

1 Wechselrichter (VPA230)

Der Wechselrichter vom Typ VPA 230 (Vehicel Power Amplifier) ist ein Umrichter mit Gleichstrom – Eingang und einem dreiphasigen sinusförmigen Ausgangsstrom. Der Wechselrichter ist von der Firma „Genlab“ speziell für den Einsatz in Elektrofahrzeugen entwickelt worden. Die Firma „Genlab“ gibt es übrigens nicht mehr. Die Schaltungen des Wechselrichters ist von einer deutschen Firma erworben worden und wird von dieser auch weiter Produziert und Vertrieben. Der Wechselrichter, VPA 230 wird auch im Elektrofahrzeug „Hotzenblitz“ eingesetzt. Der Wechselrichter der in dem E-Käfer eingesetzt wird, war als Ersatzwechselrichter für den E-Fox gedacht. Der E-Fox ist ein früheres Projekt an der Fachhochschule Bielefeld. Der VPA 230 bietet zahlreiche Optionen und gilt als zuverlässig. Eine Option, die der Wechselrichter bietet und die im Rahmen des Projektes genutzt werden soll, ist das Antreiben von mehreren Motoren mit einem Wechselrichter. Der Wechselrichter soll im E-Käfer die beiden Asynchronmaschinen mit einer Nennleistung von je 12 kW antreiben.

1.1 Technische Daten des VPA 230

VPA 230 im Hochspannungsmodus

Batterienennspannung:	120 – 180	V
Zulässiger Spannungsbereich:	95 – 250	V
Maximaler Motorstrom:	160	A _{RMS}
Maximale Leistung:	48	kVA
Leistung bei 72 V:	13	kVA
Leistung bei 180 V:	34	kVA
Durchschnittlicher Wirkungsgrad:	95	%
Gewicht:	14	kg
Abmessung:	490 x 260 x 150	
Umgebungstemperatur:	-25°C bis +50°C	

1.2 Beschreibung der Ein- und Ausgänge

1.2.1 „Drehmoment-Sollwert“ –Eingang

An diesem Eingang wird Fahrpotentiometer PB-6 angeschlossen. Das Potentiometer übernimmt die Aufgabe des Gaspedals von herkömmlichen Fahrzeugen.

Das Potentiometer von 1 k Ohm wird zwischen die Klemmen „5A“ (0 V) und „5C“ (15 V) des 25-poligen Steckers angeschlossen. Der Mittelkontakt des Farpoti wird an die Klemme „B5“ angeschlossen. Der Spannungsunterschied zwischen den Klemmen „A5“ und „B5“ ist proportional zum Ausgangsstrom.

Eine elektronische Sicherung an den Eingängen „A5“ und „C5“ sollen vor einem möglichem Kurzschluß schützen. Die Wiedereinschaltzeit nach Kurzschlüssen beträgt ca. 30 sec.

1.2.2 Eingang „Impuls 1“

An diesem Eingang wird der Drehimpulsgeber für die erste Asynchronmaschine angeschlossen. Dieser Eingang mißt die Drehzahl und Drehrichtung der Maschine. Der Drehzahlgeber vom Typ IMP 100 wird folgendermaßen an den VPA 230 angeschlossen.

Klemmen:

„2B“ (0 V;	IMP 100: brauner Draht)
„2C“ (+5 V;	IMP 100: weißer Draht)
„3B“ (Signal B	IMP 100: grüner Draht)
„3C“ (Signal A	IMP 100: gelber Draht)

Die Eingänge „2B“ und „2C“ sind mit einer elektronischen Sicherung gegen Kurzschlüsse geschützt. Die Wiedereinschaltzeit nach Kurzschlüssen beträgt ca. 30 sec. Die Signale A und B von dem Impulsgeber variieren zwischen 0 V und 5 V.

1.2.3 Eingang „Impuls 2“

An diesem Eingang wird der Drehimpulsgeber für die zweite Asynchronmaschine angeschlossen. Dieser Eingang mißt die Drehzahl und

Drehrichtung der Maschine. Der Drehzahlgeber vom Typ IMP 100 wird folgendermaßen an den VPA 230 angeschlossen.

Klemmen:

„2B“ (0 V;	IMP 100: brauner Draht)
„2C“ (+5 V;	IMP 100: weißer Draht)
„4B“ (Signal B	IMP 100: grüner Draht)
„4C“ (Signal A	IMP 100: gelber Draht)

Die Eingänge „2B“ und „2C“ sind mit einer elektronischen Sicherung gegen Kurzschlüsse geschützt. Die Wiedereinschaltzeit nach Kurzschlüssen beträgt ca. 30 sec. Die Signale A und B, von dem Impulsgeber variieren zwischen 0 V und 5 V.

1.2.4 Eingang „Thermo-Kontakt“

Dieser Eingang dient dazu, die Temperatur der Asynchronmaschinen zu überwachen. Die Klemme „A1“ dient als Referenz bei der Temperaturmessung der Motoren. Diese ist mit der Masse (0 V) der Bordbatterie verbunden. Der Temperaturfühler an den Motoren (Öffner) ist mit +12 V der Bordbatterie und der Klemme „2A“ verbunden. Eine Spannung zwischen 5 V und 18 V zwischen den Klemmen „1A“ und „2A“ aktiviert diesen Eingang.

Wenn dieser Eingang aktiviert ist, wird der Motorstrom auf 50% = 80A begrenzt. Zusätzlich wird der Ausgang „Temperatur“ aktiv.

Da in den Asynchronmaschinen des E-Käfers zwei PTC's installiert sind, muß für diesen Eingang noch eine passende Schaltung entwickelt werden. **Um trotzdem fortfahren zu können, wurde dieser Eingang nicht angeschlossen!!!**

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

1.2.5 Eingang „Rückwärtsgang“

Dieser Eingang dient dazu, die Drehrichtung der Motoren umzukehren. Dieser Eingang ist nur bei einer geringen Motorendrehzahl (600 1/min) einsetzbar. Die Drehzahl der Motoren im Rückwärtsgang kann durch den Widerstand RVARMAX noch herabgesetzt werden. Der Widerstand befindet sich auf der Programmierbrücke der Wechselrichters (Kapitel 1.4.10 auf Seite 15). Eine Spannung von 5 V bis 18 V zwischen den Klemmen „9A“ (0 V) und „8C“ (12 V) aktiviert diesen Eingang.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

1.2.6 Eingang „Begrenzung des Rekuperationsstrom“

Der Eingang hat die Aufgabe, den Rekuperationsstrom zu begrenzen. Der Wert des Widerstandes zwischen den Klemmen „6C“ und „6B“ bestimmt den Prozentsatz der Rekuperation. Dieser Eingang wirkt auf die Nenn- bzw. maximale Rekuperation. Die Widerstände hierfür sind bezeichnet mit RECNOB (Kapitel 1.4.7 auf Seite 13) und RECMAX (Kapitel 1.4.6 auf Seite 12) und befinden sich auf der Programmierbrücke des Wechselrichters.

Widerstände für die prozentuale Begrenzung:

„6C“	0 k Ω	+	1 k Ω	+	2,2 k Ω	+	∞ k Ω
„6B“	0%		50%		75%		100%

1.2.7 Eingang „Maximale Rekuperation“

Dieser Eingang erhöht den Nennrekuperationsstrom um einen definierten Wert. Der Wert wird über den Widerstand RECMAX (Kapitel 1.4.6 auf Seite 12) auf der Programmierbrücke des Wechselrichters eingestellt. Dieser Eingang ist normalerweise mit dem Bremspedal gekoppelt. Bei dem E-Käfer ist dieser Eingang mit Endschalter des Fahrpotis PB 6 gekoppelt.

Eine Spannung von 5 V bis 18 V zwischen den Klemmen „9A“ (0 V) und „9C“ (+12 V) aktiviert diesen Eingang.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

1.2.8 Eingang „Sternsperre“

Bei Aktivierung dieses Einganges wird das Stern- Dreieckschütz in der Stern-Schaltung verriegelt, und somit können die Motoren nicht in den Dreiecksbetrieb wechseln. Eine Spannung von 5 V bis 18 V zwischen den Klemmen „9A“ (0 V) und „7B“(+12 V) aktiviert diesen Eingang.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

Dieser Eingang ist nicht relevant, da der E-Käfer kein Stern- Dreieckschütz besitzt.

1.2.9 Eingang „Dreiecksperre“

Bei Aktivierung dieses Einganges wird das Stern- Dreieckschütz in der Dreieck-Schaltung verriegelt, und somit können die Motoren nicht in den Sternbetrieb wechseln. Eine Spannung von 5 V bis 18 V zwischen den Klemmen „9A“ (0 V) und „8B“(+12 V) aktiviert diesen Eingang.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

Dieser Eingang ist bei dem E-Käfer permanent aktiv, da die Motoren im Dreieck geschaltet sind.

1.2.10 Eingang „Leistungssperre“

Der Eingang hat die Aufgabe, den Motorstrom zu unterbrechen. Wenn dieser Eingang aktiv ist, beträgt die Leistung des Wechselrichters nicht mehr als 12 W. Im inaktiven Zustand beträgt die Leistung 35 W. Eine Spannung von 5 V bis 18 V zwischen den Klemmen „9A“ (0 V) und „7C“(+12 V) aktiviert diesen Eingang. Bei dem E-Käfer wird dieser Eingang aktiv, wenn der Schalthebel auf sie Stellung „Neutral“ gestellt wird.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler

Eingangsniveau „LOW“: -50 V bis +2 V

Eingangsniveau „HIGH“: +5 V bis +18 V

Nennstrom bei + 12 V: 10 mA

1.2.11 Eingang „Batteriestrombegrenzung“

Mit diesem Eingang kann der von den Batterien abgegebene Strom begrenzt werden. Der Wert des Widerstandes, der zwischen die Klemmen „3A“ und „4A“ eingelötet wird, bestimmt die Höhe des Stromes. Die Schaltung und die Widerstandswerte finden Sie in Kapitel 1.5 auf Seite 22.

1.2.12 Eingang „Batterie“

Mit diesem Eingang werden die Traktionsbatterien verbunden. Es können zwischen 6 und 15 Bleiakkumulatoren mit einer Spannung von 12 V angeschlossen werden. Der zulässige Spannungsbereich liegt zwischen minimal 63 Volt und maximal 250 Volt.

Der VPA 230 wird mit zwei 35 mm² an die Traktionsbatterien angeschlossen. In dem Kabel, das an dem Pluspol der Batterie angeschlossen wird, muß eine Halbleitersicherung eingefügt werden. Beim Anschließen des Wechselrichters ist darauf zu achten, daß die Polarität der Akkumulatoren stimmt. Eine Verpolung des Wechselrichters hätte dessen Zerstörung und das Erlöschen des Garantieanspruches zur Folge!!!

1.3 Beschreibung der Ausgänge

1.3.1 Ausgang „Umrichterstörung“

Der Ausgang signalisiert die internen und externen Fehler des Wechselrichters. Wenn dieser Ausgang aktiv ist, wird die Leistungsstufe des VPA 230 blockiert, so daß kein Stromfluß mehr möglich ist.

Die folgenden externen und internen Fehler können die Ursache für die Aktivierung des Ausganges sein:

- 1.) Kurzschluß zwischen den Motorphasen R,S,T
- 2.) Kurzschluß zwischen einer Motorphasen (R,S,T) und „Bat +“
- 3.) Kurzschluß zwischen einer Motorphasen (R,S,T) und „Bat -“
- 4.) Fehler, die auf die internen Anschlüsse des VPA 230 zurückzuführen sind

5.) Fehler der Leistungsstufe

Um die Blockierung des Wechselrichters nach Behebung des Fehlers wieder aufzuheben, muß die Stromversorgung mindesten 5 Sekunden unterbrochen werden (Reset).

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler
Schutz durch eine elektronische Sicherung
(Wiedereinschaltzeit: ca. 30 Sekunden)

Max. einsetzbare Spannung:	+18 V
Max. einsetzbare inverse Spannung:	0 V
Max. Strom:	200 mA

1.3.2 Ausgang „UBAT“ /< Schwelle“

Dieser Ausgang zeigt an, daß die Tiefentladungs- oder die Voladungsschwelle der Traktionsbatterien erreicht ist. Die Widerstände RUBAMIN (Kapitel 1.4.1 auf Seite 9) und BUBAMAX (Kapitel 1.4.2 auf Seite 10) definieren jeweils die beiden Schwellwerte.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler
Schutz durch eine elektronische Sicherung
(Wiedereinschaltzeit: ca. 30 Sekunden)

Max. einsetzbare Spannung:	+18 V
Max. einsetzbare inverse Spannung:	0 V
Max. Strom:	200 mA

1.3.3 Ausgang „Stern / Dreieck“

An diesen Ausgang kann ein Schütz angeschlossen werden. Dieses Schütz dient dazu, die Asynchronmaschinen in Stern bzw. im Dreieck zu schalten. Der Ausgang wird automatisch über den programmierbaren Widerstand RVITCOM (Kapitel 1.4.9 auf Seite 14) umgeschaltet, für den Fall, daß die Eingänge „Sternsperre“ und „Dreiecksperre“ nicht aktiviert sind. Da der E-Käfer ein Gewicht von unter 1000 kg hat, wird eine Stern- Dreieckumschaltung nicht benötigt. Die Motoren werden direkt an die Ausgänge R,S und T angeschlossen.

Bei dieser Variante werden die Motoren im Klemmenkasten in Dreieck geschaltet, und der Eingang „Dreiecksperre“ bleibt permanent aktiviert, so daß der Wechselrichter im Dreieckbetrieb verriegelt bleibt.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler
Schutz durch eine elektronische Sicherung
(Wiedereinschaltzeit: ca. 30 Sekunden)

Max. einsetzbare Spannung:	+18 V
Max. einsetzbare inverse Spannung:	0 V
Dauerstrom:	3 A
Spitzenstrom	30 A für 50 ms

1.3.4 Ausgang „Temperatur“

Dieser Ausgang zeigt eine zu hohe Temperatur des Umrichters oder des Motors an. Falls die Anzeige auf eine zu hohe Temperatur ($X > 58^{\circ}\text{C}$) des Wechselrichtern zurückzuführen ist, wird der Ausgangsstrom um $6\text{A}/^{\circ}\text{C}$ verringert. Falls die Anzeige auf eine zu hohe Temperatur der Motoren zurückzuführen ist, wird der Strom in den Ausgängen R,S,T auf die Hälfte herabgesetzt. Der Strom variiert dann zwischen 0 und 80 A.

Wenn die an diesem Ausgang angeschlossene Warnleuchte während der Fahrt aufleuchtet, kann man unterscheiden, ob der Wechselrichter oder die Motoren überhitzt sind. Wenn die Motoren überhitzt sind, kann das Fahrzeug nicht mehr so schnell beschleunigen, und die Endgeschwindigkeit kann nicht mehr erreicht werden, da nur noch die Hälfte des maximalen Drehmomentes zu Verfügung steht. Wenn eine Überhitzung des Wechselrichters der Auslöser war, ist ein Abfall des Drehmomentes kaum wahrnehmbar.

Daten:

Galvanische Trennung durch einen Optokoppler
Schutz durch eine elektronische Sicherung
(Wiedereinschaltzeit: ca. 30 Sekunden)

Max. einsetzbare Spannung:	+18 V
Max. einsetzbare inverse Spannung:	0 V
Max. Strom:	200 mA

Ausgänge „R,S,T“

An diesen Ausgängen werden die beiden Asynchronmaschinen des E-Käfers angeschlossen. Der Wechselrichter erzeugt an diesen Ausgängen ein sinusförmiges dreiphasiges Drehstromsystem mit variabler Amplitude und Frequenz. Der Spitzenwert des Stromes beträgt pro Phase 230 A. Das entspricht einem Effektivwert von $160 A_{RMS}$. Die Ausgänge R, S, T sind untereinander elektronisch gegen Kurzschlüsse sowie gegen den positiven und negativen Batteriepol geschützt.

Daten:

Elektronischer Schutz gegen Kurzschlüsse

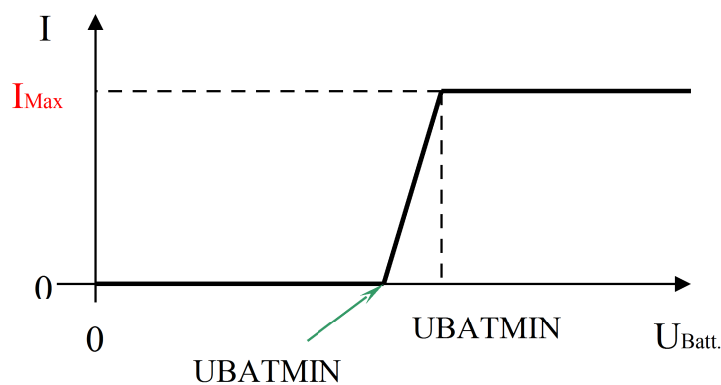
Max. Effektivwert der Spannung:
$$U_{eff} = \frac{U_{Batt} - 5V}{\sqrt{2}}$$

Max. Effektivwert des Stromes:
$$I_{eff} = 160 A_{RMS}$$

1.4 Berechnung der programmierbaren Widerstände

1.4.1 RUBAMIN

Dieser Widerstand begrenzt den von den Traktionsbatterien abgegebenen Strom in Abhängigkeit ihres Ladezustandes.



Für die Berechnung des Widerstandes RUBAMIN muß ein Wert definiert werden, ab wann der von den Traktionsbatterien abgegebene Strom begrenzt werden soll. Im Allgemeinen entspricht dieser Wert der minimalen Batterieentladespannung (UBATMIN). Der Wert des Widerstandes RUBAMIN wird folgendermaßen errechnet: der E-Käfer wird mit 15 Bleiakkumulatoren mit jeweils 12 V betrieben. Die Entladespannung an den Batterieklemmen beträgt 10,5 V

$$UBATMIN = 10,5V * 0,91 * 15 = 143V$$

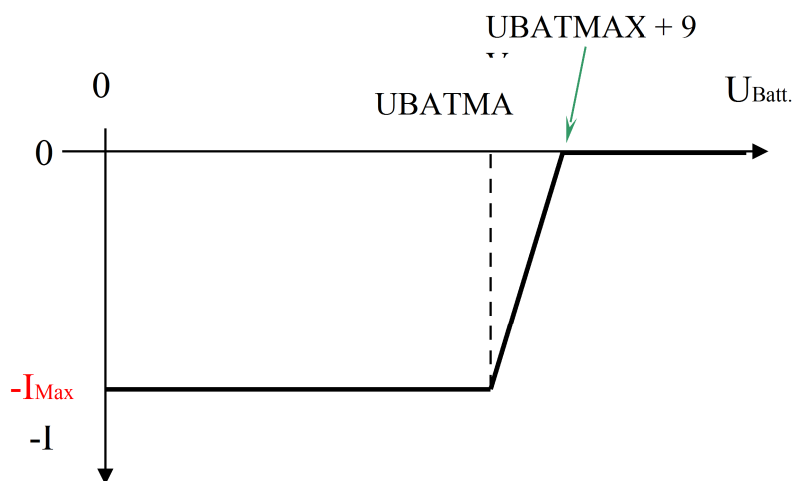
$$RUBAMIN = \frac{15000 * UBATMIN \quad [V]}{305 - UBATMIN \quad [V]}$$

$$RUBAMIN = \frac{15000 * 143V}{305 - 143V} = 13,2 k\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet. Der Widerstand RUBAMIN befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 1 und 28.

1.4.2 RUBAMAX

Dieser Widerstand gibt den maximalen Rekuperationstrom vor, der an die Batterien abgegeben werden kann. Dieses geschieht in Abhängigkeit des Ladezustandes der Akkumulatoren.



Für die Berechnung des Widerstandes RUBAMAX muß ein Wert definiert werden, der festlegt, ab wann der Rekuperationsstrom begrenzt werden muß. Im allgemeinen entspricht dieser Wert der maximalen Batteriespannung (UBATMAX). Der Wert des Widerstandes RUBAMAX wird folgendermaßen errechnet. Der E-Käfer wird mit 15 Bleiakkumulatoren mit jeweils 12 V betrieben. Die maximale Spannung an den Batterieklemmen beträgt 14,2 V

$$UBATMAX = (14,52V * 15) - 9V = 209V$$

$$RUBAMAX = \frac{82500 * UBATMAX \quad [V]}{1727 - (8 * UBATMAX \quad [V])}$$

$$RUBAMAX = \frac{82500 * 209V}{1727 - (8 * 209V)} = 313k\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert abgerundet. Der Widerstand RUBAMAX befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 2 und 27.

1.4.3 RBLOCTRA

Der Widerstand blockiert das Fahrpoti, wenn der Eingang „Maximale Rekuperation“ aktiv ist. Der Wert des Widerstandes beträgt 2,2 k Ohm. Wenn diese Funktion nicht erwünscht ist, wird der Platz auf der Programmierbrücke frei gelassen. Der Widerstand wurde bei dem E-Käfer eingelötet und befindet sich zwischen Pin 3 und 26.

1.4.4 RVITDEM

Dieser Widerstand bestimmt die Drehzahl, ab der die Asynchronmaschinen im Feldschwächebereich betrieben werden. Für die Berechnung des Widerstandes RVITDEM müssen folgende Faktoren bekannt sein.

- | | |
|--|-----------------------|
| 1.) Nennspannung der Traktionsbatterien | (UBAT = 180 [V]) |
| 2.) Nennspannung des Motors im Dreieck | (UNMOTRI = 100 [V]) |
| 3.) Nenndrehzahl des Motors bei Nennspannung | (VITM = 5920 [1/min]) |
| 4.) Nennstrom des Motors im Dreieck | (ITRIN = 86 [ARMS]) |

Der Wert wird dann wie folgt berechnet:

$$RVITDEM = \frac{(UBATN [V] - 5) * VITN [1 / \text{min}]}{\sqrt{3} * UNMOTRI [V] * \left(0,8 + \frac{32}{ITRIN [A_{RMS}]}\right)} = [\Omega]$$

$$RVITDEM = \frac{(180[V] - 5) * 5920[1 / \text{min}]}{\sqrt{3} * 100[V] * \left(0,8 + \frac{32}{86[A_{RMS}]}\right)} = 5103[\Omega]$$

Der errechnete Wert wird auf den nächsten Normwert abgerundet. Der Widerstand RVITDEM befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 4 und 25.

Anmerkung:

Der durch die oben aufgeführte Formel ermittelte Wert des Widerstandes RVITDEM liegt nahe dem optimalen Wert. Der ideale Wert des Widerstandes kann jedoch nur durch Versuche ermittelt werden.

1.4.5 R2P/4P

Dieser Widerstand definiert die Anzahl der Motorpole. Bei einem zweipoligen Motor beträgt der Wert des Widerstandes R2P/4P 0 Ohm.

Bei einem vierpoligen Motor wird der Widerstand auf der Programmierbrücke nicht eingelötet. Der Platz bleibt dementsprechend frei. Der Widerstand R2P/4P befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 5 und 24.

1.4.6 RECMAX

Dieser Widerstand bestimmt die Erhöhung des Rekuperationsstromes, wenn der Eingang „Maximale Rekuperation“ (Kapitel 1.2.7 auf Seite 4) aktiviert ist. Der Wert des Widerstandes wird wie folgt berechnet.

AUGI [A_{RMS}] = Erhöhung des Rekuperationsstroms in Ampere

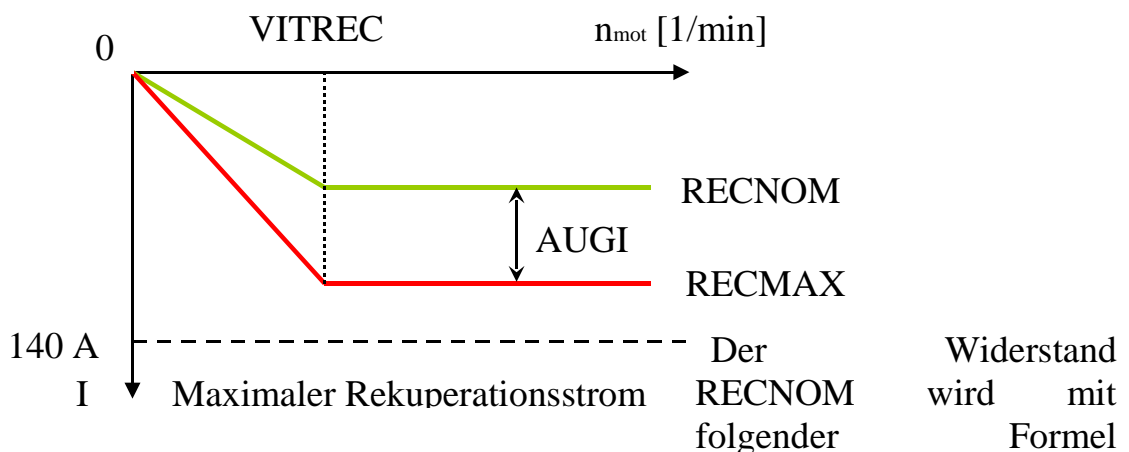
$$RECMAX = \frac{1600000}{AUGI[A_{RMS}]} = [\Omega]$$

$$RECMAX = \frac{1600000}{16[A_{RMS}]} = 100[k\Omega]$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet.
Der Widerstand RECMAx befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 6 und 23.

1.4.7 RECNOm

Dieser Widerstand bestimmt den Nennrekuperationsstrom.



berechnet. Der Wert IREC gibt die Höhe des Rekuperationstromes in Ampere an.

$$RECNOm = \frac{1600000}{IREC [A_{RMS}]} = [k\Omega]$$

$$RECNOm = \frac{1600000}{34 [A_{RMS}]} = 47,0 [k\Omega]$$

Anmerkung:

Um eine exakte Funktionsfähigkeit des Umrichters sicherzustellen, muß die unten aufgeführte Gleichung erfüllt werden. Falls dieses nicht zutrifft, ändern Sie die Werte der Widerstände RECNOm und/oder RECMAx. Für entstandene Schäden durch Nichtbeachtung dieser Anmerkung erlischt der Garantieanspruch.

$$11500 \leq \frac{RECNOm [\Omega] * RECMAx [\Omega]}{RECNOm [\Omega] + RECMAx [\Omega]}$$

$$11500 \leq \frac{32,9 [k\Omega] * 100 [k\Omega]}{32,9 [k\Omega] + 100 [k\Omega]} = 24812$$

1.4.8 RVITREC

Dieser Widerstand bestimmt die Drehzahl der Motoren, ab der der Rekuperationsstrom 100% betragen soll. Die Höhe des Rekuperationsstromes wird durch die Widerstände RECMAX (Kapitel 1.4.6 auf Seite 12) und RECNOM (Kapitel 1.4.7 auf Seite 13) bestimmt. Die Motordrehzahl darf nicht geringer als 600 1/min sein. Dieses entspricht einem Widerstand von RVITREC = 5 k Ohm. Bei dem E-Käfer wurde eine Drehzahl von VITREC = 1850 1/min festgelegt, dieses entspricht einer Geschwindigkeit von ca. 20 km/h. Der Wert des Widerstandes RVITREC wurde wie folgt berechnet:

$$5000 \Omega \leq RVITREC [\Omega] = \frac{25 * VITREC [1 / \text{min}]}{3}$$

$$5000 \Omega \leq RVITREC [\Omega] = \frac{25 * 1850 [1 / \text{min}]}{3} = 15,4 \text{ k}\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet. Der Widerstand RVITREC befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 8 und 21.

Anmerkung:

Um eine exakte Funktionsfähigkeit der Umrichters sicherzustellen, muß die unten aufgeführte Gleichung erfüllt werden!!!

$$5 \text{ k}\Omega \leq RVITREC$$

1.4.9 RVITCOM

Dieser Widerstand bestimmt die Drehzahl, bei der eine Umschaltung der Motoren von Stern in Dreieck bzw. von Dreieck in Stern erfolgen muß. Bei dem E-Käfer wurde eine Stern- Dreieck Schaltung nicht realisiert, da das Gesamtgewicht unter einer Tonne liegt. Für den Fall, daß der E-Käfer mit einer Stern- Dreieckschaltung nachgerüstet werden sollte, müßte der Widerstand folgendermaßen berechnet werden. Der Wert des Widerstandes RVITCOM ist

unendlich groß bei der Anwendung ohne Stern- Dreieckschaltung. Der Platz auf der Programmierbrücke bleibt dementsprechend frei.

Vorgaben:

Nennspannung der Traktionsbatterie:	UBATN	= 180V
Nennspannung des Motors im Dreieck:	UNMOTRI	= 100V
Nennzahl des Motors bei Nennspannung:	VITN	= 5920 1/min
Nennstrom des Motors im Dreieck:	ITRIN	= 86 A

$$RVITCOM = \frac{25 * VITCOM [1 / \text{min}]}{3}$$

$$VITCOM = \frac{(UBATN [V] - 5) * VITN [1 / \text{min}]}{\sqrt{2} * UNMOTRI [V] * (0,8 + \frac{32}{ITRIN [A_{RMS}]})}$$

$$RVITCOM = \frac{25 * 6250 \text{ 1 / min}}{3} = 52 \text{ k}\Omega$$

$$VITCOM = \frac{(180V - 5) * 5920 \text{ 1 / min}}{\sqrt{2} * 100V * (0,8 + \frac{32}{86A_{RMS}})} = 6250 \text{ 1 / min}$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert abgerundet.
Der Widerstand RVITCOM befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 9 und 20.

Anmerkung:

Der durch die oben aufgeführte Formel ermittelte Wert des Widerstandes RVITCOM liegt nahe dem optimalen Wert. Der ideale Wert des Widerstandes kann jedoch nur durch Versuche ermittelt werden.

1.4.10 RVARMAX

Der Widerstand bestimmt die maximale Motordrehzahl beim Rückwärtsfahren. Der Eingang Rückwärtsgang ist dabei aktiv. Der Wert des Widerstandes wird folgendermaßen berechnet. Die maximale Drehzahl im Rückwärtsgang soll $RVARMAX = 1850 \text{ 1/min}$ (ca. 20 km/h) betragen.

$$RVARMAX = \frac{10000 * VARMAX \text{ [1/min]}}{12000 - VARMAX \text{ [1/min]}} = [k\Omega]$$

$$RVARMAX = \frac{10000 * 1850 \text{ 1/min}}{12000 - 1850 \text{ 1/min}} = 1,8 \text{ k}\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert abgerundet. Der Widerstand $RVITCOM$ befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 10 und 19.

1.4.11 *RCOUMAX*

Der Widerstand bestimmt den maximalen Strom, der in den Ausgängen R,S,T fließen kann. Der Wert des Widerstandes $RCOUMAX$ ist unendlich groß bei einer Anwendung, in der keine Begrenzung des Stromes in den Ausgängen notwendig ist. In diesem Fall bleibt der Platz auf der Programmierbrücke frei. Der E-Käfer soll zunächst auf einem maximalen Motorstrom von 120 A begrenzt werden. Diese Schutzmaßnahme kann nach einigen Tests entfernt werden. Der Wert des Widerstandes wird durch folgende Formel berechnet:

$$RCOUMAX = \frac{10000 * COUMAX [A_{RMS}]}{160 - COUMAX [A_{RMS}]} = [\Omega]$$

$$RCOUMAX = \frac{10000 * 120 A_{RMS}}{160 - 120 A_{RMS}} = 30 \text{ k}\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet. Der Widerstandes $RCOUMAX$ befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 11 und 18.

1.4.12 *RGLISET*

Der Widerstand bestimmt, wann die Motoren in Stern geschaltet werden. Da beim E-Käfer diese Schaltung nicht benötigt wird, ist der Widerstand unendlich groß, und der Platz auf der Programmierbrücke bleibt frei. Um die exakte Funktionsfähigkeit des VPA 230 in diesem Fall sicherzustellen, muß der Eingang Dreiecksperre permanent aktiv sein. Sollte der E-Käfer trotzdem mit einer Stern- Dreieckschaltung ausgerüstet werden, müßte der Widerstand folgendermaßen berechnet werden:

Vorgaben:

RGLISTR1: 2,79 M Ohm (Kapitel 1.4.13 auf Seite 17)

RVITDEM: 5,10 k Ohm (Kapitel 1.4.4 auf Seite 11)

$$RGLISET = \frac{RGLISTR1 [\Omega] * RVITDEM [\Omega]}{24250} = [\Omega]$$

$$RGLISET = \frac{2,79 M\Omega * 5,10 k\Omega}{24250} = 58,67 M\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet. Der Widerstand RGLISET befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 12 und 17.

Anmerkung:

Der durch die oben aufgeführte Formel ermittelte Wert des Widerstandes RGLISET liegt nahe dem optimalen Wert. Der ideale Wert des Widerstandes kann jedoch nur durch Versuche ermittelt werden.

1.4.13 *RGLISTR1*

Der Widerstand bestimmt, wann die Motoren in Dreieck geschaltet werden. Da beim E-Käfer diese Schaltung nicht benötigt wird, ist der Widerstand unendlich groß, und der Platz auf der Programmierbrücke bleibt frei. Um die exakte Funktionsfähigkeit des VPA 230 in diesem Fall sicherzustellen, muß der Eingang Sternsperre permanent aktiv sein. Sollte der E-Käfer trotzdem mit einer Stern- Dreieckschaltung ausgerüstet werden, müßte der Widerstand folgendermaßen berechnet werden:

Vorgaben:

RGLISTAT: 2,79 M Ohm (Kapitel 1.4.14 auf Seite 18)
 RVITDEM: 5,10 k Ohm (Kapitel 1.4.4 auf Seite 11)

$$RGLISTR1 = \frac{RGLISTAT [\Omega] * RVITDEM [\Omega]}{14000} = [\Omega]$$

$$RGLISTR1 = \frac{2,79 M\Omega * 5,1 k\Omega}{14000} = 10,16 M\Omega$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet.
 Der Widerstand RGLISTR1 befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 13 und 16.

Anmerkung:

Der durch die oben aufgeführte Formel ermittelte Wert des Widerstandes RGLISTR1 liegt nahe dem optimalen Wert. Der ideale Wert des Widerstandes kann jedoch nur durch Versuche ermittelt werden.

1.4.14 RGLISTAT

Dieser Widerstand bestimmt den Dauerbetrieb. Für die Berechnung des Widerstandes müssen folgende Werte bekannt sein.

Vorgaben:

Nenndrehzahl des Motors:	VITN:	5920 1/min
Nennfrequenz des Motors:	FN:	200 Hz
Anzahl der Motorpole:	NP:	4 Pole
Nennstrom des Motors im Dreieck:	ITRIN:	86 A _{RM} S
Anzahl der an den VPA 230 angeschlossenen Motoren	NBMOT:	2 Motoren

$$SN = \frac{2 * FN [Hz]}{NP} - \frac{VITN [1/min]}{60} = [Hz]$$

$$R_{GLISTAT} = \frac{3 \cdot 200 \text{ Hz} \cdot 1000 \text{ W/min} \cdot N_{BMOT}}{4 \cdot SN [Hz]} = 1,333 \text{ Hz} [\Omega]$$

$$R_{GLISTAT} = \frac{5412 \cdot 4 \cdot 86 A_{RMS} \cdot 2}{1,33 \text{ Hz}} = 2,79 [M\Omega]$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert abgerundet.
Der Widerstand RGLISTAT befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 14 und 15.

Anmerkung:

Der durch die oben aufgeführte Formel ermittelte Wert des Widerstandes RGLISTAT liegt nahe dem optimalen Wert. Der ideale Wert des Widerstandes kann jedoch nur durch Versuche ermittelt werden.

1.4.15 *RVAVMAX*

Dieser Widerstand bestimmt die maximale Drehzahl, die die Motoren im Vorwärtsgang haben dürfen. Bei dem E-Käfer wird eine maximale Drehzahl von VAVMAX = 9250 1/min (ca.100 km/h) angenommen. Der Widerstand wird nach folgender Formel berechnet.

$$RVAVMAX = \frac{10000 \cdot VAVMAX [1/min]}{12000 - VAVMAX [1/min]} = [\Omega]$$

$$RVAVMAX = \frac{10000 \cdot 9250 \text{ 1/min}}{12000 - 9250 \text{ 1/min}} = 33,6 [k\Omega]$$

Der Wert des Widerstandes wird auf den nächsten Normwert aufgerundet.

Der Widerstand RVAVMAX befindet sich auf der Programmierbrücke zwischen Pin 5 und 19.

1.4.16 Programmierbrückenübersicht

Platz		Bezeichnung	Berechnete Werte [k Ω]	Norm Widerstand [k Ω]	Bedeutung		Beschreibung
1	28	RUBAMIN	13,20	13,00	143	V	begrenzt Strom in Abhängigkeit von Batteriespannung
2	27	RUBAMAX	313,00	270,00	209	V	begrenzt Rekuperationsstrom in Abhängigkeit von der Batteriespannung
3	26	RBLOCTRA	2,20	2,20			Blockierung des Gaspedales bei maximaler Rekuperation
4	25	RVITDEM	5,10	5,10	5920	1/min	Feldschwächebereich ab Drehzahl X
5	24	R2P/4P	∞	∞	4	Pole	Anzahl der Motorpole
6	23	RECMAX	100,00	100,00	16	A	Erhöhung des Rekuperationsstroms
7	22	RECNOB	32,90	47,00	34	A	Nennrekuperationsstrom
8	21	RVITREC	15,40	16,00	1850	1/min	Ab welcher Drehzahl 100% Rekuperation
9	20	RVITCOM	52,20	∞			Umschaltung Stern- Dreieck
10	19	RVARMAX	1,80	1,80	1850	1/min	Max. Drehzahl im Rückwärtsgang
11	18	RCOUMAX	30,00	30,00	120	A	Begrenzung des maximalen Stromes in R,S,T
12	17	RGLISET	58.670,00	∞			bestimmt Einschaltung in Dreieck
13	16	RGLISTR	10.160,00	∞			bestimmt Einschaltung in Stern
14	15	RGLISTAT	2.790,00	2.700,00			bestimmt Dauerbetrieb
5	19	RVAVMAX	33,60	36,00	9250	1/min	Max. Drehzahl im Vorwärtsgang

Tab. 1 : Programmierbrückenübersicht

1.5 Anschlußbelegung des 25poligen Steckers

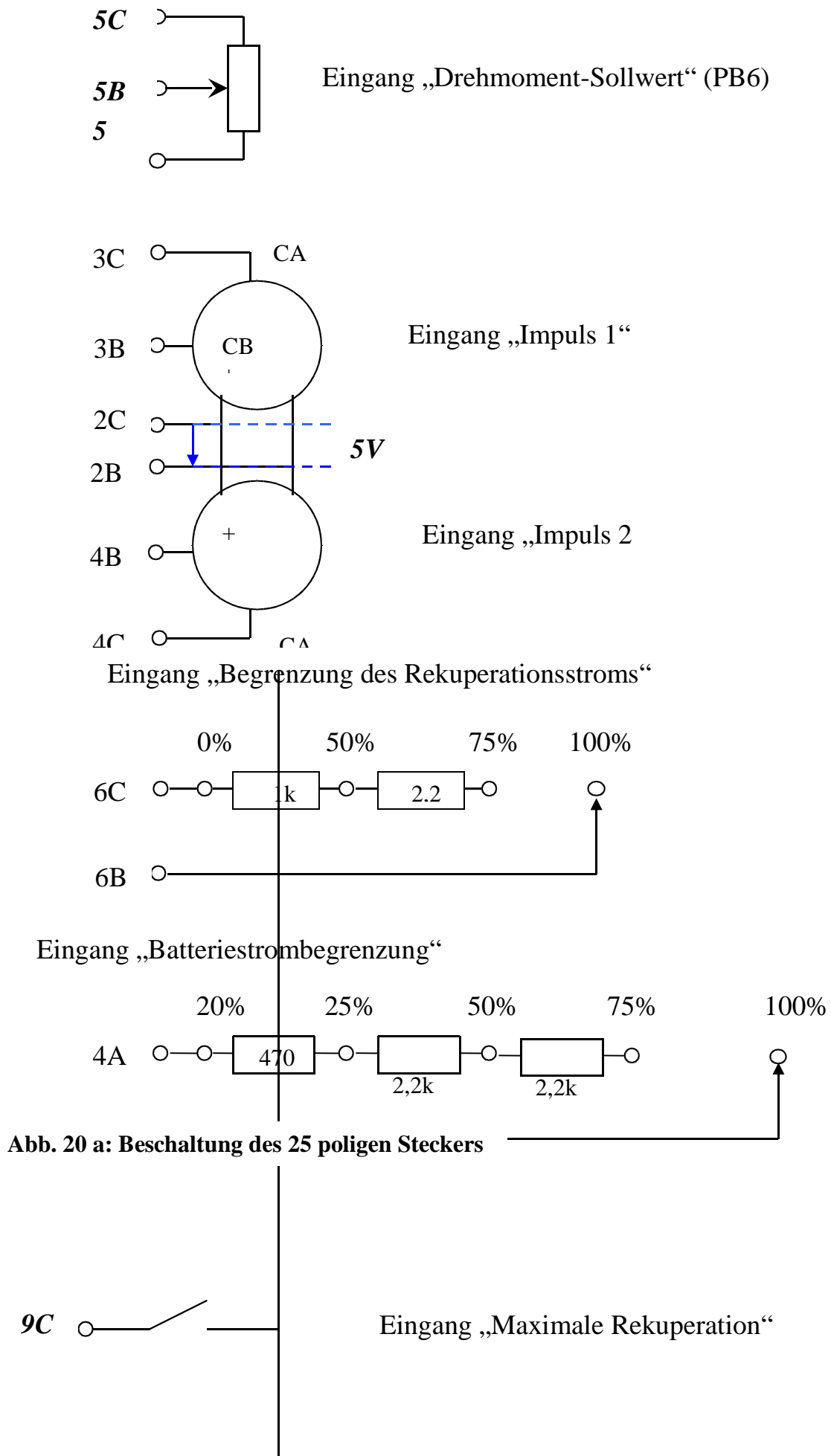


Abb. 20 a: Beschaltung des 25 poligen Steckers

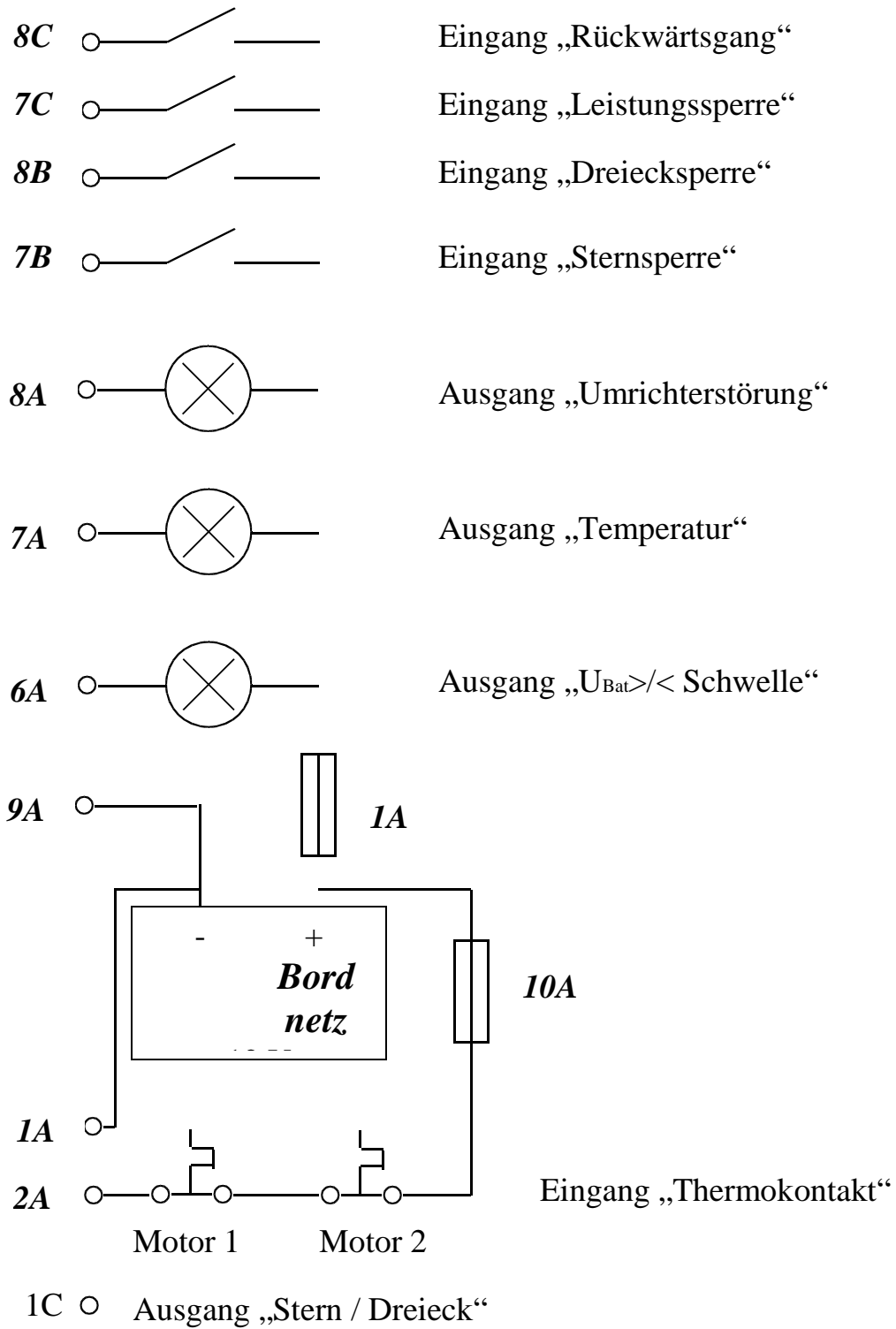


Abb. 20 b: Beschaltung des 25 poligen Steckers

1.6 Fehlersuche beim E-Käfer

1.6.1 Fehler: Umrichter

Beschreibung des Fehlers:

Der Ausgang „Fehler Umrichter“ mit Einschaltung des Wechselrichters aktiviert.

Mögliche Ursachen:

Die folgenden externen und internen Fehler können die Ursache für die Aktivierung des Ausganges sein.

- 1.) Kurzschluß zwischen den Motorphasen R,S,T
- 2.) Kurzschluß zwischen einer Motorphasen (R,S,T) und „Bat +“
- 3.) Kurzschluß zwischen einer Motorphasen (R,S,T) und „Bat -“
- 4.) Fehler, die auf die internen Anschlüsse des VPA 230 zurückzuführen sind
- 5.) Fehler der Leistungsstufe

Vorgehensweise:

- Schritt 1: Ausschalten des Fahrzeuges und Betätigung des „Not Aus“.
- Schritt 2: Abziehen der Steckverbindung zwischen den Batterien und dem Schützgehäuses
- Schritt 3: Abklemmen der drei Motorphasen R, S, T.
- Schritt 4: Isolierung der Kabel R, S, T mit Klebeband.
- Schritt 5: Wiederanschießen der Batterien und Aktivierung des VPA 230
- Schritt 6: Prüfen, ob der VPA 230 mit Spannung versorgt wird (Klemmen BAT + und BAT -).
- Schritt 7: Überprüfen der Warnleuchte „ Fehler Umrichter“
Wenn die Warnleuchte erloschen ist, liegt ein Kurzschluß in den R, S,T Komponenten vor.
Wenn die Warnleuchte noch leuchten sollte, liegt ein interner Fehler im Frequenzumrichter vor. In diesem Fall ist der Kundendienst zu kontaktieren.

1.6.2 Fehler: „Strom“

Beschreibung des Fehlers:

Wenig oder überhaupt kein Strom wird bei Betätigung des Gaspedals von den Traktionsbatterien abgegeben.

Mögliche Ursachen:

1. Hauptsicherung (200 A) defekt.
2. Interner Fehler des Wechselrichters
3. Defektes Fahrpoti PB 6
4. Eingang „Batteriestrombegrenzung“ ist aktiv.

Vorgehensweise:

- Schritt 1: Prüfen ob der VPA 230 mit Spannung versorgt wird (Klemmen BAT + und BAT -).
- Schritt 2: Ausschalten des Fahrzeuges und Betätigung des „Not Aus“.
- Schritt 3: Abziehen der Steckverbindung zwischen den Batterien und dem Schützgehäuses
- Schritt 4: Prüfen das kein Widerstand zwischen den Klemmen „3A“ und „4A“ geschaltet wurde, Siehe Kapitel 1.2.11 auf Seite 6.
- Schritt 5: Verkabelung der Motoren prüfen.
- Schritt 6: Wiederanschließen der Batterien und Aktivierung des VPA 230
- Schritt 7: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „5A“ und „5C“ (+15V). Wenn eine Spannung gemessen wurde kann fortgefahren werden. Wenn keine Spannung gemessen wurde , kontaktieren Sie den Kundendienst.
- Schritt 8: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „5A“ und „5B“.
Bei Betätigung des Gaspedals muß eine variierende Spannung zwischen 0V und 15V gemessen werden. Ist eine variierende Spannung nicht zu messen ist das Fahrpoti PB 6 defekt.

1.6.3 Fehler: Drehzahl $X < 200$ 1/min

Beschreibung des Fehlers:

Es erfolgt keine Beschleunigung über 200 1/min

Mögliche Ursachen:

1. Defekte Verkabelung der Drehimpulsgeber
2. Interner Fehler des VPA 230
3. Defekte Drehimpulsgeber

Vorgehensweise:

- Schritt 1: Ausschalten des Fahrzeuges und Betätigung des „Not Aus“.
- Schritt 2: Abziehen der Steckverbindung zwischen den Batterien und dem Schützgehäuses
- Schritt 3: Prüfen der Verkabelung der beiden Drehimpulsgeber
- Schritt 4: Wiederanschließen der Batterien und Aktivierung des VPA 230
- Schritt 5: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „2B“ und „2C“ (+5V). Wenn keine Spannung gemessen wurde, bitte den Kundendienst verständigen, andernfalls fortfahren.
- Schritt 6: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „2B“ und „3B“ bzw. „3C“ (Signal Drehimpulsgeber 1) und den Klemmen „2B“ und „4B“ bzw. „4C“ (Signal Drehimpulsgeber 2). In beiden Fällen müssen Spannungen unter $x < 1V$ bzw. $x > 4V$ gemessen werden. Wenn keine

Spannung gemessen wurde, liegt ein Defekt der Drehimpulsgeber vor.

1.6.4 Fehler: Stottern der Motoren

Beschreibung des Fehlers:

Bei konstanter Position des Gaspedals fangen die Motoren an zu stottern.

Mögliche Ursachen:

1. Defekte Verkabelung der Drehimpulsgeber
2. Interner Fehler des VPA 230
3. Defekte Drehimpulsgeber

Vorgehensweise:

- Schritt 1: Ausschalten des Fahrzeuges und Betätigung des „Not Aus“.
- Schritt 2: Abziehen der Steckverbindung zwischen den Batterien und dem Schützgehäuse
- Schritt 3: Prüfen der Verkabelung der beiden Drehimpulsgeber
- Schritt 4: Wiederanschießen der Batterien und Aktivierung des VPA 230
- Schritt 5: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „2B“ und „2C“ (+5V). Wenn keine Spannung gemessen wurde, bitte den Kundendienst verständigen, andernfalls fortfahren.
- Schritt 6: Spannungsmessung zwischen den Klemmen „2B“ und „3B“ bzw. „3C“ (Signal Drehimpulsgeber 1) und den Klemmen „2B“ und „4B“ bzw. „4C“ (Signal Drehimpulsgeber 2). In beiden Fällen müssen Spannungen unter $x < 1V$ bzw. $x > 4V$ gemessen werden. Wenn keine Spannung gemessen wurde, liegt ein Defekt der Drehimpulsgeber vor.

1.6.5 Fehler: Keine konstante Drehzahl

Beschreibung des Fehlers:

Bei konstanter Position des Gaspedals variiert die Drehzahl der Motoren stark.

Mögliche Ursachen:

1. Einer oder beide Drehimpulsgeber übermitteln kein eindeutiges Signal
2. Lochscheiben laufen nicht richtig durch die Gabellichtschranken.
 - a.) Drehimpulsgeber nicht richtig installiert.
 - b.) Lochscheibe nicht richtig ausgerichtet.
3. Drehimpulsgeber defekt
4.

Vorgehensweise:

Sie ist noch nicht bekannt, da das Problem zu diesem Zeitpunkt noch nicht gelöst wurde.

1.6.6 Fehler: Ruckeln in engen Kurven***Beschreibung des Fehlers:***

In engen Kurven bleibt der E-Käfer stehen und beschleunigt nur mit starkem Ruckeln.

Mögliche Ursachen:

1. Einer oder beide Drehimpulsgeber sind defekt???
2. Zu starke Differenz zwischen den beiden Motordrehzahlen???
3.

Vorgehensweise

Sie ist noch nicht bekannt, da das Problem zu diesem Zeitpunkt noch nicht gelöst wurde.