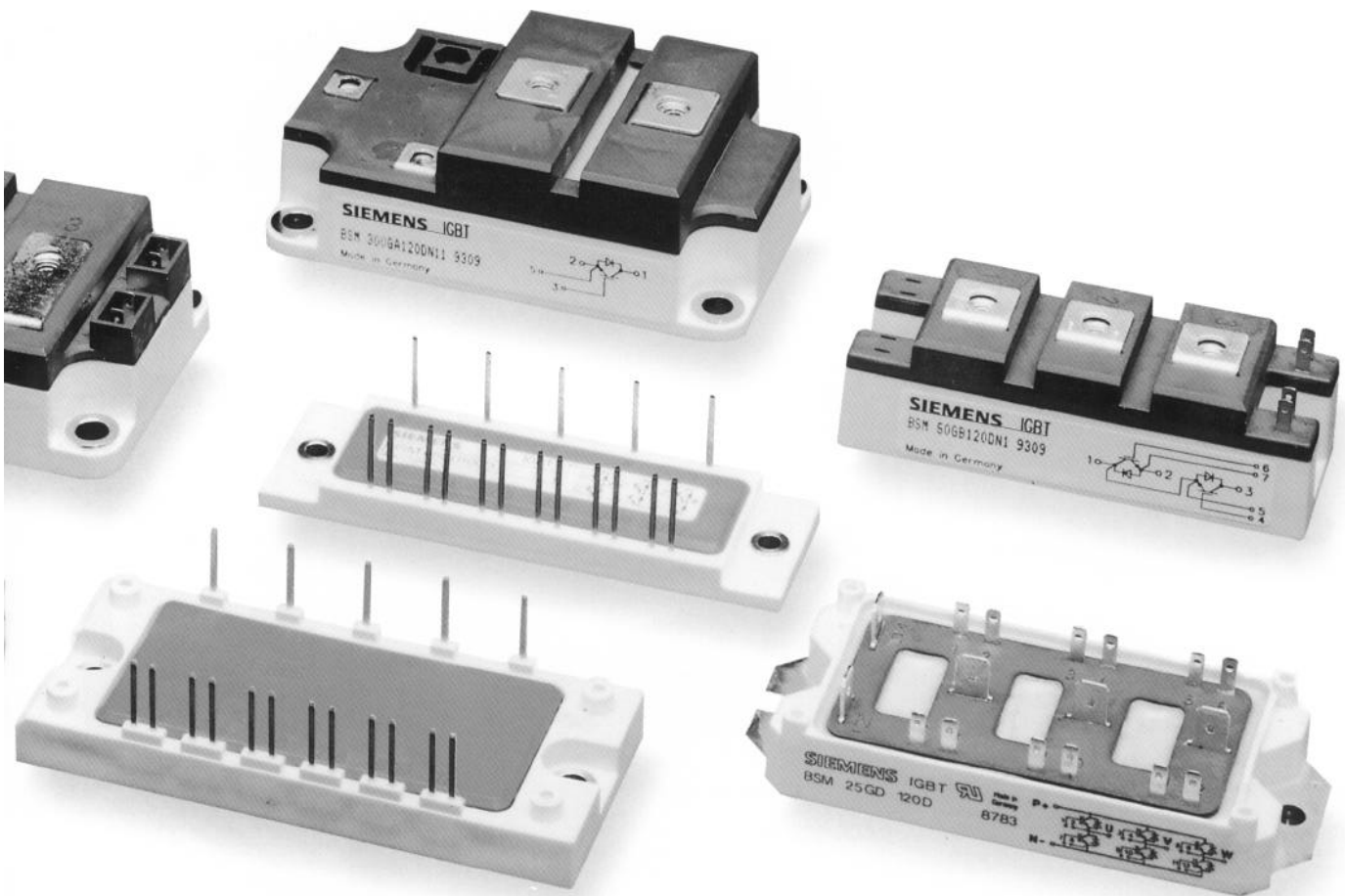
Beim Treiben erzeugt er im Motor eine magnetische Ständerfeldrehzahl, die über der Rotordrehzahl liegt. Es entsteht ein positiver „Schlupf“, dessen Größe im wesentlichen das Antriebsmoment bestimmt.

Beim Bremsen ist es umgekehrt: Mit dem negativen Schlupf entsteht ein Bremsmoment, das heißt, der Motor arbeitet jetzt generatorisch. Der Motor speist den Strom zum Zwischenkreis-kondensator und damit ins Fahrnetz zurück.

Die zurückgewonnene Energie kann dann dem Eigenbedarf des Fahrzeugs dienen, z.B. der Klimatisierung und

Beleuchtung, darüber hinaus aber auch der Versorgung anderer Fahrzeuge im gleichen Streckenabschnitt.

Die Rückspeisung ist im Nahverkehr besonders wirtschaftlich: Wegen der kurzen Haltestellenabstände bremsen die Fahrzeuge häufig ab, entsprechend viel Verzögerungsenergie entsteht. Dank der kurzen Zugfolgen kann ein folgendes Fahrzeug diese Energie meist direkt verwerten.



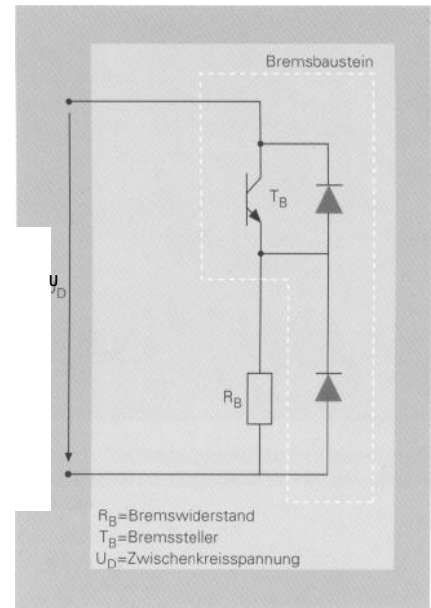
Sparbewußt: Der getaktete Bremskreis

Nur wenn die Bremsenergie im Fahrleitungsnetz bzw. von bordeigenen Verbrauchern nicht vollständig verwertet werden kann, wird der Bremswiderstand R_B als zusätzlicher Verbraucher durch den Bremssteller periodisch an die Zwischenkreisspannung geschaltet.

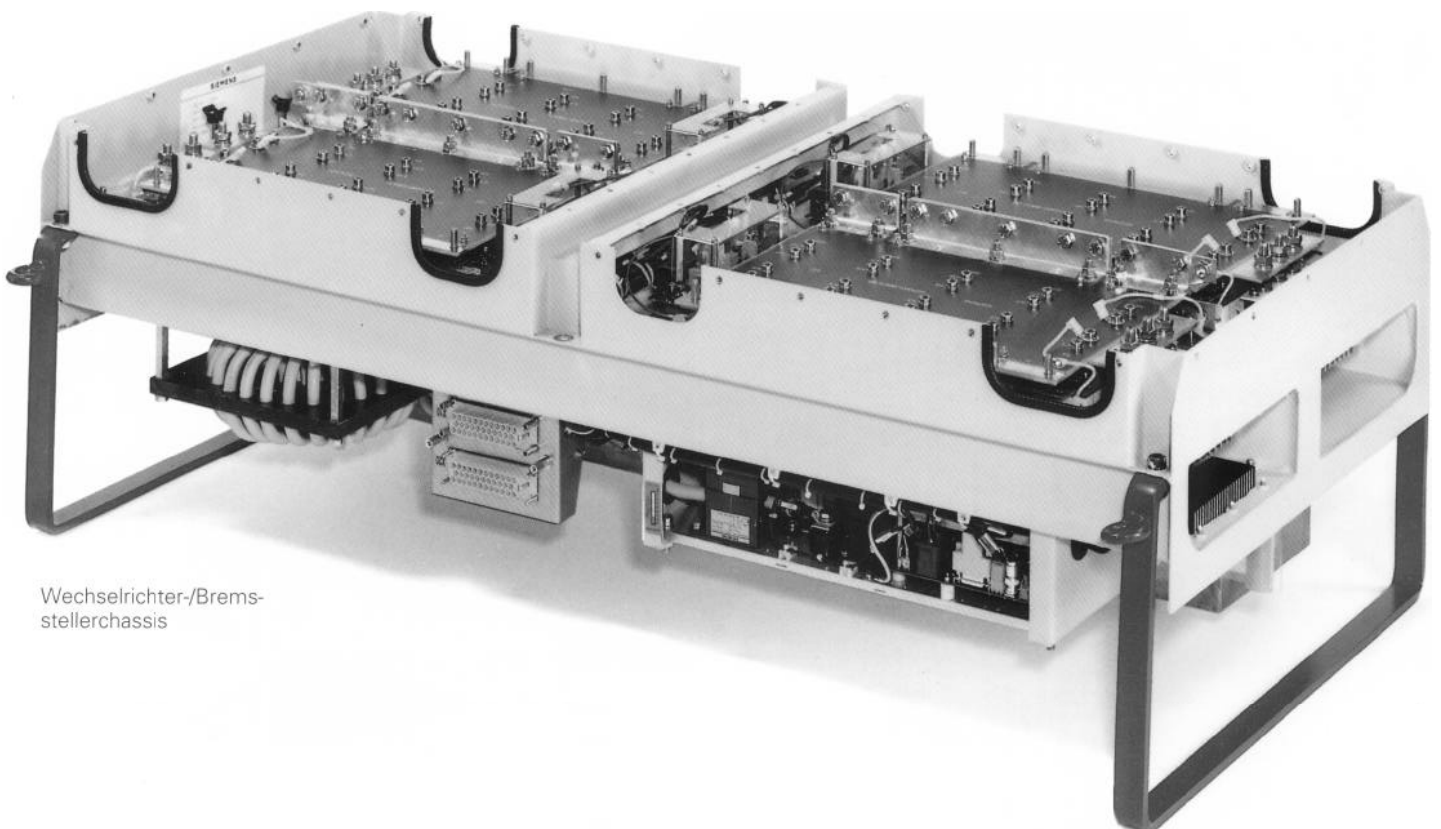
Das Zuschalten erfolgt durch Takten des Stellers T_B mit konstanter Taktfrequenz und variablem Tastverhältnis. Abhängig von der Aufnahmefähigkeit des Netzes wird das Tastverhältnis so reguliert, daß eine optimale Energie-rückgewinnung entsteht.

Dabei erweisen sich IGBT-Module auch für den Bremskreis als vorteilhaft: wegen ihrer möglichen hohen Taktfrequenz halten sie bei der gemischten Netz-/Widerstandsbrem-sung die Oberschwingungsbelastung des Netzes gering.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Bremskreises ist es, den Wechselrichter vor kurzzeitigen Netzüberspannungen zu schützen. Meist gelingt es, deren Energie bereits durch Vollausteuern des Bremswiderstands abzubauen, ohne das Fahrzeug vom Netz zu trennen. Betriebsstörungen wegen Netzüberspannungen sind damit in der Regel ausgeschlossen.



Der Bremskreis



Wechselrichter-/Brems-stellerchassis

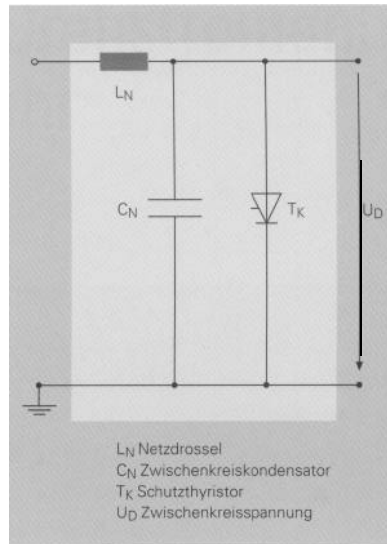
Entkoppelt und schützt: Das Netzfilter mit Schutzthyristor

Das Netzfilter, bestehend aus Netzdrossel und Filterkondensator, entkoppelt den Umrichter vom Fahrleitungsnetz und stabilisiert die Eingangsspannung für den Pulswechselrichter.

Die Bemessung der Filterelemente erfolgt so, daß sowohl die Wirkung des Netzes auf den Zwischenkreis, als auch die Rückwirkung des Umrichters auf das Netz im betriebsmäßig zulässigen Rahmen bleibt. Einflußgrößen aus dem Netz sind vor allem energiereiche Überspannungspulse. Aus dem Umrichter sind die Schaltüberschwingungen in Betracht zu ziehen. Diese können bei ungenügender Dämpfung zur Störung von Zugsicherungs-, Leit- oder Kommunikationssystemen führen.

Gegen kritische Überspannungen: Der Schutzthyristor

Der Zwischenkreis wird mit gestaffelten Ansprechwerten auf Überspannung kontrolliert. Reicht die Wirkung des Netzfilters und der bereits beschriebene Einsatz des Bremsstellers nicht aus, um eine Überspannung wirksam zu begrenzen, zündet der parallel zum Filterkondensator liegende Schutzthyristor TK. Dadurch wird die Zerstörung von Bauteilen verhindert.



Prinzipschaltbild: Netzfilter und Schutzthyristor

IGBT: Technik in Kürze

Anschlußspannung

600 V DC +20% / -30%
750 V DC +20% / -30%

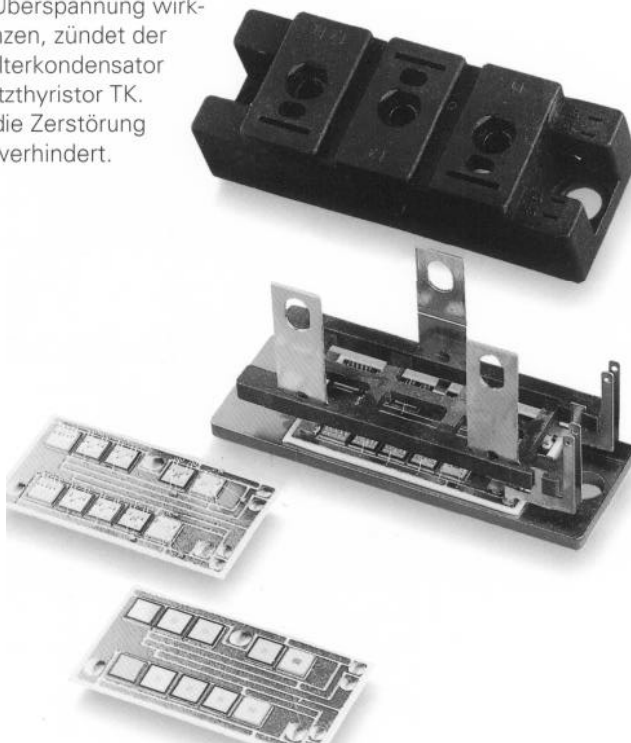
Maximale Zwischenkreisspannung

980 V DC

Bemessungsleistung: Pulswechselrichter

- Kühlmedium	Luft	Wasser
- Fahren	550 kVA	720 kVA
- Bremsen	560 kVA	690 kVA
- Gefahrenbremse	580 kVA	730 kVA

Unsere IGBT-Umrichter erhalten Sie
Wahlweise sowohl mit Luft- als auch mit
Wasserkühlung



Innerer Aufbau
IGBT Module

Siemens AG
Bereich Verkehrstechnik
Fahrzeuge Nahverkehr
Postfach 3240
91050 Erlangen
Tel.: (09131) 7-0
Fax: (09131) 7-26933



Sie fahren besser.
Mit Siemens
Verkehrstechnik.