

IGBT-Gleichstromsteller-Antriebsausrüstung für
Straßenbahn-Triebwagen T4D der
Magdeburger Verkehrsbetriebe AG



IGBT Chopper Equipment for
Tramcars T4D of
Magdeburger Verkehrsbetriebe AG

Druckschrift-Nr. **07 MB 3 DE**
Leaflet No.



Die Magdeburger Verkehrsbetriebe AG (MVB) verfügen über ein mehr als 125 km langes Straßenbahn-Liniennetz. Der Fahrzeugpark bestand 1994 u.a. aus 186 Triebwagen Typ T4D und 86 Beiwagen Typ B4D der Firma CKD Tatra/Praha.

Bei allen Bestrebungen, unter modernen Gesichtspunkten den öffentlichen Personennahverkehr auszubauen, wird aus Kostengründen auch in Zukunft auf einen Stamm vorhandener Tatra-Fahrzeuge als wesentlicher Leistungsträger nicht verzichtet werden können. Von diesen Triebwagen bleiben daher mittelfristig 60 erhalten und wurden modernisiert.

Es galt für diese Fahrzeuge

- die Verfügbarkeit zu erhöhen
- den Wartungsaufwand zu verringern
- Energie einzusparen
- die Betriebssicherheit und den Fahrkomfort zu steigern
- den Anforderungen eines modernen Fahrbetriebes gerecht zu werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, hat KIEPE in Zusammenarbeit mit den MVB ein Konzept ausgearbeitet, das als Kern einen modernen, kompakten Gleichstromsteller (Chopper) in IGBT-Technik als Ersatz für den vorhandenen Accelerator (Beschleuniger) unter Beibehaltung der Traktionsmotoren vorsieht. Insbesondere zeichnet sich dieses Gerät durch die deutliche Reduzierung von Gewicht und Volumen gegenüber herkömmlicher GTO-Technik aus. Es ist so konzipiert, daß es sowohl bei noch anstehenden Modernisierungen des waggonbaulichen Teils, als auch ohne großen Montageaufwand in bereits modernisierte Fahrzeuge in den vorhandenen Einbauräumen untergebracht werden kann. Zunächst wurden 1995 zwei Fahrzeuge umgerüstet, wobei die Montagearbeiten von den Verkehrsbetrieben selbst ausgeführt wurden.

Vorteile der relativ neuen IGBT-Technik (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor), insbesondere im Vergleich zur bewährten GTO-Technik (GTO = Gate turn off-Thyristor) sind der einfachere Aufbau des Choppers, eine nahezu leistungslose Ansteuerung der IGBT's sowie die höhere Taktfrequenz. Die höhere Taktfrequenz hat zur Folge, daß auf eine Motorzusatzdrossel verzichtet werden kann, was Gewicht, Volumen und Kosten spart. Somit stellt der IGBT-Gleichstromsteller eine sehr moderne und zukunftsweisende Antriebstechnik für die kostengünstige Modernisierung vorhandener Fahrzeuge mit klassischer Gleichstrom-Schalttechnik dar.

Der Gleichstromsteller wird durch einen elektronischen Mikroprozessor-Fahr-Bremsregler gesteuert.

Bedient wird das Fahrzeug durch einen Steuerschalter, der links im Fahrerstand eingebaut ist und die vorhandene Pedalsteuerung ersetzt. Der Steuerschalter ist in Aufbau und Funktion weitgehend identisch mit dem in den Niederflur-Fahrzeugen der MVB.

Anfahr-Widerstände entfallen vollständig, da der Motorstrom nicht mehr über den Accelerator gesteuert wird, sondern der Gleichstromsteller dem Netz nur den Strom (durch Takten) entnimmt, der der wirksamen Antriebsleistung der Motoren entspricht.

Beim Bremsen werden, wie bisher die Motoren als Generatoren geschaltet, speisen aber die Energie dank elektronischer Regelung nicht mehr auf Widerstände, sondern direkt ins Netz zurück. Lediglich für den Fall, daß das Netz nicht aufnahmefähig ist und bei Gefahrbremsungen werden die Bremswiderstände, die neben dem Gleichstromsteller untergebracht sind, benötigt.

Für die Bordnetz-Stromversorgung kommt es speziell für die T4D entwickelte statische Bordnetzumrichter BNU 405 in Modulbauweise mit IGBT-Technik zum Einsatz, der neben dem 24-V-Gleichstromausgang über einen 3 AC 400/230 V-Ausgang zur Versorgung der Lüftermotoren verfügt. Dieses Gerät ist einschließlich der Lüfter für die wiederverwendbaren Traktionsmotoren im Einbauraum des ursprünglichen rotierenden Umformers untergebracht. Antriebsausrüstung und statischer Umrichter sind mit dem bekannt einfach zu bedienenden KIEPE-Diagnose-System ausgestattet, das mittels handelsüblichem PC eine Vielzahl von Betriebsdaten liefert und auch die Fehlersuche wesentlich vereinfacht (siehe hierzu auch Druckschrift Nr. 44 DH 1 DE).

The tramway lines of Magdeburger Verkehrsbetriebe AG (MVB, i.E. Magdeburg Transit Authority) are approximately 125 km long. In 1994 the rolling stock consisted mainly of 186 tramcars, type T4D, and 86 trailers, type B4D all supplied by CKD Tatra/Praha.

For cost reasons a considerable number of Tatra vehicles will have to guarantee the passenger service in the future, even though public transport is being extended with new aspects. For a medium-term period 60 of these motor cars were planned to be refurbished and modernised.

The intentions to be achieved for these vehicles were:

- increasing of availability
- reduction of maintenance
- saving of energy
- more reliability and more travel comfort
- to meet the requirements of a modern public transport service

In order to obtain these objectives KIEPE has in co-operation with MVB worked-out a design which as main item includes a modern, compact chopper in IGBT-technology in replacement for the existing accelerator by further use of the traction motors. A clear reduction of weight and volume as compared to conventional GTO-technology argues particularly in favour of this device. Its design allows the installation in cars which are to be modernised or in mechanically already modernised vehicles at low expenditure. First, in 1995, two vehicles were retrofitted while the installation works had been carried out by the transit authority themselves.

The advantages of the relatively new IGBT-technology (IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor), especially as compared to the well-established GTO-technology (GTO = Gate Turn off Thyristor) are the simple design of the IGBT-Chopper, a nearly non-volatile triggering of the IGBT as well as the higher clock frequency. Due to the higher clock frequency the auxiliary motor choke becomes unnecessary leading to reductions of weight, volume and cost. Thus, the IGBT-Chopper presents a very modern and trend-setting motive power engineering as a cheap modernisation measure for existing vehicles with conventional DC power control.

The IGBT-Chopper is controlled by an electronical microprocessor drive/brake control unit.

The vehicle is operated by means of a master controller which is located on the left side of the driver's cab and replaces the existing pedal control. As it concerns construction and function the master controller is largely identical with that in the low-floor tramcars of MVB.

Drive resistors become completely unnecessary as the motor current is not any more controlled by the accelerator. The IGBT-Chopper is only supplies (by timing signals) the motor with the power from the line which is actually required for the present motor performance. For braking operations the motors are still working as generators and with the help of electronic control, they supply now the current back to the line and not to the resistors. However, if the transmission to the mains supply is not possible and in case of energy braking then the energy is directed into the brake resistors which are located besides the chopper.

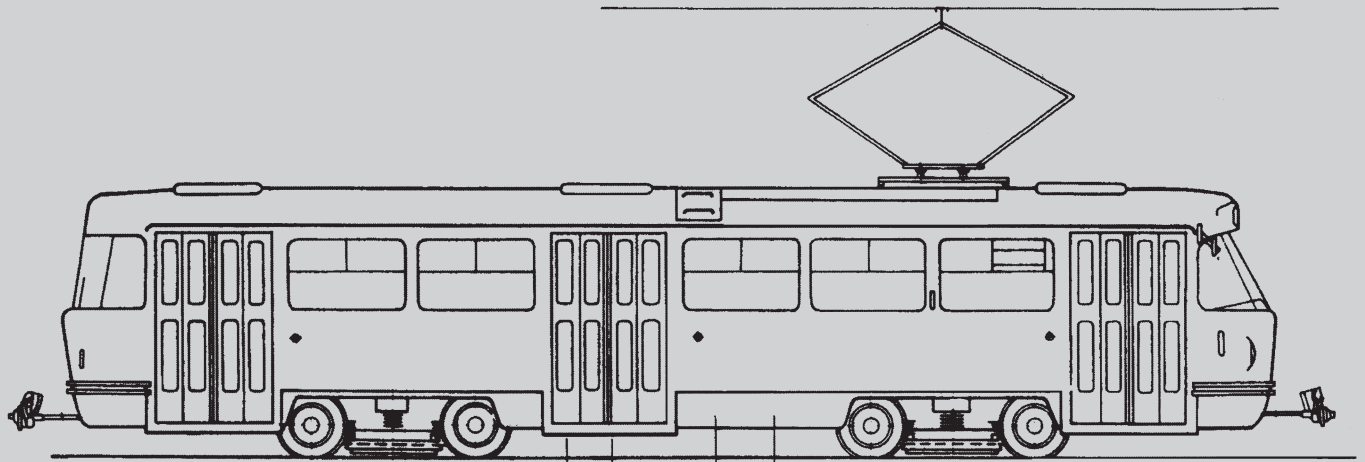
For the on-board power supply, the Static Converter BNU 405 built in modular system with IGBT-technology, specially designed for the tramcars T4D, is used. Besides the DC 24 V output the BNU 405 has also an output of 3 AC 400/230 V for the supply of the ventilating motors. This device including the ventilators for the traction motors are located in the installation room of the former rotating converter. Traction equipment and static converter are equipped with the well-established KIEPE Diagnostic System, which, by means of a personal computer (PC) offers the possibility of recording plenty of service data and a simplified fault diagnosis (please refer also to leaflet No. 44 DH 1 DE).

IGBT-Gleichstromsteller-Prototyp IGS 101
IGBT-Chopper-Prototyp IGS 101



IGBT-Modul
IGBT Module

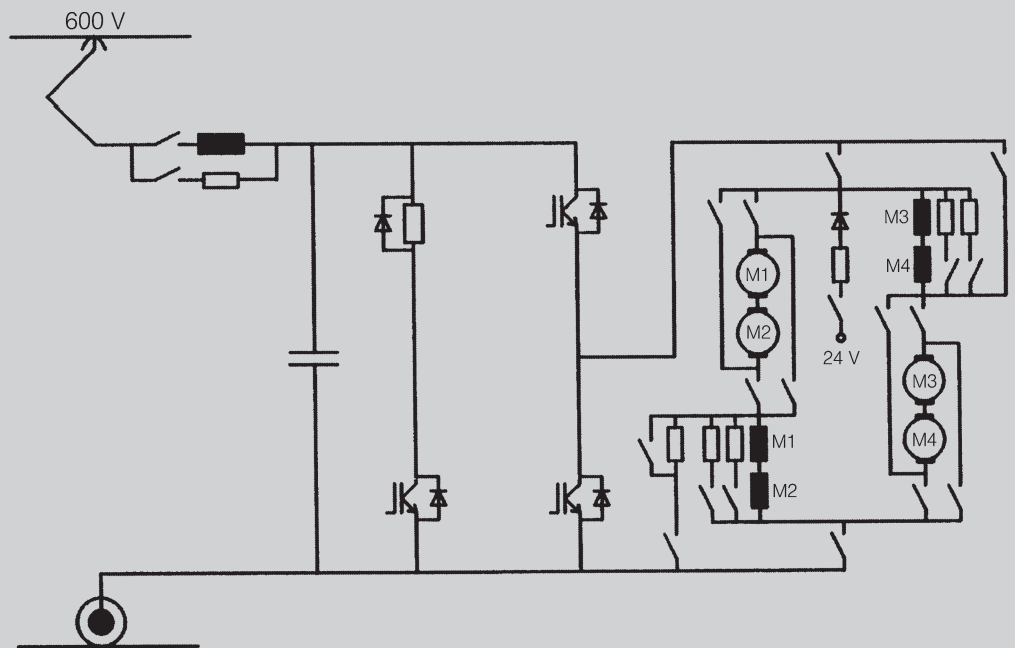




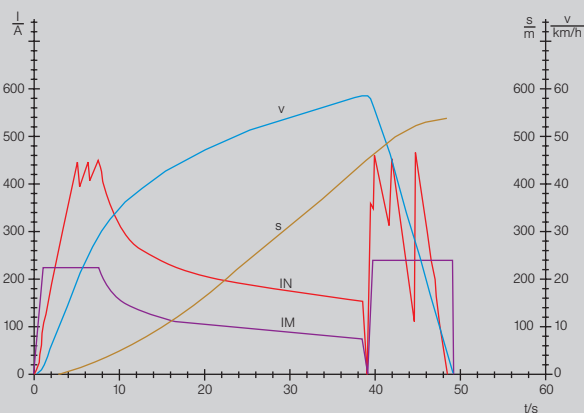
- 1 IGBT-Gleichstromsteller/Lüfter/Bremswiderstände (Unterflur wagenmitte)
- 2 Gruppierungsschütze (Unterflur Wagenmitte)
- 3 Traktionsschütze (linke Wagenseite)
- 4 Statischer Bordnetzrichter/Lüfter (linke Wagenseite)

- 1 IGBT-Chopper/ventilator/brake resistors (underfloor center)
- 2 Grouping contactors (underfloor center)
- 3 Traction contactors (left vehicle side)
- 4 Static converter/ventilators (left vehicle side)

Hauptstromlaufplan
General Circuit Diagram

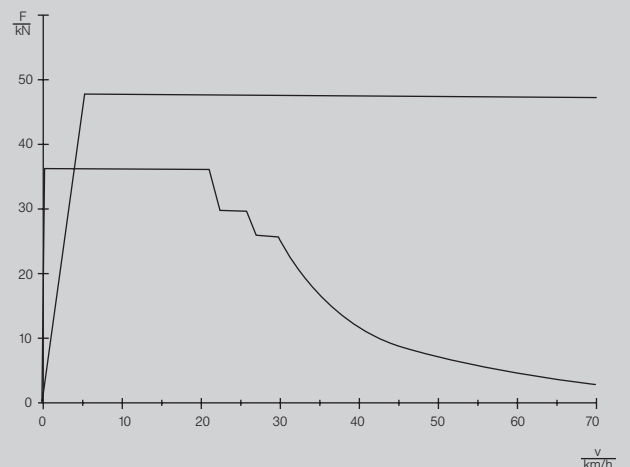


Fahrschaubild für besetztes Fahrzeug
Running curves of loaden vehicle



- | | |
|-------------------|------------------|
| IM Motorstrom | IM Motor current |
| IN Netzstrom | IN Line current |
| s Weg | s Distance |
| t Zeit | t Time |
| v Geschwindigkeit | v Speed |

Zug- und Bremskraftverlauf
Traction and braking effort



Technische Daten

Bauart	Vierachsiger Einrichtungs-Straßenbahn-Triebwagen
Typ	T4D
Spurweite	1435 mm
Höchstgeschwindigkeit	55 km/h
Anfahrbeschleunigung (beladen)	1,35 ms ⁻²
Bremsverzögerung (beladen)	1,2 ms ⁻²
Gefährdbremung (beladen)	2,2 ms ⁻²
Spannungsversorgung	DC 600 V (+20 % -30 %)
Radsatzfolge (nach DIN 30052)	Bo'Bo'
Fahrzeuglänge über Kupplung	14.944 mm
Wagenkastenlänge über Blech	14.000 mm
Wagenkastenbreite über Blech	2.200 mm
Wagenkastenhöhe über SO	3.053 mm
Drehgestell-Mittenabstand	6.400 mm
Drehgestell-Radsatzabstand	1.900 mm
Fahrzeugmasse (nach DIN 25008)	ca. 17 t
Sitzplätze	27 + 1
Stehplätze (4 Personen/m ²)	71
Raddurchmesser neu/abgenutzt	700/640 mm
Getriebeübersetzung	8,775 : 1

Fahrmotoren-Steller

Typ	IGBT-Gleichstromsteller (Chopper)
Eingangsspannung	IGS 101
Ausgangsleistung	DC 600 V (+20 %, -30 %)
Ausführung	200 kW 100 % ED direkt am Netz betriebener Chopper
Aufbau	Unterflur-Container mit Bremswiderständen
Kühlung	Zwangsbeltüftung mit eingebautem Lüfter
Merkmale	– kompakte Bauweise durch IGBT-Technik – Ankerstromsteller – ruckfreies Anfahr- und Bremsverhalten, sowie Übergang in den Feldschwächbereich – geringe Stellerverluste – kombinierte Nutz- und Widerstandsbremse – Blockierung der NetZRückspeisung bei Netzunterspannung oder Netzkurzschluß – netzunabhängige Bremsvorerregung

Steuergerät

Typ	Elektronischer Fahr/Bremsregler EFB 401
Aufbau	2-zeiliger 19"-Einschub
Kühlung	natürliche Konvektion
Anschlußspannung	DC 24 V (+25 %, -30%)
Ausführung	Betriebsablaufsteuerung über Mikroprozessor (16 bit) – Schleuder-/Gleitschutz – Rückrollsicherung – Netzstrombegrenzung – kontinuierlicher Überwachung der Netzaufnahmefähigkeit bei NetZRückspeisung – Ereignis-/Fehlerspeicher – Betriebsdatenerfassung/ Diagnose/Fehleranalyse mittels PC

Fahrmotoren

Typ	4 längsliegende DC-Halbspannungs-Reihenschlußmotoren
Nennleistung	TE 022 H
Nennspannung	43 kW
Nennstrom	DC 300 V
Nennzahl	160 A
max. Drehzahl	1700 min ⁻¹
	4200 min ⁻¹
Bordnetz	statischer Bordnetzrichter BNU 405 in Modulbauweise mit IGBT-Technik
Eingang	DC 600 V (+20 %, -30 %)
Ausgang	3 AC 400/230 V, 50 Hz, 5 kVA DC 24 V, 150 A Gesamtstrom

Technical Data

Type of vehicle	4-axle one-directional tramcar
Type	T4D
Rail gauge	1435 mm
Maximum speed	55 km/h
Acceleration (fully loaded)	1.35 ms ⁻²
Deceleration (fully loaded)	1.2 ms ⁻²
Emergency braking (fully loaded)	2.2 ms ⁻²
Voltage	DC 600 V (+20 %, -30 %)
Wheel set (according to DIN 30052)	Bo'Bo'
Vehicle length over coupling	14,944 mm
Car body length	14,000 mm
Car body width	2,200 mm
Car body height over rail surface	3,053 mm
Bogie center distance	6,400 mm
Bogie wheel distance	1,900 mm
Weight (according to DIN 25008)	approx. 17 t
Seating	27 + 1
Standing (4 persons/m ²)	71
Wheel diameter new/worn	700/640 mm
Gear ratio	8.775 : 1

Traction control

Type	IGBT-chopper
Input voltage	IGS 101
Output	DC 600 V (+20 %, -30 %)
Type	200 kW continuous chopper directly fed from line voltage
Construction	underfloor container with brake resistors
Cooling	forced ventilation with installed ventilator
Characteristics	– compact IGBT-technology – armature current controller – no jerks when starting and braking as well as transfer into the fieldweakening area – low controller losses – combined regenerative and reostatic brake – blocking of recuperation in case of undervoltage or short circuit of line – off-line brake preexcitation

Control unit

Type	electronic drive/brake control unit
Construction	EFB 401
Cooling	2 storey 19" rack
Supply	natural convection
Type	DC 24 V (+25 %, -30 %) Control by microprocessor (16 bit) of: – wheel slip/slide protection – hill holder – line current limitation – recuperation with continuous supervision of line receptivity – data/taut memory – recording of service data/ diagnosis/faults by means of a personal computer (PC)

Traction motors

Type	4 horizontally arranged DC half-voltage series-wound motors
Raaf output	TE 022 H
Rated voltage	43 kW
Rated current	DC 300 V
Rated speed	160 A
Maximum speed	1700 min ⁻¹
	4200 min ⁻¹
Auxiliary power supply	static converter BNU 405 built in modular system with IGBT-technology
Input	DC 600 V (+20 %, -30 %)
Output	3 AC 400/230 V, 50 Hz, 5 kVA, DC 24 V, 150 A total

Änderungen vorbehalten.

Subject to change without notice.



KIEPE ELEKTRIK

KIEPE ELEKTRIK GmbH & Co. KG
D-40555 Düsseldorf (Germany) · Postfach 13 05 40
Telefon +49 (0) 211 7497-0 · Telefax +49 (0) 211 7497-300
info@kiepe-elektrik.com · www.kiepe-elektrik.com