



TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Ausgabe 1.03

FÜR

TRANSISTOR-VIERQUADRANTEN-

SERVO-VERSTÄRKER

SERIE

MTR 20K

MATTKE AG
Leinenweberstraße 12
D-79108 Freiburg
Germany

Telefon: +49 (0)761- 15 23 4-0
Telefax: +49 (0)761- 15 23 4-56
E-Mail: info@mattke.de
<http://www.mattke.de>

Sehr geehrter Kunde,

wir sind stets bemüht, optimale Sicherheitsmaßnahmen zu gewährleisten und uns am neuesten Stand des technischen Fortschritts zu orientieren. Trotzdem ist es erforderlich, dass wir Ihnen als Anwender unserer Bauteile folgende zusätzliche Informationen geben:

Die Geräte sind ausschließlich als Zulieferteil zur Weiterverarbeitung durch Industrie, Handwerk oder sonstige auf dem Gebiet der Elektrotechnik und EMV fachkundige Betriebe bestimmt.

Warnhinweise!!

Achtung - nicht berühren. Die Geräte haben ungeschützte spannungsführende Teile. Die Spannung liegt z.T. in einem lebensgefährlichen Bereich.

Sämtliche Arbeiten an den Geräten dürfen **zur eigenen Sicherheit** nur durch einen Fachmann vorgenommen werden.

Offene Anschlüsse müssen, um den Sicherheitsvorschriften zu entsprechen durch Gehäuse, Abdeckungen o.ä. gegen Berührung gesichert werden. Spannung kann auch nach Trennung des Gerätes vom Netz noch vorhanden sein (Kondensatorentladungen).

Bei Falschbedienung und unter ungünstigen Bedingungen können durch Überdruck Teile des Elektrolytkondensators abgesprengt werden. Bei ausnahmsweise notwendigen Arbeiten am offenen Gerät bitte unbedingt Körper (Hände!) und Gesicht schützen.

Auf ausreichende Kühlung ist auf jeden Fall zu achten. Bei Überhitzung besteht Brandgefahr.

Technische Änderungen vorbehalten.

Inhaltverzeichnis

1. Technische Beschreibung	5
1.1 Allgemeine Information.....	5
1.2 Besonderheiten	5
1.3 Typen-Übersicht	6
1.4 Technische Daten	6
1.5 Theorie der Arbeitsweise und Prinzipschaltbild	8
1.5.1 Freie Nennspannungswahl.....	8
1.5.2 Hilfsspannungen	9
1.5.3 Funktionsweise der Endstufe	11
1.5.4 Galvanische Trennung	13
1.5.5 Endschalter-Eingang mit selbsttätiger Bremsung.....	14
1.5.6 Blockierschutz	14
1.6 Klemmenübersicht.....	15
2. Projektierung und Dimensionierung.....	18
2.1 Last - Kategorie	18
2.2 Optimierung des Antriebs bei gegebener Verstärkerleistung	20
2.3 Ermittlung des Effektivstroms bei dynamischer Last	20
2.4 Ermittlung der Betriebsspannung	21
2.5 Netztrafoberechnung.....	22
2.6 Ballastwiderstand	22
2.7 Kommutierungsstrombegrenzung	23
2.8 Dynamische Bremse	24
2.9 Rampengenerator (Option, extern).....	25
2.10 Absicherung	26
2.11 Mehrachsbetrieb.....	26
2.12 Leitungsführung, Erdung und Aufstellung	28
3. Inbetriebnahme	31
3.1 Potentiometer, Festkomponenten und Testpunkte (Übersicht)	31
3.2 Voreinstellungen.....	34
3.3 Richtige Polung	34
3.4 Erstes Einschalten.....	34
3.5 Stromeinstellung.....	35
3.6 Tachoanpassung.....	35
3.7 Offseteinstellung und Kontrolle auf Rückwirkungsfreiheit.....	35
3.8 Optimierung des Regelverhaltens	36
4. Information für den Service	38
4.1 Allgemeine Fehlersuche	38
4.2 Kurzschluss in der Endstufe	39
4.3 Austausch der Steuerelektronik.....	40
4.4 Austausch der Treiber - Elektronik (mit Ballastschaltung)	41
4.5 Ersatzteile.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzipschaltbild	10
Abbildung 2: Prinzipschaltbild der Endstufe	11
Abbildung 3: Vereinfachtes Prinzipschaltbild	11
Abbildung 4: Spannungsverläufe an der Endstufe.....	12
Abbildung 5: maximale Impulsstromdauer als Funktion von Erholzeit und Überstromfaktor.....	19
Abbildung 6: maximale Impulsstromdauer als Funktion von Vorbelastung und Überstromfaktor.....	19
Abbildung 7: Standard-Kommutierungs-Kennlinien	24
Abbildung 8: Schaltungsvorschlag für dynamische Bremse	25
Abbildung 9: Absicherung bei Mehrachs Antrieb mit gleicher Nennspannung	27
Abbildung 10: Stromversorgung bei verschiedenen Nennspannungen.	27
Abbildung 11: Absicherung bei mechanisch gekoppelten Achsen.....	28
Abbildung 12: Anschlußbelegung	30
Abbildung 13: Abmessung.....	43

1. Technische Beschreibung

1.1 Allgemeine Information

Transistor-Servoverstärker der Serie 20k sind pulsbreitenmoduliert arbeitende Verstärker, die vor allem zur Ansteuerung von Gleichstrom-Servomotoren mit Permanentmagnetanregung konzipiert sind. Die Geräte arbeiten im Vierquadrantenbetrieb, d.h. der abgeschlossene Motor kann in beiden Drehrichtungen arbeiten oder bremsen, wobei kurzzeitig ein gegenüber dem Dauerdrehmoment erhöhtes Impulsmoment verfügbar ist. Durch diese Eigenschaft sind sie vor allem für den Antrieb von Werkzeugmaschinen-Vorschubachsen geeignet, doch sind auch andere Antriebsaufgaben denkbar, wie z. B. bei Lauf- und Förderbändern u.ä.

1.2 Besonderheiten

Dank einer neuartigen Modulationstechnik werden von Motor oder Drosseln keine hörbaren Modulationstöne ausgesandt, d.h. das von vielen getakteten Verstärkern her bekannte lästige Pfeifen oder Heulen entfällt völlig. Die Eisenverluste in Motor und Drosseln (Ummagnetisierungs- bzw. Hystereseverluste) sind gegenüber herkömmlichen Modulationsverfahren um ca. eine Zehnerpotenz geringer.

Die Geräteserie 20k enthält eine galvanische Trennung zwischen Steuerseite und Lastseite, sodass für die Energieversorgung statt eines Trenntrafos auch ein Spartransformator verwendet werden kann. Das Gehäuse ist elektrisch vom Gerät isoliert.

Die Geräte enthalten einen Drehstrom-Brückengleichrichter für die Stromversorgung und eine großzügig dimensionierte Ballastschaltung zum Aufnehmen von Bremsenergie. Die Stromversorgung kann wahlweise mit Drehstrom oder Gleichstrom erfolgen. Eine Hilfsspannung 230 V / 50 Hz ist lediglich für den Antrieb des Lüfters erforderlich; eingebaute Spannungswandler speisen die Steuerelektronik direkt von der Hauptversorgung.

Die Speisespannung darf während des Betriebes in weiten Grenzen schwanken (18 V - 150/200 V; kurzzeitig 16 V - 200/250 V). Dieses Konzept ermöglicht die Betriebsart "Notlauf", bei der z.B. bei Netzausfall im Batteriebetrieb auch ohne Lüfter bequem eine Sicherheitsposition angefahren werden kann. Die eingebauten Speicherdrosseln ermöglichen den direkten Anschluss jedes Motors oder auch andere Lasten. Durch den hohen Wirkungsgrad (95 - 96% bei 200 V Nennspannung) ist die Eigenerwärmung sehr gering. Hierdurch bleibt der Aufwand für die Kühlung des Schaltschranks auch beim Einbau mehrerer Achsen in Grenzen.

Die Geräte enthalten Schutzschaltungen für Überstrom, Überspannung, Unterspannung und Überhitzung, außerdem eine steckbare Kommutierungsstrombegrenzung ($I_{Amax} = f(U_A)$) als Option und serienmäßig eine $I^2 t$ -Strombegrenzung, sowie Eingänge für richtungsabhängige Endschalter, Endstufen-Freigabe und Wegschalten der Integralregelung. Das Ansprechen der $I^2 t$ -Strombegrenzung wird über einen open-collector-Ausgang angezeigt. Bei betriebsbereitem Gerät schließt ein potentialfreier Relaiskontakt.

1.3 Typen-Übersicht

Typ	Nr.	Nennspg. Volt	Nennstrom Ampere	Impulsstrom Ampere (max. 5 sec.)
MTR 20 K	200/100	± 200	± 100	± 200
MTR 20 K	150/100	± 150	± 100	± 200
MTR 20 K	200/70	± 200	± 70	± 140
MTR 20 K	150/70	± 150	± 70	± 140
MTR 20 K	200/50	± 200	± 50	± 100
MTR 20 K	150/50	± 150	± 50	± 100
MTR 20 K	24/70	± 24	± 70	± 110

1.4 Technische Daten

Spannungsbereich der Steuereingänge	± 10 V
Innenwiderstand der Steuereingänge	20 kOhm
Stellbereich der Eingangsabschwächer	0,18...1,1
Maximale Tachospannung bei $U_E = \pm 10$ V	± 100 V
Innenwiderstand des Tachoeingangs (min.)	11 kOhm
Stellbereich des Tachoabschwächers	0,065...0,65
Maximale Eingangsdrift	± 15 F/ EC
Ausgangsstrom-Formfaktor bei Nennstrom (max.)	1,01
Bandbreite des unterlagerten Stromreglers	1 kHz
Taktfrequenz der Endstufe	8,5 kHz
Isolierspannung des Vorverstärkers zur Endstufe	± 1500 V DC
Impulsstrom der Ballastschaltung	120A
Dauerverlustleistung der Ballastschaltung	4,4 kW
Kontaktbelastung des Melderelais	100 V/0,1A/ 10W
Hilfsspannung für ext. Zusatzschaltung	± 15 V , 20 mA

Schaltart der Eingänge für Endschalter und Endstufenfreigabe:	Normaler Lauf nur bei geschlossenem Kontakt. Bei Unterbrechung tritt die Funktion des betreffenden Eingangs (z.B. "Positiv Stop") in Kraft.
Ankerstrom-Monitor-Ausgang:	± 10 V entspr. dem Listenmäßigen Impulsstrom, $R_i = 1$ kOhm.
I ² - t-Meldung:	Bei aktiver Strombegrenzung nach OV leitend, sonst Leerlaufspannung + 15 Volt.
Steuerausgang für dyn. Bremse:	Open-Collector, nach OV leitend nur bei betriebsbereitem Gerät und aktiver Endstufe.
Meldeausgang für Betriebsbereitschaft:	Reed-Kontakt, geschlossen bei be- triebsbereitem Gerät, auch bei Endstufenfreischaltung.
Lagertemperatur:	-10° C....+60° C
Umgebungstemperatur bei Nennbetrieb:	0° C....+45° C
Umgebungstemperatur mit max. 80% Last:	0° C....+55° C
Gangreserve ohne Lüfter bei Nennstrom:	2 Minuten aus betriebswarmen Zu- stand bei vertikal montiertem Gerät.
Verlustleistung bei Nennstrom:	50 A 500 Watt 70 A 700 Watt 100 A 1100 Watt
Mechanische Montage:	Mit 4 Schrauben auf ebener Fläche
Abmessungen (Länge x Breite x Höhe):	440 x 218 x 255 mm
Gewicht:	18 kg

1.5 Theorie der Arbeitsweise und Prinzipschaltbild

Die folgenden Erläuterungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Besonderheiten und technischen Neuerungen der Geräte. Allgemeine Kenntnisse über den Umgang mit Servoverstärkern und den sinnvollen Einsatz der gebotenen Möglichkeiten werden in diesem Abschnitt vorausgesetzt. Grundlage der Beschreibung ist das folgende Prinzipschaltbild.

1.5.1 Freie Nennspannungswahl

Die Servoverstärker in Standard-Ausführung (150 Volt) können mit jeder beliebigen Nennspannung im Bereich von 18 - 150 Volt betrieben werden. Darüber hinaus gibt es die Serie mit erweitertem Spannungsbereich (200 V), die sogar Nennspannungen von 16 bis 200 Volt zulässt. Die jeweils gewünschte Nennspannung wird ausschließlich durch die Sekundärspannung des Netztransformators festgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die gleichgerichtete Spannung auch bei vollem Impulsstrom nicht unter 50 Volt absinken kann, sowie darauf, dass die Leerlaufspannung auch im ungünstigsten Fall auch nicht mehr als 185 V (bzw. 240 V bei 200 V-Geräten) ansteigt. Die zugehörigen Effektivspannungen für den Höchstwert betragen $131 V_{\text{eff}}$ bzw. $169 V_{\text{eff}}$ im Leerlauf. Bei Nichtbeachten dieser Forderung sind Ausfälle in der Ballastschaltung möglich.

Die Baugröße des Netztrafos liegt je nach Anwendungsfall meist erheblich unter dem Produkt aus Nennstrom und Nennspannung, vor allem dann, wenn nur selten hohe Drehzahlen benötigt werden.

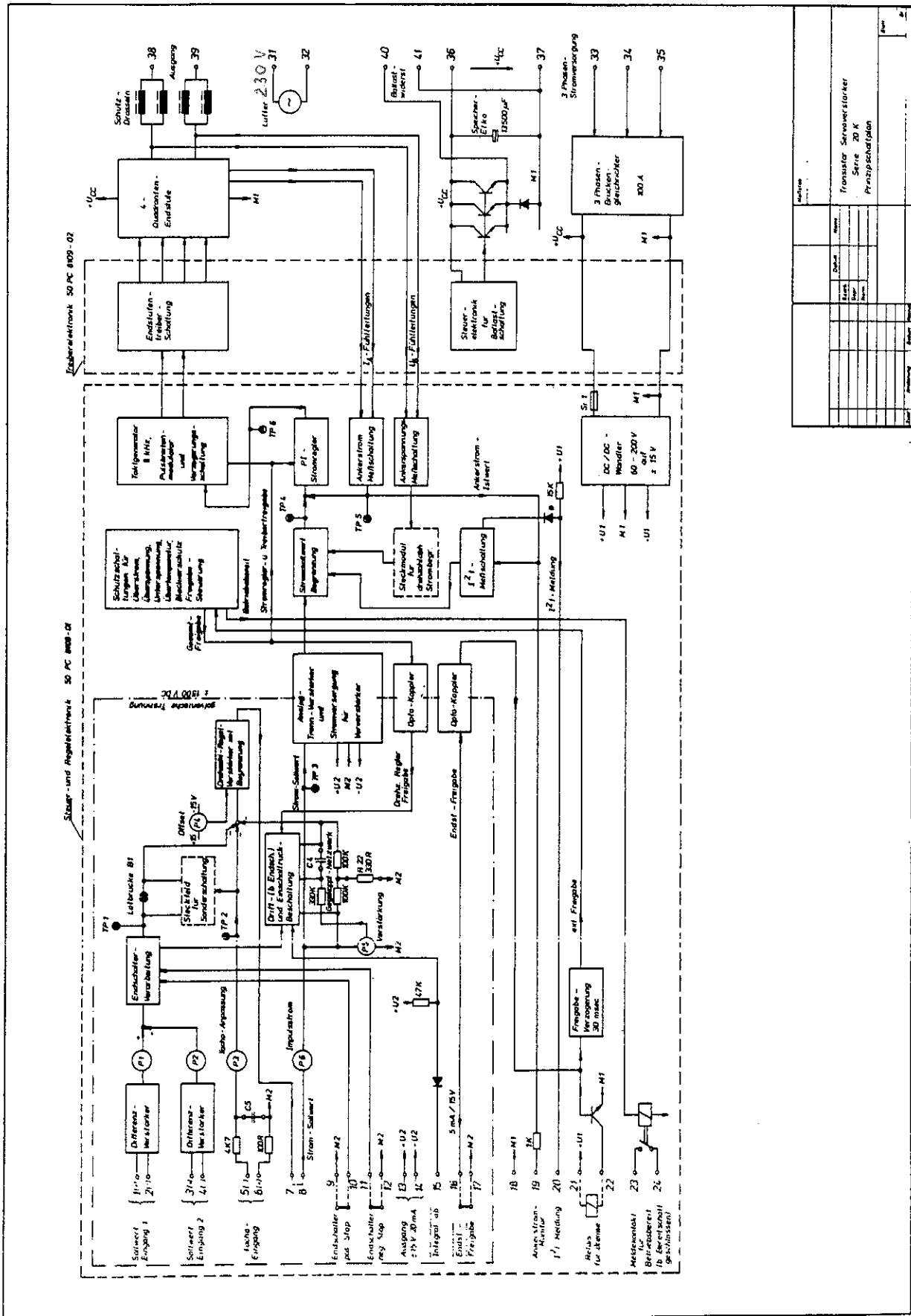
Diese Tatsache lässt sich dadurch erklären, dass die Endstufe dem Transformator immer nur diejenige Energie entnimmt, die sie auch an den Motor weitergibt. Diese Energie ist aber nicht nur vom Ausgangsstrom, sondern ebenso auch von der Ausgangsspannung abhängig. Die Geräte-Endstufe bewirkt nach Art einen Spannungswandlers eine Transformation, wobei z.B. bei langsam laufendem Motor aus der relativ hohen Zwischenkreisspannung bei geringem Stromverbrauch die niedrige Ankerspannung bei großem Anker-Strom umgeformt wird. So fließt z.B. im Extremfall "Kurzschluss an den Motorklemmen" selbst bei 100 Ampere Ausgangsstrom nur ein Trafostrom von ca. $5 A_{\text{eff}}$ zum Gleichrichter.

Bei Einzelachsen-Anwendung und vorwiegend dynamischer Last beträgt die mögliche Einsparung ohne weiteres 50%; bei Mehrachsbetrieb kann sie je nach zeitlicher Lastverteilung noch weit darüber liegen. Eine Messung der tatsächlich benötigten Trafoleistung kann daher bei Serieneinsatz sehr vorteilhaft sein.

1.5.2 Hilfsspannungen

Die Geräte haben eine eingebaute Hilfsstromversorgung für Steuerelektronik und Treiberschaltung. Diese liegt parallel zum Gleichstromzwischenkreis und passt sich selbsttätig an die in Abschn. 1.4.1 genannten Spannungen an.

Bei Notbetrieb an einer Batterie dürfen die Geräte kurzzeitig auch ohne Lüfter laufen (max. 2 Min. bei 100 A Nennstrom). Die Geräte müssen hierfür Senkrecht montiert sein. Ein wesentlich längerer Lauf ohne Belüftung bei starker Verminderung der Last ist nur dann zulässig, wenn die Last eine induktive Komponente von nicht unter 0,3 mH aufweist. Wegen der Gefahr eines Wärmestaus im Geräteinnern ist der Betrieb ohne Lüfter aber in jedem Fall auf kurzzeitige Sonderfälle zu beschränken.



Best.Nr.	Bezeichnung	Stückzahl	Einheit	Material	Hersteller
	Transistor Servomotor				
	Serie 20 K				
	Prinzipschaltplan				

Abbildung 1: Prinzipschaltbild

1.5.3 Funktionsweise der Endstufe

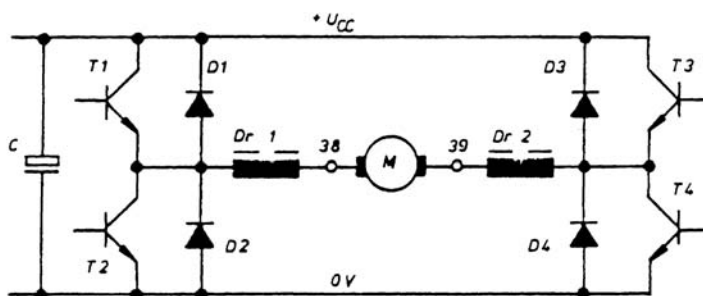


Abbildung 2: Prinzipschaltbild der Endstufe

Die Endstufe der Geräte besteht im Wesentlichen aus den vier Transistorsätzen T1 - T4 mit jeweils einer parallel geschalteten schnellen Freilaufdiode D1 - D4, dem Zwischenkreiskondensator C und den Speicherdrosseln Dr1 und Dr2.

Für die nun folgende Erläuterung der Wirkungsweise sei vereinfachend angenommen, dass jede Hälfte der Endstufe wie ein idealer Umschalter (ohne Umschaltpause oder Überlappen) arbeitet (Abbildung 3).

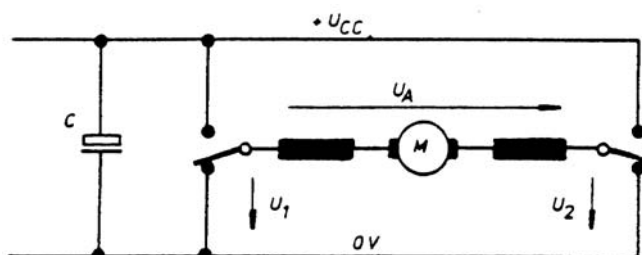


Abbildung 3: Vereinfachtes Prinzipschaltbild

Diese Betrachtung ist korrekt, da auch beim tatsächlichen Betrieb jeweils ein Transistor und eine Diode (z.B. T1 mit D2 und T4 mit D3) wie ein solcher Umschalter wirken. Hierbei läuft je nach Energie- und Stromrichtung der restliche Teil der Endstufe "blind" mit, so dass die tatsächlich vorhandenen Umschaltpausen zwischen den Transistoren nicht wirksam werden.

Die Endstufe arbeitet mit Spannungseinprägung, d.h. der Motor liegt ständig je nach Tastung an einer mehr oder weniger hohen Gleichspannung mit niedrigem Innenwiderstand. Die Induktivität der Speicherdrosseln ist so bemessen, dass zwar einerseits die Welligkeit des Ausgangsstroms (Formfaktor) trotz des rechteckförmigen Spannungsverlaufs gering ist. Andererseits ist sie jedoch so gering, dass sie das dynamische Verhalten des Motors praktisch nicht beeinflusst. Für den Motor ist deshalb nur der arithmetische Mittelwert der Differenzspannung $U_1 - U_2 = U_A$ (gemittelt über eine Taktperiode) von Bedeutung.

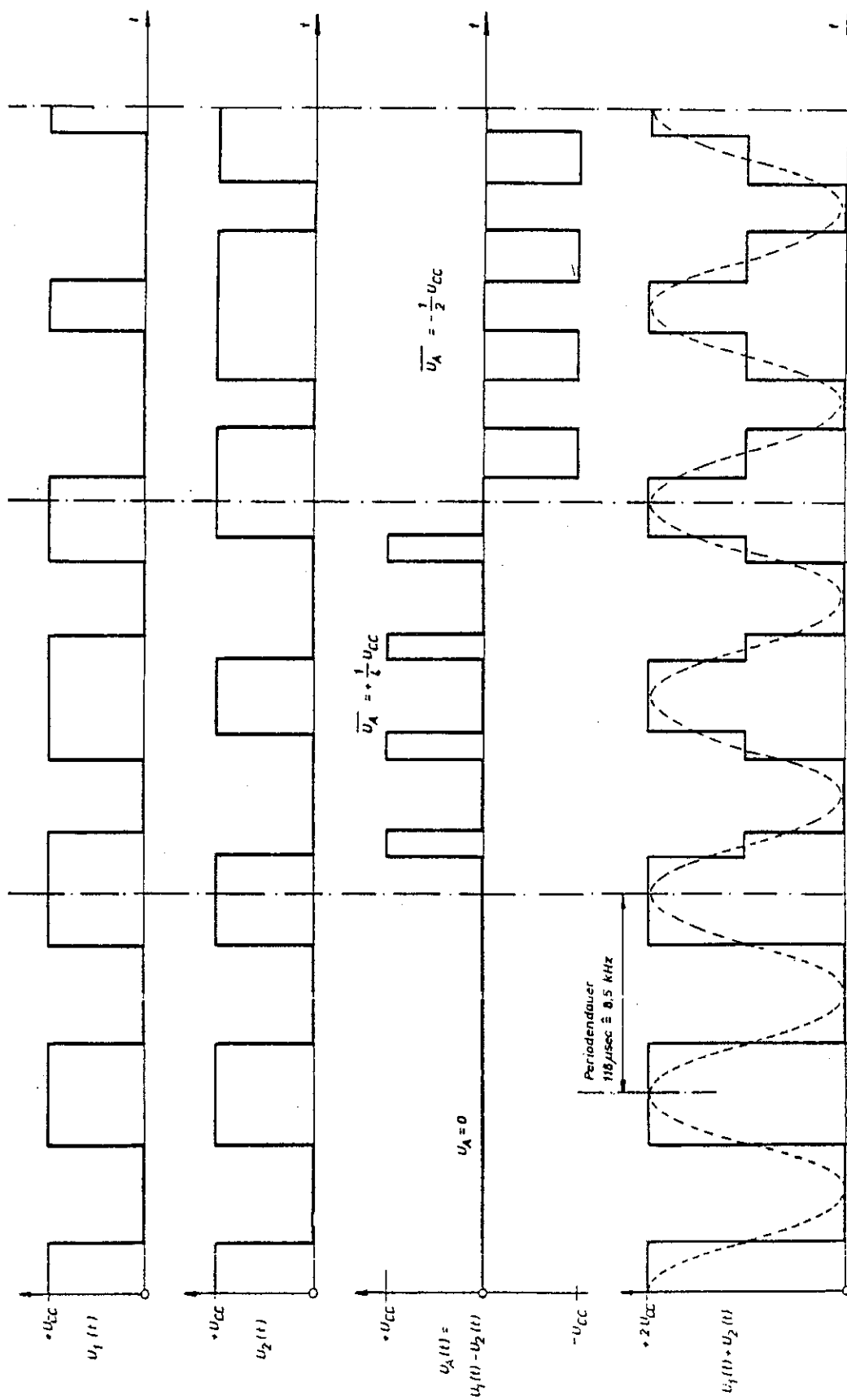


Abbildung 4: Spannungsverläufe an der Endstufe

Bild 5: Spannungsverläufe an der Endstufe

Abbildung 4 zeigt die typischen Spannungsverläufe bei drei verschiedenen Ausgangsspannungen. Wesentlich hierbei ist vor allem, dass im zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannung U_A eine Frequenzverdoppelung gegenüber dem Spannungsverlauf an jeder der beiden Ausgangsleitungen U_1 und U_2 zu beobachten ist. Dies bedeutet, dass trotz der relativ niedrigen Taktfrequenz von 8,5 kHz die Stromwelligkeit eine Grundfrequenz von 17 kHz aufweist. Da diese Frequenz für menschliche Ohren praktisch unhörbar ist, entfällt damit das von anderen Konzepten her bekannte Modulationspfeifen.

Dennoch gehören die Servoverstärker nicht zur Kategorie der Hochfrequenzgeräte, die als solche ab einer Betriebsfrequenz von 10 kHz genehmigungspflichtig wären. Für den Gesamt-Störpegel maßgebend ist nämlich bei vorschriftsmäßigem Anschluss nur die Summe der Einzelstörpegel auf den Ausgangsleitungen gegenüber Erde, und diese Summe enthält als Grundfrequenz nur die einfache Taktfrequenz von 8,5 kHz (siehe $U_1(t) + U_2(t)$ in Abbildung 4).

Weiterhin bedeutungsvoll gegenüber herkömmlichen Modulationsverfahren (mit einfacher Diagonalumschaltung) sind außerdem die Tatsachen, dass im Stillstand überhaupt keine Wechselstrombelastung im Motor vorhanden ist und selbst im ungünstigsten Fall (bei $U_A = 1/2 U_{cc}$) die Wechselfspannung über der Last nicht mehr gleich der zweifachen sondern nur noch der einfachen Betriebsspannung ist. Die durch Hystereseverluste bedingte Motorerwärmung (bei Motoren mit eisenbehaftetem Anker) fällt hierdurch praktisch völlig weg, während diese früher ein sehr ernst zu nehmender Lastminderungsfaktor war. Ebenso sind hierdurch Speicherdrosseln von so geringer Baugröße möglich, dass diese sogar noch bei 20 kW Nennleistung im Verstärker-Gehäuse untergebracht werden konnten.

1.5.4 Galvanische Trennung

Die Geräte der Serie 20k enthalten einen Analog-Trennverstärker, der alle wichtigen Steuereingänge vom übrigen Gerät isoliert. Hierdurch wird der Einsatz eines kostengünstigen Spartransformators für die Stromversorgung möglich. Der gesamte Leistungsteil liegt hierbei auf Netzpotential (bzw. auf $-U_{cc}/2$, gemessen gegen Erde), während der gesamte Vorverstärker auf jedes beliebige andere Potential (meist das Erdpotential der numerischen Steuerung) gelegt werden kann. Die Koppelkapazität zwischen Vorverstärker und Grundgerät beträgt nur wenige Picofarad (pF). Die Übertragung der analogen Daten (Ankerstrom-Sollwert) geschieht magnetisch, die der digitalen Befehle (Endstufen-Freigabe, Drehzahlregler-Freigabe) läuft über Optokoppler.

Die Kühlkörper der Endstufe, sowie die Kerne der Speicherdrosseln und die Becher der Zwischenkreiselkos sind vom Verstärker-Gehäuse elektrisch isoliert aufgebaut. Die Gehäuse von Verstärker und Motor sind aus Sicherheitsgründen unbedingt zu erden.

Es ist darauf zu achten, dass der Vorverstärker nicht freischwebend betrieben wird. Neben der Gefahr der Beschädigung der Optokoppler durch statische Aufladung kommt es in den meisten Fällen durch unkontrolliert fließende HF-Ströme auf den Eingangsleitungen zu Rückwirkungen von der Endstufe. Diese äußern sich durch unstablen Nullpunkt, ruckenden Lauf, "kratzende" Geräusche, u.ä. Die gesamte Eingangsschaltung ist deshalb unbedingt auf einem definierten HF-mäßig geerdetem Potential zu halten. Hierfür kann die Klemme 17 benutzt werden.

Beim Verzicht auf galvanische Trennung ist eine Brücke zwischen den Klemmen 17-18 einzulegen. Diese legt das Potential des Vorverstärkers auf das OV-Potential der Endstufe.

1.5.5 Endschalter-Eingang mit selbsttätiger Bremsung

Beim Anfahren eines Endschalters, d.h. bei Unterbrechung des betreffenden Endschalter-Stromkreises wird sofort ein Bremsvorgang eingeleitet, wobei der Motor mit dem durch die Strombegrenzungen vorgegebenen größtmöglichen Strom bis zum Stillstand abgebremst wird. Dies geschieht durch Wegschalten des Drehzahlsollwertes auf Null. Der Motor wird hierbei praktisch linear abgebremst und kommt wesentlich schneller zum Stillstand als mit einer Widerstandsbremse, die ja in erster Näherung nach einer e-Funktion bremst.

Beim betätigtem Endschalter reagiert der Verstärker nur noch auf Sollwerte für die Gegenrichtung, d.h. der Motor kann ohne weiteres wieder vom Endschalter weggefahren werden. Zur Vermeidung von Drift ist bei betätigtem Endschalter die Integralregelung des Drehzahlreglers unterdrückt.

Im Gegensatz zur Funktion "Endstufen-Freigabe" (kl.16) bleibt bei einem oder beiden betätigten Endschaltern die Endstufe in Betrieb. Schaltvorgänge im Ankerkreis sind währenddessen daher keinesfalls zulässig.

1.5.6 Blockierschutz

Viele Servomotoren dürfen im Stillstand nur für kurze Zeit den vollen Nennstrom führen. Falls z.B. der Motor unbemerkt gegen einen Anschlag oder eine Bremse fährt, kann er trotz Ansprechen der $I^2 t$ -Strombegrenzung nach einiger Zeit Schaden erleiden. Die Geräte enthalten deshalb eine Überwachung, die das Ansprechen der $I^2 t$ -Strombegrenzung registriert und nach Ablauf von 30 Sekunden an einem Stück die Endstufe mit Überstrom-Meldung freischaltet.

1.6 Klemmenübersicht

Sollwert-Eingang 1 (Kl. 1-2):

Dies sind die Eingänge des ersten Differenzverstärkers. Die maximale Differenzspannung darf ± 10 Volt betragen, wobei keine der beiden Klemmen eine höhere Spannung als + 20 Volt oder eine niedrigere Spannung als - 20 Volt gegen Klemme 17 (Vorverstärker-Null) haben darf, da ansonsten der Verstärker übersteuert wird. Kl. 1 wirkt positiv gegenüber Kl. 2.

Sollwert-Eingang 2 (Kl. 3-4):

Gleiche Funktion wie Sollwert-Eingang 1; beide Eingänge überlagern sich rückwirkungsfrei. Bei voll aufgedrehten Potentiometern P1, P2, darf die Summe beider Sollwerte nicht größer als 10 V sein. Klemme 3 wirkt positiv gegenüber Kl. 4.

Tacho-Eingang (Kl. 5-6):

Klemmen zum Anschluss eines Gleichspannungstachogenerators für die Drehzahlrückmeldung. Die Tachospaltung bei Nenndrehzahl und 10 V Steuerspannung sollte mindestens 17 Volt und darf höchstens 100 Volt betragen. Der negative Pol ist an Kl. 5 anzuschließen.

Drehzahlregler-Ausgang und Stromsollwert-Eingang (Kl. 7 u. 8):

Diese beiden Klemmen müssen bei normaler Betriebsweise verbunden sein. Falls jedoch reine Stromregelung gewünscht wird, ist die Brücke zu entfernen und der Stromsollwert (± 10 V für vollen Impulsstrom, angelegt gegen Kl. 17) in Kl. 8 einzuspeisen. Die Strombegrenzungsschaltungen sind auch dann wirksam.

Endschalter "Positiv Stop" (Kl. 9-10):

Für die normale Betriebsweise sind diese Klemmen zu verbinden. Bei Unterbrechung oder Anlegen von + 15 Volt an Kl. 10 reagiert der Verstärker nicht mehr auf positive Drehzahlsollwerte (Definition der Polarität siehe "Sollwert-Eingang"). Der eigentliche Eingang ist Kl. 10; die Klemme 9 liegt auf Vorverstärker-Null (wie Kl. 17).

Endschalter "Negativ Stop" (Kl. 11-12):

Funktion wie bei "Positive Stop", jedoch für negative Sollwerte. Eingang ist Kl. 11; Kl. 12 liegt auf Vorverstärker-Null.

Hilfsspannungen ± 15 V (Kl. 13-14):

Hier können externe Zusatzschaltungen oder Sollwertgeber angeschlossen werden. Für die Sollwertbildung muss die Spannung allerdings zusätzlich stabilisiert werden, z.B. auf 10 Volt mittel Z-Diode und Vorwiderstand. Die maximale Belastbarkeit beträgt 20mA je Klemme. Kl. 13 ist + 15 Volt, Kl. 14 - 15 Volt, jeweils $\pm 5\%$.

Steuereingang "Integralregelung ab" (KI. 15):

Besonders bei übergeordnetem Lageregler ist die Integralregelung nicht in allen Phasen eines Positioniervorganges erwünscht. Insbesondere beim Einlaufen in die Nullposition nach einem Eilgang kann Überschießen auftreten. Zur Unterdrückung lässt sich die Integralregelung des Drehzahlreglers über diesen Eingang für die Zeit des Verfahrens der Achse wegschalten. Bei offenem Eingang ist die Integralregelung wirksam. Durch Anlegen von OV (Kurzschluss zu KI. 17) wird der Integrationskondensator über einen Feldeffekttransistor kurzgeschlossen.

Endstufen - Freigabe (KI. 16-17):

Das Gerät läuft nur bei kurzgeschlossenen Klemmen 16-17. Beim Öffnen der Verbindung oder Anlegen von + 15 Volt gegenüber KI. 17 wird die Endstufe nach max. 1 msec. Stromlos. Gleichzeitig sperrt ein Schalttransistor an der Klemme 22, der z.B. zum Steuern einer Bremsschaltung benutzt werden kann (siehe "Steuerausgang für dynamische Bremse"). Beim Schließen der Verbindung oder Anlegen von OV an KI. 16 wird sofort der schon erwähnte Schalttransistor leitend und nach Ablauf von 30 msec. auch die Endstufe freigegeben.

Vorverstärker-Null (KI. 17):

Bei allen Betriebsarten ist der Vorverstärker auf einen festen Pegel zu legen; vorzugsweise auf Erdpotential oder das Potential der Endstufe. Dies kann über die KI. 17 vorgenommen werden.

Endstufe - Null (KI. 18):

Anschluß für Brücke nach KI. 17 bei Betrieb mit Trenntrafo. Außerdem Bezugs-Null für den Ankerstrom-Monitor, die I² t-Meldung und die zweite Hilfsspannung + 15 Volt (Klemme 21) für das Brems-Relais.

Ankerstrom-Monitor (KI. 19):

An dieser Klemme liegt der Ankerstrom-Istwert an (± 10 Volt entsprechen dem jeweiligen listenmäßigen Impulsstrom, Genauigkeit ca. $\pm 3\%$). Der Innenwiderstand beträgt 1 kOhm; ein Kurzschluss an dieser Klemme oder eine lange, nicht abgeschirmte Leitung kann zu Funktionsstörungen führen.

I² t-Meldung (KI. 20 - 21):

Zwischen KI. 20 und OV (M1) liegt ein Transistor (open-collector-Ausgang), der nur bei eingeschaltetem Gerät und nicht aktiver I² t-Strombegrenzung leitend ist. Ein externes Relais zwischen den Klemmen 20 und 21 (KI. 21 = + 15 V) zieht dann an und kann zur Meldung einer Überlastung des Gerätes benutzt werden.

Steuerausgang für dynamische Bremse (KI. 21-22):

Hier kann das Steuerrelais für eine dynamische Bremse (Widerstandsbremse) angeschlossen werden. Die Betätigung erfolgt durch den schon beschriebenen Eingang für die Endstufen-Freigabe. Bei laufendem Gerät leitet ein Transistor von KI. 22 nach OV. An Klemme 21 liegen + 15 Volt. Die Strombelastbarkeit beträgt 20 mA.

Meldekontakt für Betriebsbereit (KI. 23-24):

Hier liegt ein potentialfreier Reedkontakt, der nur bei betriebsbereitem Gerät geschlossen ist. Eine Beeinflussung vom Freigabeeingang (KI. 16) erfolgt nicht. Maximale Belastung: 100 V/0,1 A oder 10 Watt.

Hauptversorgung 3x 18 V bis 3x 115/163 V (Kl. 33-34-35):

Über diese Klemmen erfolgt in der Regel die Energieversorgung des gesamten Verstärkers. Es sind unbedingt mittelträge Schmelzsicherungen von etwa 2/3-3/4 der Geräte-Nennstromstärke vorzuschalten! Diese Sicherungen schützen zwar nicht den Verstärker bei Überlastung, doch halten sie die Folgeschäden bei einem Ausfall der Endstufe in Grenzen.

Gleichstrom-Zwischenkreis (Kl. 36-37):

Über diese Klemmen ist ein direkter Zugriff zur Stromversorgung der Endstufe möglich. Die Geräte können hierüber auch direkt mit Gleichspannung versorgt oder parallel geschaltet werden. Auch das Anschließen einer evtl. vorhandenen Feldwicklung des Motors ist möglich. Klemme 36 ist positiv gegenüber Kl. 37.

Motoranschlüsse (Kl. 38-39)

Hier können alle Arten von Servomotoren in passender Stromstärke angeschlossen werden. Da die Geräte bereits Speicherdrosseln enthalten, ist das Einhalten einer Mindestinduktivität nicht erforderlich. (Ausnahme: bei längerem Betrieb ohne Lüfter bei Serie 20k: $L_{\min} = 0,3 \text{ mH}$)

Ballastwiderstand (Kl. 40-41)

Wegen der recht großen Wärmeleistung von bis zu einigen Kilowatt ist der Ballastwiderstand nicht im Gerät enthalten. Je nach Lastverhältnissen kann ein beliebiger Hochleistungswiderstand mit mindestens 1,8 bzw. 2,2 Ohm an diese Klemmen angeschlossen werden. Klemme 40 ist der eigentliche Ausgang der Ballast-Endstufe, Klemme 41 liegt ständig an OV. (Widerstandsberechnung siehe Kapitel 2.6)

2. Projektierung und Dimensionierung

2.1 Last - Kategorie

Bei der Anwendung können zwei Fälle unterschieden werden: Vorschubantrieb und Hauptantrieb. Ein typischer Vorschubantrieb, wie er z.B. an der Spindel eines xy-Koordinaten - Tisches sitzen kann, zeichnet sich vor allem durch relativ kurze Beschleunigungszeiten aus (einige 10 bis 100 Millisekunden), sowie durch das Überwiegen der dynamischen Last gegenüber der statischen. Der Strom wird vorwiegend zum beschleunigen und abbremsen gebraucht und weniger zur Überwindung von Reibung oder sonstiger Dauerlast.

Im Gegensatz hierzu sind bei einem typischen Hauptantrieb meist sehr große Trägheitsmomente zu beherrschen, die teils von der Last, aber auch vom Motor selbst stammen können. Dementsprechend sind Beschleunigungszeiten in der Größenordnung von Sekunden üblich. Außerdem haben die statischen Lasten (Reibung, Windlast, Drahtzug, etc.) meist einen erheblichen Teil am Gesamtdrehmoment.

Für den Servoverstärker ist der Vorschubantrieb bei weitem der unkritischere Anwendungsfall, sogar dann, wenn sehr hohe Taktraten bei voller Ausnutzung von Impuls- und Effektivstrom verlangt werden. Dies liegt vor allem an der nur geringfügigen thermischen Wechselbelastung der Endtransistoren durch die kurzzeitigen Stromimpulse.

Bei Hauptantrieben jedoch werden die Transistoren beim vollen Impulsstrom mit jedem Lastspiel bis zur thermischen Grenze aufgeheizt und wieder abgekühlt. Wenn auch durch diesen Wärmestress zunächst direkt kein Ausfall zu befürchten ist (jedes Gerät wird bei der extremsten Form dieser Belastung dauergetestet), so ist doch der Sicherheitsabstand, insbesondere bei Dauerbetrieb, gering. Eine Zurücknahme des Impulsstroms bis auf ca. 150 % von I_{Nenn} ist deshalb zu empfehlen. Die hiermit verbundene weitere Verlängerung der Hochlaufzeiten sind dann für den Verstärker nicht mehr kritisch.

Diese Zurücknahme geschieht zwar durch die $I^2 t$ -Strombegrenzung nach einigen Sekunden (vgl. Diagramme Bild 5 und 6) auch selbsttätig, doch sind zu diesem Zeitpunkt die Transistorchips schon heiß. Die Reduzierung des Impulsstroms am dafür vorgesehenen Potentiometer (P6) oder durch einen Festwiderstand (R 144) ist also bei Hauptantrieben in jedem Fall zu empfehlen. Meist kann hierdurch auch das Ansprechen der $I^2 t$ -Strombegrenzung und die damit verbundene Änderung der Beschleunigung vermieden werden.

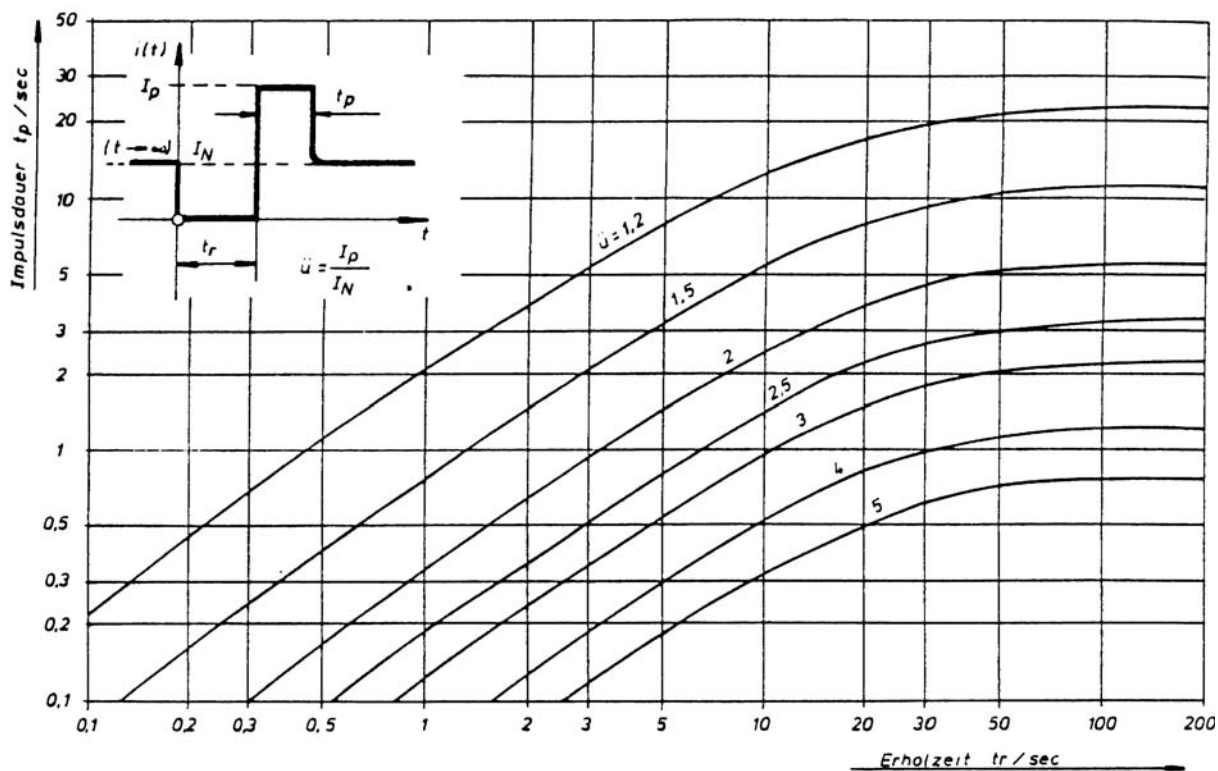


Abbildung 5: maximale Impulsstromdauer als Funktion von Erholzeit und Überstromfaktor

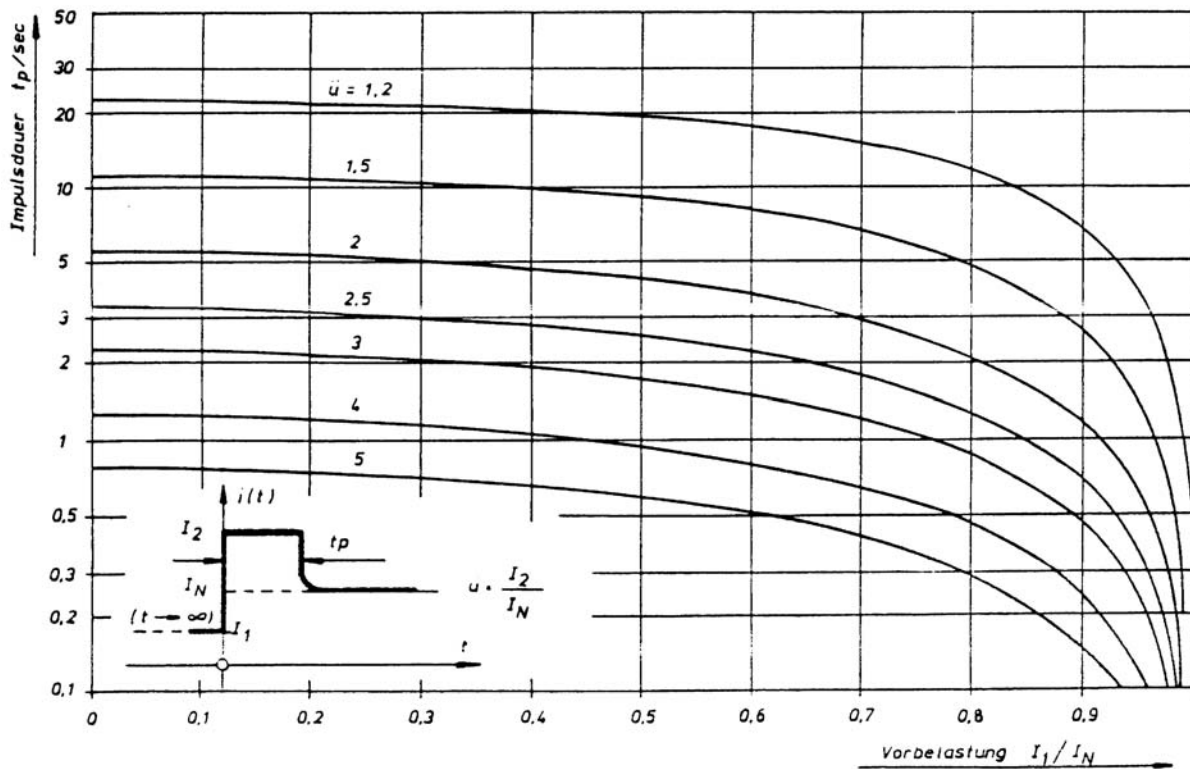


Abbildung 6: maximale Impulsstromdauer als Funktion von Vorbelastung und Überstromfaktor

2.2 Optimierung des Antriebs bei gegebener Verstärkerleistung

Hat man bei der Planung des Antriebs die Möglichkeit einer Anpassung mittels Getriebe oder sonstiger Untersetzungen (Zahnriemen, Spindel, etc), sollte auf jeden Fall diese Untersetzung so gewählt werden, dass das auf die Motorwelle umgerechnete Lastträgheitsmoment gleich dem Eigenträgheitsmoment des Motors ist. Hiermit erhält man an der Last die kürzeste Hochlaufzeit bei gegebenem Beschleunigungsstrom. Diese Regel hat nur da eine Einschränkung, wo die Maximaldrehzahl des Motors wegen der für die Anpassung erforderlichen Untersetzung überschritten wird. In diesem Fall richtet sich dann die Untersetzung nach der Maximaldrehzahl.

Eine andere Art der Anpassung ist bei manchen Motoren durch die Wahl der Motor-Nenn-drehzahl möglich. Solche Motoren werden meist mit verschiedenen Wicklungen angeboten, wobei Drehzahl und Drehmomentkonstante etwa umgekehrt proportional zusammenhängen. Da die Trägheitsmomente gleich sind, ist meist die Wahl des langsam laufenden Motors günstiger.

2.3 Ermittlung des Effektivstroms bei dynamischer Last

Hat man Motor-Type und Untersetzung ausgewählt und das Gesamt-Trägheitsmoment berechnet, kann an Hand von gegebenem Impulsstrom und Drehmomentkonstante des Motors der zeitliche Ablauf des Ankerstroms bestimmt werden. Unter Vernachlässigung der Reibung beträgt die Hochlaufzeit:

$$t_b = \frac{J_{ges}}{I_b * K_M} * n * \frac{2}{60}$$

Hierin sind	t_b	= Hochlaufzeit in Sekunden
	J_{ges}	= Gesamt-Trägheitsmoment an der Motorwelle in kgm^2
	I_b	= vom Verstärker abgegebener Beschleunigungsstrom
	K_M	= Drehmomentkonstante des Motors in Nm/A
	n	= Drehzahländerung in Upm

Die gleiche Formel gilt auch beim Abbremsen. Je nach Anwendung ergibt sich dann ein Arbeitsdiagramm.

Nach der folgenden Gleichung lässt sich hiermit der voraussichtliche Effektivstrom bestimmen, vorausgesetzt es wird tatsächlich der komplette Zyklus berücksichtigt:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{I_1^2 * t_1 + I_2^2 * t_2 + \dots + I_n^2 * t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

2.4 Ermittlung der Betriebsspannung

Hat man Beschleunigungsstrom und Enddrehzahl festgelegt, lässt sich auch die benötigte Betriebsspannung bestimmen:

$$U_N = n_N * \frac{2\pi}{60} * K_E + I_b * R_i$$

Hierin sind	U_N	= Gerätenennspannung in Volt
	n_n	= Enddrehzahl
	K_E	= Spannungskonstante
	I_b	= Beschleunigungsstrom
	R_i	= Innenwiderstand des Motors

In manchen Motorlisten ist statt der Spannungskonstante K_E die MK in Volt pro 1000 Upm angegeben. In diesem Fall gilt:

$$U_N = n_N * \frac{EMK}{1000} + I_b * R_i$$

Beide Formeln sind vereinfacht, aber für die Praxis geeignet.

Nicht berücksichtigt sind:

- Spannungsabfall an den Bürsten und auf den Ankerleitungen
- mechanische Reibung
- Streuung der K_E -Werte bis 10%
- Änderung der K_E -Werte als Funktion der Motortemperatur
- Innenwiderstand von Trafo sollte daher mit ca. 10% beaufschlagt werden.

Bei dieser Betrachtungsweise kommt man meistens zu Spannungen die höher sind als die listenmäßigen Motor-Nennspannungen. Dafür ist der Hochlauf bis zur Enddrehzahl konstant und wird nicht durch die Wirkung der EMK beeinflusst. Ein solcher Einfluss wäre z.B. die Abflachung des Drehzahlverlaufs beim Beschleunigen in der Nähe der Enddrehzahl. Falls diese Abflachung nicht stört, oder man sonst über die maximale Nennspannung des Gerätes kommt, kann bei obigen Formeln statt mit dem Beschleunigungsstrom auch mit dem Nennstrom gerechnet werden.

Hierbei ergeben sich geringere Spannungen. Das Gleiche gilt auch bei der Anwendung einer Kommutierungsstrombegrenzung.

2.5 Netztrafoberechnung

Nach der Ermittlung der benötigten Nennspannung kann die Trafo-Sekundärspannung nach folgender Gleichung ermittelt werden.

$$U_{T_{\text{eff}}} = (U_N + 6V) * 0,72$$

Hierin bedeutet U_{teff} = effektive Wechselspannung zwischen den Gleichrichterklammern 33-34-35.

Achtung! Die Trafospaltung bei Leerlauf und maximal möglicher Netzüberspannung darf nicht höher als 131 V_{eff} (bei 150 V Nennspannung) bzw. 169 V_{eff} /bei 200 V Nennspannung sein!

Für die Ermittlung der Trafo-Baugröße gelten die Überlegungen in Abschnitt 1.5.1. Bei Serienanwendung empfiehlt sich unbedingt eine Untersuchung der tatsächlich benötigten Leistung, z.B. mit einem Energiezähler. Blindleistung wird vom Transformator praktisch nicht abgegeben.

2.6 Ballastwiderstand

Je nach Anwendung kann die Belastung des Ballastwiderstandes in weiten Grenzen schwanken. Bei sehr kurzen Bremsimpulsen (bis ca. 100 msec) und Verzicht auf volle Geräte-Nennspannung reicht meist allein die Zwischenkreiskapazität zum Auffangen der Bremsenergie aus. Beim Abbremsen großer Trägheitsmomente können jedoch erhebliche Energiemengen anfallen, so dass eine überschlägige Berechnung empfehlenswert ist. Hierbei kommt allerdings erschwerend hinzu, dass der generatorische Wirkungsgrad des Motors stark last- und vor allem drehzahlabhängig ist.

$$\eta_{gen} = 1 - \frac{I_b * R_i * 60}{n * K_E * 2\pi}$$

Hierin sind

η_{gen}	=	der Wirkungsgrad des Motors im Generatorgetriebe
I_b	=	Bremsstrom in Ampere
n	=	Drehzahl in Umdrehungen pro Min.
K_E	=	Spannungskonstante des Motors in Vsec/rad

Bei einem Bremsvorgang aus Nenndrehzahl mit doppeltem Nennstrom kann ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von ca. 70-75% angenommen werden, wobei natürlich die Auslegung des Motors, insbesondere dessen Innenwiderstand, einen großen Einfluss hat.

Die zu erwartende Bremsenergie beträgt dann

$$W = \frac{1}{2} J_{ges} * \omega^2 * \eta_{gen} \quad \text{mit} \quad \omega = n \frac{2\pi}{60}$$

Hierbei sind

W	= Bremsenergie in Wattsekunden (Joule)
J _{ges}	= Gesamtträgheitsmoment an der Motorwelle
η _{gen}	= Mittlerer generatorischer Wirkungsgrad des Motors während des Bremsvorgangs
n	= Anfangsdrehzahl des Motors in Upm.

Bei periodischem Betrieb, d.h. bei regelmäßig wiederholten Bremsvorgängen, beträgt die Belastung des Widerstandes in Watt:

$$P = W \frac{1}{T}$$

mit der Periodendauer T in Sekunden.

2.7 Kommutierungsstrombegrenzung

Viele Gleichstrom-Servomotoren dürfen bei mittleren bis hohen Drehzahlen nur mit einem Teil des magnetisch zulässigen Impulsstroms betrieben werden. Bei Nichtbeachten kommt es zu starken Verschleißerscheinungen an Kollektor und Kohlebürsten, im Extremfall zu Kollektor-Rundfeuer und evtl. Ausfall des Motors.

Zur Vermeidung dieser Belastung können die Servoverstärker mit einem Steckmodul ausgerüstet werden, das für jeden Motortyp individuell eine Grenzkennlinie vorgibt. Die Drehzahl-Information wird aus der Ankerspannung abgeleitet, was zwar eine Ungenauigkeit enthält (der ohmsche Spannungsabfall im Motor wird falsch interpretiert), aber den Vorteil hat, nicht durch Falschbedienung oder Tacho-Ausfall beeinflussbar zu sein. Außerdem reagiert der Motor bezüglich der Kommutierungsgrenze beim Anreiben empfindlicher als beim Bremsen, was dieser Schaltungsanordnung entgegenkommt.

Bild 8 zeigt die Grenzkurven von drei zur Verfügung stehenden Standardmodulen. Die Normierung der Spannung bezieht sich jeweils auf die listenmäßige Nennspannung der Geräte (150 V oder 200 V), nicht auf eine evtl. vom Transformator festgelegte niedrige maximale Ausgangsspannung.

Auf Wunsch können auch andere Kennlinien realisiert werden. In diesem Fall ist die Angabe der Original-Motorkennlinie und der Geräteenenddaten erforderlich.

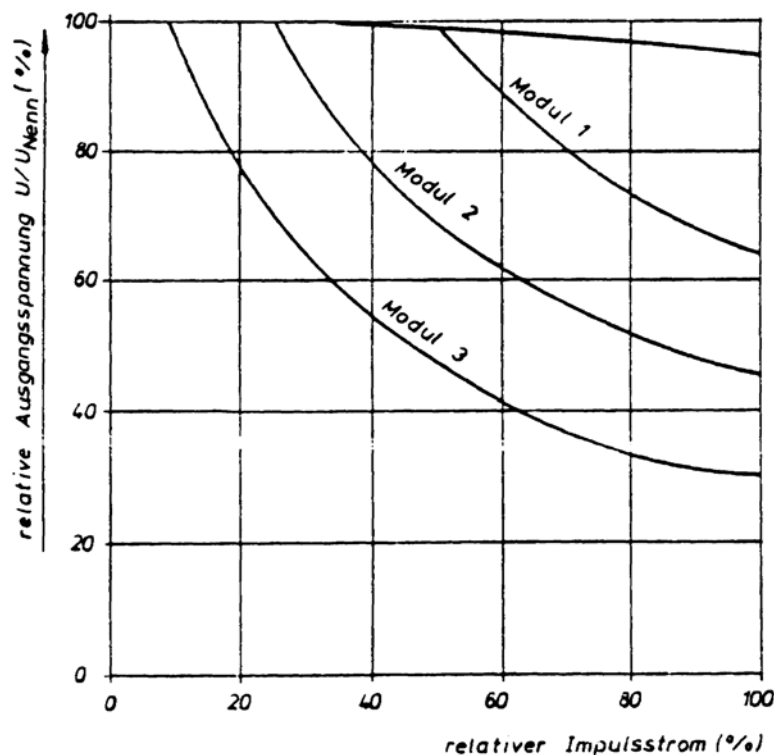


Abbildung 7: Standard-Kommutierungs-Kennlinien

2.8 Dynamische Bremse

Bei Spannungsausfall oder Not - Aus erfordern viele Anwendungen den Einsatz einer weitgehend unabhängigen Notbremse. Diese kann ebenfalls durch das Gerät gesteuert werden.

Die Bremseinrichtung besteht aus zwei antiparallel geschalteten Thyristoren mit vorgeschaltetem Schutzwiderstand nach Bild 9. Bei betriebsbereitem Gerät (nicht auf disable stehend) ist das Relais angezogen, sodass die Thyristoren gesperrt sind. Im Fehlerfall ist der Disable-Eingang (Endstufen-Freischaltung, Kl. 16-17) zu unterbrechen, woraufhin die Endstufe stromlos wird, das Relais abfällt und einen der beiden Thyristoren zündet. Der Vorwiderstand R_V ist so zu berechnen, dass der Motor auch bei der höchstmöglichen Drehzahl keinen Schaden erleidet. Das RC-Glied $10R/0,047$ vermindert zusammen mit den im Gerät enthaltenen Drosseln die Flankensteilheit der Ausgangsspannung (du/dt), so dass die Thyristoren nicht gestört werden.

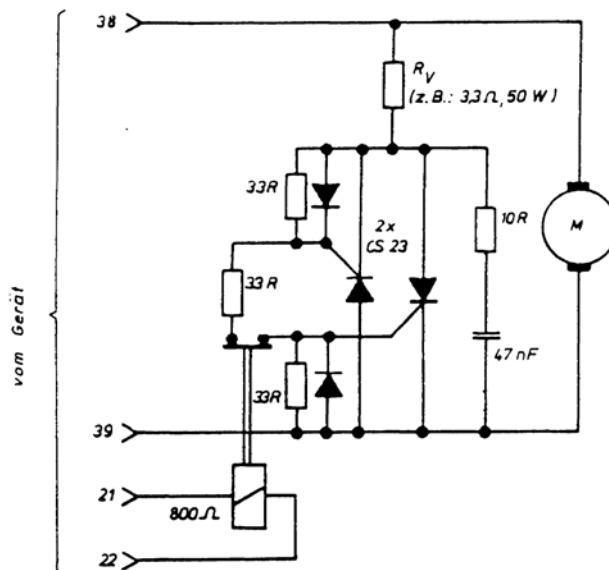


Abbildung 8: Schaltungsvorschlag für dynamische Bremse

Soll der Motor auch bei geräteinternem Fehler (Überstrom, Überspannung, Übertemperatur) gebremst werden, ist das Fehlerrelais ("Betriebsbereit", Kl. 23-24) in die Steuerleitung der Endstufen-Freischaltung mit einzubeziehen.

2.9 Rampengenerator (Option, extern)

Oftmals ist es erwünscht, dass der Motor bei Vorgabe eines Sollwertsprungs nicht an der Stromgrenze hochläuft, sondern in seiner Beschleunigung lastunabhängig voll geführt wird. Diese Funktion erfüllt der Rampengenerator.

Die Schaltung befindet sich auf einer Zusatzkarte, die an die Steuerklemmen des Gerätes freitragend angeklemt wird, links beginnend mit Kl. 3. Wie im Hauptgerät, ist auch der Eingang des Rampengenerators als Differenzverstärker ausgeführt. Die Spannungsverstärkung beträgt 1, eine Spannungsumkehr findet nicht statt.

An zwei Potentiometern können Beschleunigung und Abbremsen voneinander unabhängig eingestellt werden. Der Stellbereich beträgt 1:10. Bei einer Drehrichtungsumkehr gilt bis zum Nulldurchgang die Einstellung für Abbremsen (Potentiometer P 11), danach ist das Potentiometer für Beschleunigung wirksam (P10). Dies gilt für beide Drehrichtungen.

Die Schaltung enthält einen auf Lötpasten befindlichen Kondensator, der den Zeitbereich festlegt. Für einen vollen 10V-Sprung bei größter Beschleunigung (Poti P10 auf Rechtsanschlag) gilt:

$$C = 10^{-6} * t$$

In Farad und Sekunden.

2.10 Absicherung

Wegen der sehr geringen thermischen Zeitkonstante der Bodenverbindungen in den Endtransistoren ist eine Absicherung der Endstufe mit Schmelzsicherungen nicht möglich. Die hier vorgeschlagenen Sicherungen können nur vor Folgeschäden im Fall eines Kurzschlusses im Gerät schützen. Sie sind daher auch hauptsächlich für den Ladestromstoß beim Einschalten der Geräte dimensioniert. Die hierfür erforderliche Stromstärke liegt bei den schwächeren Geräten weit über dem beim Betrieb benötigten Nennstrom. Nur beim 100 A-Regler kann eine stärkere Sicherung als gegeben notwendig sein, aber nur dann wenn über lange Zeit Nennstrom und Nennspannung verlangt werden (vgl. Abschn. 1.5.1).

Geräte Nennstrom	empfohlene Sicherung
50 A	Neozed 50 A
70 A	Neozed 50 A
100 A	Neozed 63 A

2.11 Mehrachsbetrieb

Es sind hier die folgenden Anwendungsfälle zu unterscheiden:

- a) Gleiche Nennspannung mit voneinander unabhängigen Achsen,
- b) ungleiche Nennspannung (mit voneinander unabhängigen Achsen),
- c) mechanisch gekoppelter Gleichlauf mehrerer Achsen

Für jeden dieser Fälle gelten besondere Vorschriften, die unbedingt beachtet werden müssen.

- a) Bei Mehrachsbetrieb mit gleicher Nennspannung ist möglichst ein Parallelschalten der Gleichstromzwischenkreise anzustreben. Hierdurch wird vor allem die Ballastschaltung entlastet, da beim Bremsen einzelner Achsen mehr Zwischenkreiskapazität zur Verfügung steht. Dennoch sollten die Geräte einzeln abgesichert sein, damit die Sicherungen nicht zu stark und damit die Folgeschäden bei einem evtl. Ausfall nicht zu groß werden. Auch der Anschluss zum Pluspol des Gleichstromzwischenkreises (Kl. 36) ist abzusichern; der Minuspol wird hart durchverbunden. Die Stromstärke aller vier Sicherungen entspricht den Angaben der Tabelle in Abschn. 2.10.

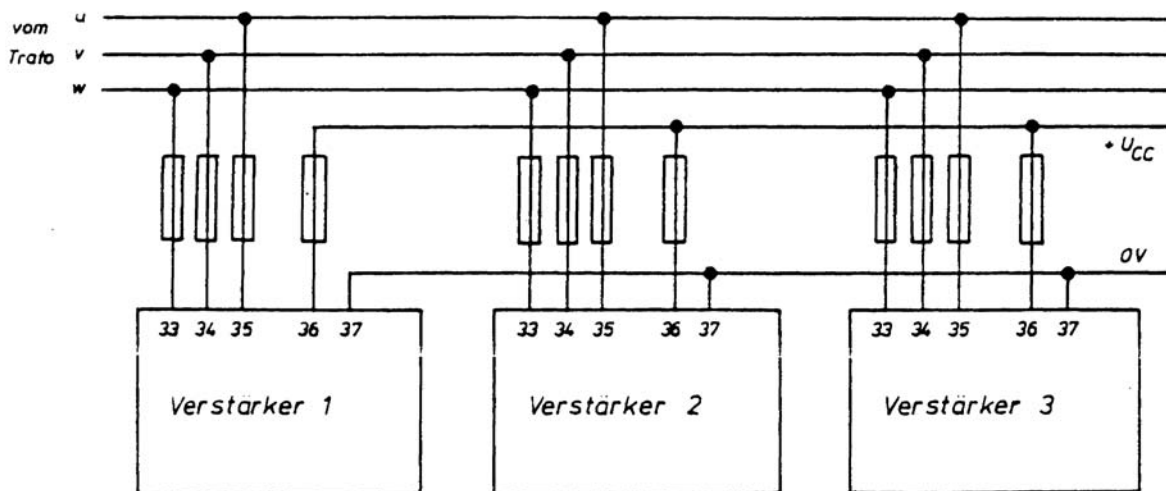


Abbildung 9: Absicherung bei Mehrachs Antrieb mit gleicher Nennspannung

- b) Bei ungleichen Nennspannungen dürfen die Geräte der Serie 20k aus einem gemeinsamen Transformator mit Anzapfungen gespeist werden. Dies gilt auch bei Betrieb mit Spartrafo. Die Klemmen des Gleichstromzwischenkreises (Kl. 36-37) dürfen hierbei nicht untereinander verbunden werden! Jedes Gerät ist einzeln abzusichern (Abbildung 10).

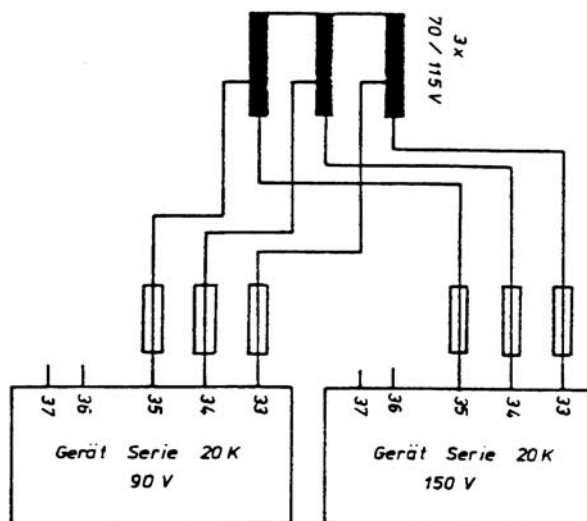


Abbildung 10: Stromversorgung bei verschiedenen Nennspannungen.

- c) Bei mechanisch miteinander gekoppelten Achsen, wie z.B. bei Doppelmotoren oder gegeneinander verspannten Motoren sind die hieran beteiligten Geräte unbedingt hart parallel zu schalten. Ein getrenntes Absichern ist zwecklos und kann sogar schädlich sein, da beim Ausfall einer Achse die übrigen, noch betriebsfähigen Achsen durch den rotierenden Motor eine Betriebsspannung im defekten Gerät erzeugen. Die Geräte müssen deshalb gemeinsam abgesichert sein (Abbildung 11).

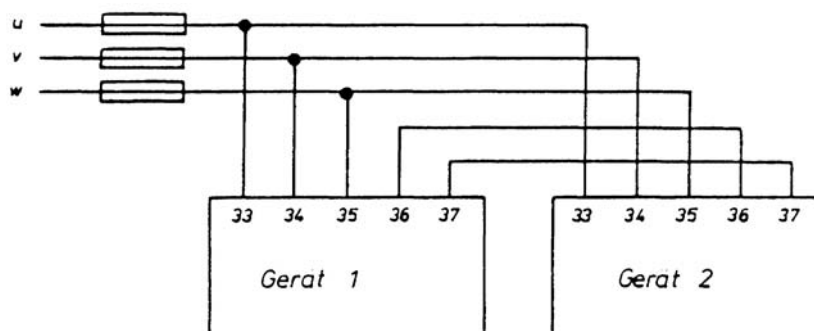


Abbildung 11: Absicherung bei mechanisch gekoppelten Achsen

Auch hier richtet sich die Charakteristik der Sicherung vorwiegend nach der Belastung durch den Einschaltstromstoß. Es sind mittelträge Sicherungen mit dem 1,5 - 2fachen Listenwert nach Abschn. 2.9 zu empfehlen.

2.12 Leitungsführung, Erdung und Aufstellung

Es ist darauf zu achten, dass sämtliche starkstromführenden Leitungen nach VDE 0100 in ausreichendem Querschnitt zu verlegen sind. Großflächige Schleifen sind vor allem bei den Motorleitungen zu vermeiden. Die gesamte Leitung bis zum Motor muss aus einem gesonderten zweiadrigen Kabel bestehen.

Bei extremen Anforderungen an Störfreiheit kann das Motorkabel auch abgeschirmt sein, wobei der Schirm einseitig an den Minuspol des Gleichstromzwischenkreises (Kl. 37) anzuschließen ist. Nur bei sehr großer Kapazität zwischen Ankerwicklung und Masse kann evtl. stattdessen der Anschluss des Schirms beidseitig direkt an Erde versucht werden.

Die Geräte verfügen über Differenzeingänge, sodass ein Umpolen der Laufrichtung auf einfachste Weise möglich ist. Außerdem lassen sich hierdurch Masseschleifen wirkungsvoll vermeiden. Hierfür ist es aber unerlässlich, dass beide Pole des Differenzeingangs bis zur Steuerung geführt werden und erst dort einer der beiden an das OV-Potential der Steuerung angeschlossen wird. Der Schirm dieser Leitung ist nun an der Steuerung zu erden.

Weiterhin ist dafür zu sorgen, dass die Steuerung und der Vorverstärker des Servoverstärkers auf dem gleichen Potential liegen. Hierfür ist eine eigene Leitung mit großem Querschnitt von der Klemme 17 zum Nullpotential der Steuerung zu legen. Das Nichtbeachten dieser Vorschrift führt mindestens zu starken, lastbedingten Rückwirkungen bis zu völlig unkontrollierbarem Verhalten.

Aus Sicherheitsgründen bei einem Motordefekt muss auch das Motorgehäuse ebenso solide wie der Verstärker geerdet sein. Dies gilt besonders bei Betrieb mit Spartrafo.

Die Tacholeitung kann an der Motor- oder Geräteseite auf Erdpotential gelegt werden.

Die Endschalter-Eingänge sind mit Filtern versehen, sodass eine Abschirmung hier angeschlossener Leitungen nicht notwendig ist.

Ein senkrechter Einbau der Verstärker in den Schaltschrank verbessert erheblich die Notlauf-Eigenschaften bei Lüfterausfall (vgl. Abschnitt 1.4.2). Durch einen entsprechend dimensionierten Freiraum ist dafür zu sorgen, dass der Luftstrom nicht behindert wird. Ein direktes Ansaugen ungefilterter Kühlluft, insbesondere bei verschmutzter Atmosphäre (Glashütte, Stahlverarbeitung, etc.), darf keinesfalls erfolgen. Stattdessen sind die Geräte stets in staubdichte Schaltschränke einzubauen, die entweder über Wärmetauscher oder durch gefilterte Luft gekühlt werden (Wärmebelastung durch die Geräte siehe Abschnitt 1.4).

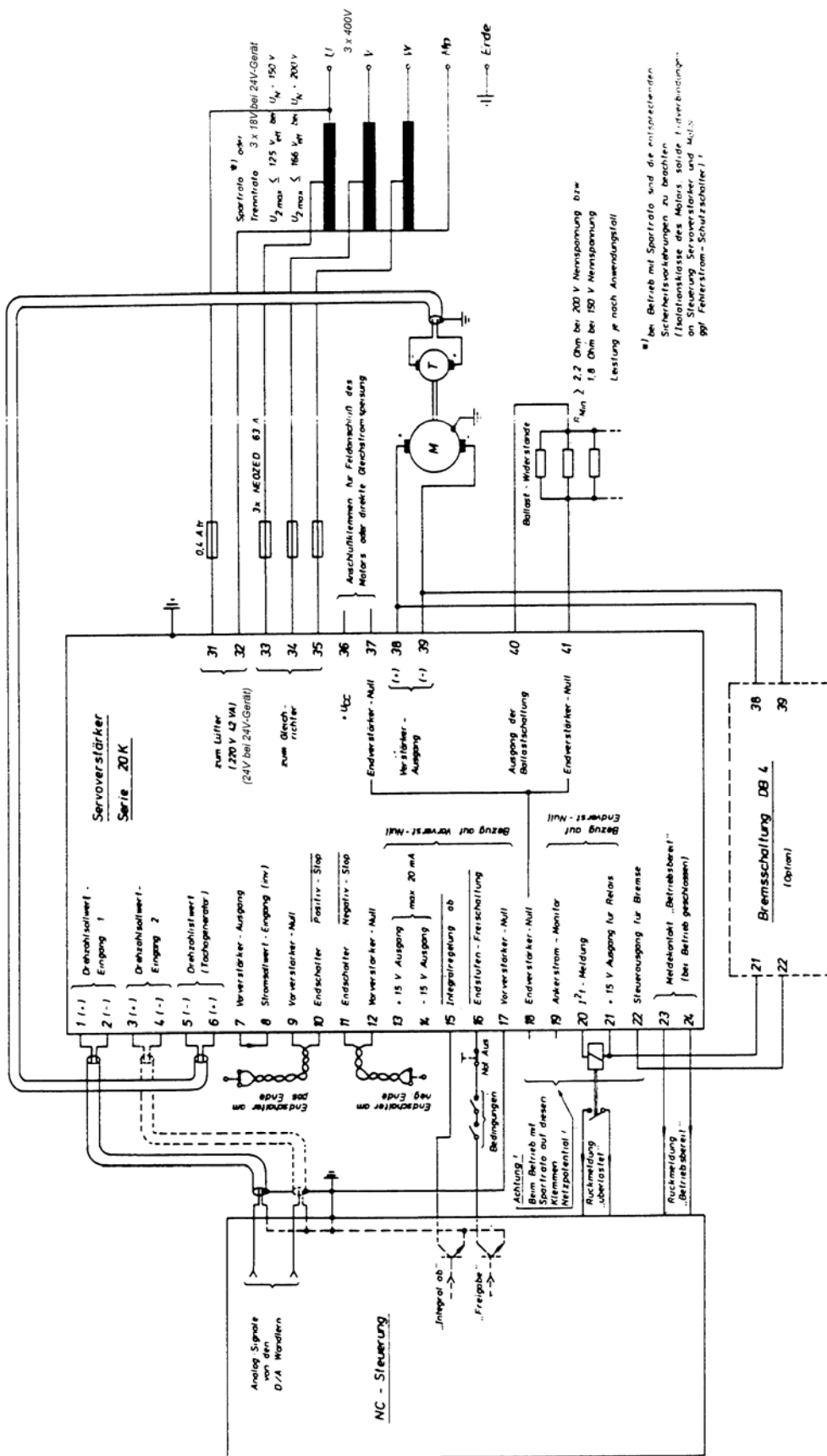


Abbildung 12: Anschlußbelegung

3. Inbetriebnahme

3.1 Potentiometer, Festkomponenten und Testpunkte (Übersicht)

Potentiometer P 1: Eingangsschwächer nach dem Differenzverstärker Von Klemmen 1-2. Stellbereich 0,18...1,1

Potentiometer P 2: Wie P1, jedoch für Klemmen 3-4 zuständig.

Potentiometer P 3: Schwächer für den Tachoeingang. Stellbereich 0,065...0,65.

Potentiometer P 4: Offsetabgleich des Drehzahlreglers. Stellbereich ± 15 mV.

Potentiometer P 5: Wechselspannungsverstärkung des Drehzahlreglers. Der Stellbereich geht von voller Gegenkopplung des RC-Gliedes R24 (330K) - C 4 bei Linksanschlag bis volle Verstärkung bei Rechtsanschlag.

Potentiometer P 6: Impulsstrom-Grenzwert. Stellbereich 0,085...1,0 mal dem Listenmäßigen Impulsstrom. Die Einstellung ist unabhängig von anderen Potentiometern. Der Festwiderstand R 144 darf nicht enthalten und die Klemmen 7-8 müssen überbrückt sein.

Potentiometer P 7: Effektivstrom-Grenzwert. Stellbereich 0...1,1 mal dem Listenmäßigen Effektivwert. Die Einstellung ist unabhängig von anderen Potentiometern. Der werkseitig eingebaute Widerstand R 145 darf nicht verändert sein.

Neben diesen für die Anpassung zugänglichen Potentiometern gibt es im Gerät noch zwei weitere, die aber werkseitig eingestellt und versiegelt sind. Eine Veränderung der Einstellung kann Funktionsstörungen oder schwere Schäden am Gerät verursachen.

Potentiometer P 8: Offsetabgleich des Ankerstrom-Monitors. Der Abgleich ist nur bei Ankerstrom-Sollwert gleich Null möglich (Klemme 8 offen).

Potentiometer P 9: Schwellwert der Ballastschaltung. Dieses Potentiometer befindet sich auf der Treiberelektronik.

Widerstand R 144: Impulsstrom-Grenzwert. Falls anstelle der Einstellung an einem Potentiometer der Einsatz eines Festwiderstandes gewünscht wird, kann dieser nach der folgenden Formel festgelegt werden. Das Potentiometer P6 ist auf Rechtsanschlag zu stellen.

$$R_{144} = 10K * \frac{I}{I_{\max} - 1}$$

Hierin sind R_{144} = gesuchter Widerstand in Ohm.
 I = gewünschter Impulsstrom.
 I_{\max} = Listenmäßiger Impulsstrom.

Widerstand R 145: Effektivstrom-Grenzwert

Entsprechend wie R_{144} bestimmt dieser Widerstand den Maximalwert des Effektivstroms bei Rechtsanschlag von P7. Er kann wie folgt bestimmt werden:

$$R_{145} = 47K * \frac{I_{\text{eff}}^2}{I_{\max}^2 - I_{\text{eff}}^2}$$

I_{\max} ist der listenmäßige Impulsstrom, auf den das Gerät normiert ist. Dieser Wert hat nicht mit der Einstellung an P6 oder R 144 zu tun!

C4, C5, R22: Diese, die Regeleigenschaften bestimmenden Teile sind in Abschn. 3.8 näher erläutert.

Widerstände R109, R110: Impulsstrom-Normierung für das Gesamtgerät. Diese Widerstände dürfen keinesfalls verändert werden, da sonst die Endstufe überlastet werden kann. Sie dienen der werkseitigen Anpassung der Steuerelektronik an die Strombelastbarkeit der Endstufe.

Widerstände R120, R121: Überstrom-Schaltschwelle.

Auch diese Widerstände werden werkseitig vorgegeben. Eine Veränderung kann zu Funktionsstörungen oder Endstufen-Ausfall führen.

Testpunkt 1: Drehzahlsollwert.

Summe der Spannungen aus Eingang 1 und Eingang 2, nach Abschwächung durch die Potentiometer P1, P2 und nach Beeinflussung durch die Endschalter-Steuerung.

Testpunkt 2: Drehzahlistwert.

Tachospannung nach Abschwächung durch das Potentiometer P3.

Testpunkt 3: Ankerstromsollwert.

Ausgangsspannung des Drehzahlreglers oder Stromsollwert von Klemme 8. Maximalwert ± 10 V, beeinflusst von Potentiometer P6 und evtl. Widerstand R 144. ± 10 entsprechen jeweils dem Listenmäßigen vollen Impulsstrom.

Alle bis hierhin genannten Testpunkte sind auf OV des Vorverstärkers bezogen. (Massepunkt M2). Die folgenden Testpunkte 4-14 beziehen sich auf Massepunkt M1 (OV des Endverstärkers). Bei den Geräten der Serie 20k können, je nach Anschluss, beide Massepunkte voneinander unterschiedliche Potentiale haben. Der Anschluss eines geerdeten Oszillographen an Massepunkt M1 bei Betrieb mit Spartrafo führt sofort zur Zerstörung des Gerätes.

- Testpunkt 4: Ankerstromsollwert nach der Übertragung durch den Analog Trennverstärker. Zusätzlich begrenzt durch Kommutierungs- und $I^2 t$ -Strombegrenzung. Spannungsnormierung wie TP 3.
- Testpunkt 5: Ankerstrom-Istwert. Spannungsnormierung wie TP 3.
- Testpunkt 6: Stromregler-Ausgang (Ankerspannung-Stellgröße). ± 10 V entsprechen jeweils der vollen Ausgangsspannung.
- Testpunkt 7: Taktoszillator. Dreiecksspannung ± 10 V; 8,5 kHz.
- Testpunkt 8: Pulsbreitenmodulator für die rechte Endstufenhälfte. Die Schaltweise ist nicht invertierend zur rechten Ausgangsspannung gegenüber OV.
- Testpunkt 9: Einschaltverzögerung für Endstufe rechts-negativ. Beim Umschalten nach OV an TP 9 schaltet die Endstufe nach Null. Verzögerung der negativen Flanke gegenüber der negativen Flanke von TP8: ca. 8Fsec.
- Testpunkt 10: Einschaltverzögerung für Endstufe rechts-positiv. Beim Umschalten nach OV an TP 10 schaltet die Endstufe nach Plus. Verzögerung der negativen Flanke gegenüber der positiven Flanke von TP 8:8 Fsec.
- Testpunkt 11: Pulsbreitenmodulator für linke Endstufenhälfte. Funktion wie TP 8.
- Testpunkt 12: Einschaltverzögerung für Endstufe links-negativ Funktion wie TP 9, zeitlicher Bezug auf TP 11.
- Testpunkt 13: Einschaltverzögerung für Endstufe links-positiv. Funktion wie TP 10, zeitlicher Bezug auf TP11.
- Testpunkt 14: Taktoszillator für Treiberansteuerung 450 kHz.

3.2 Voreinstellungen

Vor dem ersten Einschalten sollten die Potentiometer in gewisser Weise voreingestellt sein, um möglichst keine Schäden bei Verdrahtungsfehlern zu verursachen:

- Eingangsabschwächer P1, P2 beide auf Linksanschlag.
- Tachopotentiometer P3 je nach verwendetem Tacho Voreinstellen; bei Tachos bis ca. 10V/1000 Upm auf Rechtsanschlag, bei höheren Spannungen kann bis auf 1/3, von Linksanschlag aus gerechnet, zu rückgedreht werden.
- Verstärkung P5 auf Linksanschlag
- Impulsstrom P6 auf Linksanschlag
- Effektivstrom P6 auf 1/3, von Linksanschlag aus.

Wenn gewünscht, können jetzt auch die Festkomponenten R144, R145 eingebaut werden (Berechnung siehe Abschn. 3.1).

3.3 Richtige Polung

Eine Prüfung auf richtige Polung vom Tacho, Motor und Eingang vermeidet ein unkontrolliertes Weglaufen nach dem Einschalten. Hierzu ist zunächst bei ausgeschaltetem Servoverstärker ein positives Steuersignal von der Steuerung oder Batteriebox einzuspeisen. Die Eingangsklemmen 1 (3) müssen hierbei positiv gegenüber 2 (4) sein.

Anschließend ist der Motor bei ausgeschaltetem Gerät von Hand in die als positiv definierte Richtung zu verdrehen. Hierbei muss an der Klemme 38 eine positive Spannung gegenüber Kl. 37 zu beobachten sein. Ebenso muss die Tachospaltung an Kl. 6 positiv gegenüber Kl. 5 sein.

3.4 Erstes Einschalten

Beim nun folgenden ersten Einschalten ist sicherzustellen, dass kein Sollwert auf das Gerät gegeben wird. Bei eingeschaltetem Gerät muss der Motor ein leichtes Haltemoment entwickeln und darf nur wenig driften. Bei Eingabe kleiner Sollwerte muss der Motor folgen; evtl. darf hierzu der Impulsstrom an Poti P6 etwas erhöht werden.

Falls jedoch zunächst Funktionsstörungen auftreten (z.B. Oszillation), siehe Abschn. 3.8a und 4.1.

Falls Endschalter vorhanden sind und das Gerät folgt den Sollwerten, sind diese nun durch langsam Anfahren zu prüfen. Ebenso die Funktion einer evtl. vorhandenen dynamischen Bremse.

3.5 Stromeinstellung

Bei ausgeschaltetem Gerät ist anstelle des Motors ein Amperemeter mit geeignetem Messbereich einzufügen. Nach dem Wiedereinschalten und gleichzeitiger Eingabe eines konstanten Sollwertes (z.B. + 3 Volt) wird am Potentiometer P6 der gewünschte maximale Impulsstrom eingestellt. Hierbei ist zügig zu arbeiten, da nach kurzer Zeit die Effektivstrombegrenzung anspricht. Falls dies geschieht, kann durch Aufdrehen von P7 nochmals kurzzeitig der Impulsstrom hervorgerufen werden.

Beim Ansprechen der $I^2 t$ -Strombegrenzung (erkennbar am Aufleuchten der gelben LED (D19) gilt die Stellung des Potentiometers P7. Zur Einstellung des Effektivstromes ist dieses stückweise in die gewünschte Richtung zu verstellen. Nach Rechtsdrehung fließt dann nur für kurze Zeit der an P6 eingestellte Impulsstrom, nach Linksdrehung geht der Strom kurzzeitig auf Null zurück. Nach Ablauf dieser Zeitspanne stellt sich der neue Effektivstrom ein. Dieses Verfahren ist zu wiederholen bis der gewünschte Effektivstrom erreicht ist.

3.6 Tachoanpassung

Bei ausgeschaltetem Gerät wird wieder der Motor angeklemmt, und das Potentiometer des benutzten Eingangs (P1 oder P2) wieder auf Rechtsanschlag gestellt. Nach dem Wiedereinschalten wird ein bestimmter Prozentsatz (z.B. 10%) vom maximalen Sollwert vorgegeben und an Poti P3 der gleiche Prozentsatz der gewünschten Enddrehzahl eingestellt. Anschließend wird kurzzeitig der volle Sollwert eingegeben, woraufhin der Motor auch die volle Drehzahl erreichen muss. Wenn dies nicht der Fall ist, liegt entweder Überlastung vor ($I^2 t$ -Begrenzung spricht dann an) oder die Betriebsspannung ist zu niedrig.

Bei Tachospansungen von weniger als 17 V (bei Enddrehzahl) reicht der Stellbereich von P3 nicht aus. In diesem Fall bleibt P3 auf Rechtsanschlag und die zu hohe Drehzahl wird durch Linksdrehung des Sollwertpotis (P1 oder P2) korrigiert.

Bei sehr hohen Tachospansungen (ab 60 V) wird die Einstellung an Poti P3 sehr grob, d. h. es entstehen schon bei kleineren Änderungen an der Einstellung große Drehzahländerungen. Zur Feineinstellung kann dann ebenfalls das Eingangspoti (P1 oder P2), möglichst in der Nähe des Rechtsanschlages herangezogen werden.

3.7 Offseteinstellung und Kontrolle auf Rückwirkungsfreiheit

Nochmals wird bei ausgeschaltetem Gerät statt des Motors das Amperemeter eingebaut. Beim Einschalten ist über die Steuerung der Sollwert OV vorzugeben, anschließend das Poti P5 auf Rechtsanschlag zu drehen und an P4 der Strom möglichst auf Null zu stellen.

Falls der Widerstand R 22 (Gleichspannungsverstärkung des Drehzahlreglers) kleiner als 100 Ohm ist, wird man bei dieser Einstellung vermutlich keinen konstanten Nullpunkt finden. P4 ist dann so einzustellen, dass das Wegdriften möglichst langsam geschieht.

Bei größeren Werten für R 22 (bis 680 Ohm) muss sich mit P4 der gesamte positive und negative Strombereich stabil und symmetrisch erfassen lassen.

Keinesfalls dürfen hierbei Instabilitäten auftreten (Hängen bleiben, Kippen, Hysterese, etc.), da sonst ein Fehler in der Verdrahtung oder eine Rückwirkung in die Steuerung hinein vorliegt. Diese sind im Interesse einer genauen Arbeitsweise unbedingt zu beseitigen.

Nach der Kontrolle auf Rückwirkungsfreiheit kann abschließend die Symmetrie von Impuls- und Effektivstrombegrenzung überprüft werden. Zur Erholung der $I^2 t$ -Schaltung ist zwischenzeitlich der Strom auf Null zu bringen. Gegebenenfalls kann eine leichte Unsymmetrie gleichmäßig auf beide Richtungen verteilt werden. (\pm Toleranz). Das Potentiometer P8 darf nicht zur Korrektur dieser Symmetrie herangezogen werden. Dies ist genau dann richtig eingestellt, wenn bei offener Klemme 8 der Strom Null beträgt.

Abschließend ist bei eingeschaltetem Gerät wieder der Motor anzuklemmen und P5 auf Linksanschlag zu stellen.

3.8 Optimierung des Regelverhaltens

Dank der hohen Taktfrequenz und der damit verbundenen Übertragungsbandbreite der Endstufe kann der Aufwand in der Regelelektronik sehr gering gehalten werden. Bei den allermeisten Anwendungen beschränkt sich daher die Optimierung auf die Einstellung der Wechselspannungsverstärkung am Potentiometer P5.

Nur in einigen Fällen kann ein zusätzlicher Kondensator für die Filterung der Tachospaltung (C5), ein anderer Integrationskondensator (C4) oder eine Änderung der Gleichspannungsverstärkung (R22) notwendig sein. Für die Optimierung ist wie folgt vorzugehen:

a) Torsionsresonanz

Falls schon beim Einschalten, vor allem nach der Einstellung auf hohe Stromgrenzwerte, Heulgeräusche mit konstanter Frequenz (einige 100 Hz) vom Motor hörbar sind, obwohl P5 auf Linksanschlag steht, liegt eine Oszillation durch Torsionsresonanz des Tachogenerators vor. Zu diesem Verhalten neigen vor allem Scheibenläufermotoren, bei denen meist ein Tachogenerator mit relativ großem Trägheitsmoment an einer dünnen, elastischen Welle anmontiert ist. Die Resonanzfrequenz dieses schwingungsfähigen Gebildes kann dann im Übertragungsbereich des normal beschalteten Servoverstärkers liegen. Zur Unterdrückung der Schwingung muss die Regelbandbreite innerhalb der Drehzahlregelschleife so reduziert werden, dass die Verstärkung im Bereich der Resonanzfrequenz kleiner als eins wird. Hierzu ist der Kondensator C5 vorgesehen.

An die zunächst leeren Lötposten ist eine Kondensatordekade anzuschließen und die Kapazität schrittweise zu erhöhen. Nach jeder Erhöhung ist das Potentiometer P5 nach rechts zu drehen bis Oszillation einsetzt und sofort anschließend wieder nach links. Die Oszillation setzt hierbei bei einer Potistellung aus, die weiter links liegt als der Punkt des Einsetzens (Hysterese). Der richtige Kondensatorsatz ist genau dann erreicht, wenn diese Hysterese nicht mehr kleiner wird. Eine darüber hinausgehende Vergrößerung verschlechtert unnötig das dynamische Regelverhalten (Überschwingen!).

Für die weitere Inbetriebnahme soll das Potentiometer P5 knapp unterhalb vom Punkt des Aussetzens der Oszillation stehen.

b) Integrationskondensator C4

Bei reiner Drehzahl-Regelung soll die Achse möglichst steif reagieren, wobei kurzzeitiges Überschwingen meist akzeptiert wird. Diese Forderung lässt sich mit möglichst kleinem Integrationskondensator C4 erfüllen (z.B. 33nF).

Dem entgegengesetzt darf die Achse bei einem übergeordnetem Lageregler nur wenig überschwingen, bzw. darf nur eine integrale Verstärkung aufweisen. Dies ist mit relativ großem C4 (Z.B. 0,22FF) zu erreichen. Die Achse gibt dann allerdings bei plötzlicher Belastung für eine gewisse Zeit weit nach. Mittels Kondensator-Dekade kann auch hier ein Optimum gefunden werden.

Eine Möglichkeit sowohl gute Steifigkeit als auch Überschwingfreiheit nach einem Positionssprung zu erreichen, besteht in der Benutzung der Integral Abschaltung (KI. 15) während des Positioniervorganges (vgl. hierzu Abschn. .5 "Integralregelung ab").

c) Gleichspannungsverstärkung

Besonders bei übergeordnetem Lageregelkreis ist oftmals eine genau definierte statische Steifigkeit erwünscht. Diese kann an R 22 eingestellt werden. Mit größer werdendem Widerstand nimmt die Steifigkeit ab. Diese ist außerdem von der Stellung des Eingangsteilers P1 oder P2 abhängig, nicht jedoch von der Verstärkung P5.

4. Information für den Service

4.1 Allgemeine Fehlersuche

In der folgenden Tabelle sind in Kurzform die häufigsten Störungsarten und deren möglichen Ursachen aufgeführt.

<u>Störung</u>	<u>Mögliche Ursache</u>
Achse verfährt nicht, Motor hat kein Haltemoment, keine Anzeige	Endstufen-Freigabe (KI. 15) fehlt, Betriebsspannung fehlt (KI. 26), Unterbrechung im Ankerkreis, Strom-Sollwert Brücke (KI. 7-8) offen, + 15 V-Stromversorgung defekt, Feinsicherungen in der Regelelektronik oder Treiberelektronik defekt (siehe Be- stückungspläne).
Achse verfährt nicht, Motor hat Haltemoment	Endschalter-Eingänge (KI. 9-10, 11-12) sind offen, Endstufen-Freigabe (KI. 16) fehlt (Bremsen vorhanden), Drehzahl-Sollwert fehlt. Motorwelle blockiert.
Motor "dreht hoch"	Tachospaltung fehlt, der Tacho verpolt.
Störungsmeldung D37. Rot Relais fällt ab	Masseschluss, Kollektor-Rundfeuer im Motor, Motorwelle blockiert, Motor stark überlastet Fehler in der Geräte-Elektronik Schluss in der Endstufe
Störungsmeldung D38, gelb Relais fällt ab	Ballastwiderstand zu hoch Trafospannung zu hoch Fehler in der Ballastschaltung (Schwellwert zu hoch)
Störungsmeldung D 37 + D 38 (Rot + gelb) Relais fällt ab	Geräte-Innentemperatur zu hoch Lüfter nicht in Betrieb
Keine Leistung, keine Anzeige	Reibung zu groß, Ankerschluss im Motor Felderregung zu schwach Oszillation durch falsche Einstellung der Dynamik I ² t-Strombegrenzung falsch eingestellt. Brummen auf der Eingangsleistung
Drehzahl zu niedrig	falsche Tachospaltung (P3) Eingang zu weit abgeschwächt (P1,P2) Betriebsspannung zu niedrig Last zu groß
unrunder Lauf	Tacho defekt Kurzschluss im Anker

unruhiger Lauf	Verstärkung zu groß Welligkeit der Tachospannung zu groß Einstreuungen oder Mitkoppelungen durch falsche Eingangsverdrahtung
Stillstand nicht stabil	Eingangsverdrahtung nicht in Ordnung
Ballastwiderstand wird zu heiß	Betriebsspannung zu hoch Massenträgheitsmoment zu groß Bremshäufigkeit zu groß

4.2 Kurzschluss in der Endstufe

Zum Nachweis eines Kurzschlusses in der Endstufe genügt ein niederohmiges Multimeter. Bei abgeklemmtem Motor und ohne äußere Belastung am Gleichstromzwischenkreis (Klemme 36 offen) kann der betroffene Quadrant nach dem folgenden Schema ermittelt werden (Messung im spannungslosen Zustand und nach mindestens 10 Minuten Wartezeit nach dem letzten Ausschalten):

Multimeter-Plusklemme	Multimeter-Minusklemme	geprüfter Quadrant
38	36	positiv-links
39	36	positiv-rechts
37	38	negativ-links
37	39	negativ-rechts

Hierbei ist die innere Batteriepolung, die bei den meisten Vielfachmessinstrumenten entgegen der Polung bei Spannungsmessung steht, bereits berücksichtigt. Es muss bei jeder der vier Einzelmessungen nach einem kurzen Ausschlag wieder ein sehr hochohmiger Wert angezeigt werden. Im Fall einer niederohmigen Anzeige oder bei einem glatten Schluss liegt ein Defekt bei einem oder mehreren Endtransistoren oder einer Freilaufdiode vor.

Zum Ausbau der Endstufenkühlkörper ist nach dem Entfernen von Steuer- und Treiberelektronik (beide voll steckbar) das betreffende Seitenblech sowie je eine Kunststoffteil-Halteschraube im Lochgitterblech und Lüfterblech zu lösen. Nach dem Ablösen der von oben zugänglichen positiven Anschlussleitungen und Lösen von je einer Schraube in den Kunststoff-Haltefüßen kann der Kühlkörper seitlich abgeklappt werden, sodass die Transistor-Verbindungen voll zugänglich sind.

Beide Kühlkörper (links und rechts) innerhalb eines Gerätes sind gleich. Die positiven Quadranten liegen jeweils oben. Es sollten möglichst nur Transistoren mit gleicher Farbkennung (Stromverstärkung) parallel geschaltet werden. Keinesfalls dürfen Transistoren verschiedener Fabrikate (am unterschiedlichen Gehäuse erkennbar) parallel geschaltet werden. Bei parallel geschalteten Transistoren lässt sich der defekte leicht durch Entfernen der Kollektorschrauben herausfinden. Beim Anziehen der Schrauben sollte gleichmäßig und mit Gefühl vorgegangen werden um die Isolation nicht zu beschädigen.

4.3 Austausch der Steuerelektronik

Gelegentlich ist im Fehlerfall der Austausch der Steuerelektronik notwendig. Hierbei muss aber unbedingt eine Anpassung an die Strom- und Spannungsfestigkeit des Grundgerätes vorgenommen werden, da dieses sonst gefährdet wird.

a) Spannungsnormierung der Kommutierungsstrombegrenzung

Die Umstellung dieser Normierung ist nur bei Benutzung der Kommutierungsstrombegrenzung notwendig. Zuständig sind die Widerstände R 112 - R 115. Es müssen einprozentige Metallfilm-Widerstände benutzt werden. Die einzusetzenden Werte zeigt die Tabelle am Ende dieses Abschnittes.

b) Überspannungsschaltswelle

Die Dioden D 32 und D 33 (91 Volt) bestimmen gemeinsam die Überspannungsschaltswelle, wobei noch eine zusätzliche Spannung von 15 V wirksam ist:

$$U_{\ddot{U}} = U_{D32} + U_{D33} + 15V$$

Alle übrigen Teile weisen eine Spannungsfestigkeit auf, die dem Betrieb bei 200 V Nennspannung entspricht. Diese Festigkeit wurde allerdings nur bei der Eingangsprüfung getestet, nicht mehr jedoch nach dem Einbau in die Leiterplatte. Bei der Umstellung auf die höhere Spannung bleibt daher ein geringes Rest-Risiko. Die hierbei zu erwartenden Störungen gefährden allerdings nicht die Endstufe. An Störungen könnte vorkommen:

Ausfall der $\pm 15V$ -Stromversorgung, Anzeige von Überstrom ohne Ursache hierfür oder Fehler bei der Ankerstrom-Istwert-Bildung, alles jeweils beim Abbremsen aus hohen Drehzahlen.

c) Stromnormierung

Die Widerstände R 109, R 110 (auf Lötposten) bestimmen die Empfindlichkeit bei der Ankerstrom-Istwertbildung. Es dürfen daher keinesfalls höhere Werte als angegeben eingesetzt werden (Toleranz: 1%).

d) Überstromschaltswelle

Die Widerstände R 120, R 121 (auf Lötposten) legen die Überstromschaltswelle fest, jeweils einer für eine Endstufenseite (Toleranz: 5%).

e) Effektivstrom-Grenzwert

Der Widerstand R 145 legt das Verhältnis von Impulsstrom zu Effektivstrom, d.h. den Überstromfaktor fest. Er darf keinesfalls über die in der Tabelle genannten Werte hinaus vergrößert werden.

f) Bestückungstabellen

Nennspannung	R 112 - R 115 (1%)
24 - 150 V	165 K
200 V	221 K

Nennstrom	R 109, R110 (1%)	R 120, R 121 (5%)	R 145 (5%)
50 A	11,3 K	220 Ohm	18 K
70 A	16,5 K	100 Ohm	18 K
100 A	25,5 K	56 Ohm	18 K

4.4 Austausch der Treiber - Elektronik (mit Ballastschal- tung)

Nach schweren Schäden in der Endstufe kann auch die Treiberelektronik in Mitlei-
denschaft gezogen sein. Eine Fehlersuche ist hier meist sehr langwierig, sodass der
Komplett-Austausch in diesem Fall zu empfehlen ist. Hierbei muss unbedingt die
Nennspannung (150 V oder 200 V) beachtet werden; der Unterschied liegt in der
Schwellspannung der Ballastschaltung. Spannungsbestimmend ist der Widerstand R
33 nach der Formel

$$R_{33} = \frac{U_s - 8,8V}{4 * 10^{-4} A}$$

Bei Verwendung einprozentiger Widerstände ist das Nachstellen der Schwellspan-
nungen nach dem Umbau im allgemeinen nicht notwendig.

Nennspannung	R 33
24 - 150 V	453 K
200 V	590 K

4.5 Ersatzteile

Um bei einem evtl. Geräteausfall auch im Ausland sofort Abhilfe schaffen zu können, ist es zu empfehlen, sich die folgenden Ersatzteile auf Lager zu legen. Bei Fehlern in der Elektronik ist es meist besser, die gesamte Karte zu tauschen, während bei der Endstufe der Austausch eines Transistors leicht möglich ist. Selbstverständlich sind aber auch die wichtigsten Einzelteile der Elektronik als Ersatzteile lieferbar.

Ersatzteil-Liste für Serie 20k

- 1 Steuerelektronik 24-150 V oder 200 V (bitte Stromstärke angeben)
- 1 Treiberschaltung mit Ballastschaltung 24-150 V oder 200 V
- 10 Endtransistoren BUL 5032
- 1 schnelle Diode DSD 35
- 1 schnelle Diode DSDI 35
- 2 Gleichrichter-Dioden DS 75
- 2 Gleichrichter-Dioden DSI 75
- 2 Messwiderstände RH-50 0,01 Ohm
- 2 Schmelzeinsätze 0,1 A fl. (für Steuerelektronik)
- 2 Schmelzeinsätze 1,0 A fl. (für Treiberelektronik)
- 1 Lüfter Typ 5015KL-05W-B50-E00, 24V
- 1 Sortiment integrierte Schaltungen für die Steuerelektronik
- 2 Sortimente Widerstände und Dioden für alle Ströme und Spannungen
- 2 Treibertransistoren BD 905
- 2 Treibertransistoren BDX 34
- 1 Treibertransistoren 2 N 3440 (mit $U_{CE0}>300$ V)
- 1 Treibertransistoren 2 N 5416
- 5 Kleinsignal-Transistoren BC 327-25
- 5 Kleinsignal-Transistoren BC 337-25
- 2 Kleinsignal-Transistoren BF 421 (bzw. BF 423 mit $U_{CE0}>300$ V)
- 2 Kleinsignal-Transistoren BF 420 (bzw. BF 422 mit $U_{CE0}>300$ V)
- 1 Leistungstransistor IRF 712
- 1 Leistungstransistor IRF 720
- 2 Elkos ECE_E 22FF/35V
- 2 schnelle Dioden BA 157
- 1 schnelle Diode BYW 98-50
- 10 Transistor-Isolierscheiben

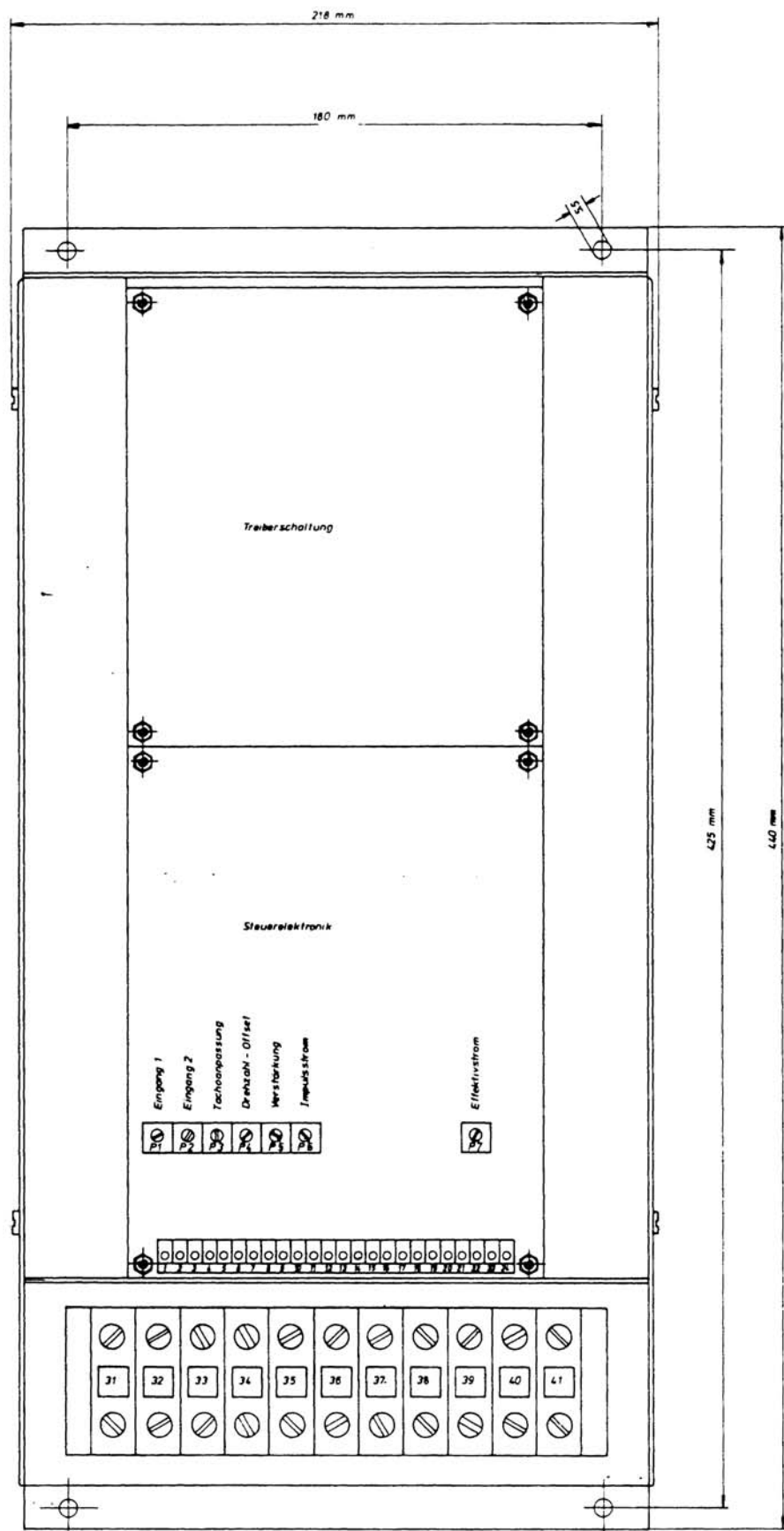


Abbildung 13: Abmessung

Indexverzeichnis

A

Absicherung.....	26
Allgemeine Information.....	5
Ankerstrom-Istwert	33
Ankerstrom-Monitor	16
<u>Ankerstromsollwert</u>	32, 33
Aufstellung	28
Austausch der Steuerelektronik	40

B

Ballastschaltung	41
Ballastwiderstand	17, 22
Besonderheiten	5
<u>Bestückungstabellen</u>	41
Betriebsbereit	16
Betriebsspannung.....	21
Blockierschutz	14

D

Dimensionierung.....	18
Drehzahlwert	32
Drehzahlregler	15
Drehzahlsollwert	32
dynamische Bremse	16
Dynamische Bremse	24

E

Effektivstrom	34
<u>Effektivstrom-Grenzwert</u>	31, 32, 40
Eingang.....	34
Eingangsabschwächer	31, 34
Einschaltverzögerung	33
Endschalter.....	14, 15
Endstufe.....	11, 39
Endstufen	16
Erdung	28
Ersatzteile	42
Erstes Einschalten.....	34

F

Fehlersuche	38
Funktionsstörungen	34

G

Galvanische Trennung.....	13
<u>Gleichspannungsverstärkung</u>	37

H

Hauptversorgung	17
Hilfsspannungen	9, 15

I

I² t-Meldung	16
Impulsstrom	34
Impulsstromdauer	19
<u>Impulsstrom-Grenzwert</u>	31
<u>Impulsstrom-Normierung</u>	32
Inbetriebnahme	31
Integralregelung ab	16, 37
Integrationskondensator	37

K

Klemmenübersicht	15
Kommutierungsstrombegrenzung.....	23
Kurzschluss.....	39

L

Last	18
Leitungsführung	28

M

mechanisch gekoppelten Achsen	28
Mehrachsbetrieb	26
Motor	34
Motoranschlüsse	17

N

Negativ Stop	15
Nennspannungen.....	27
Nennspannungswahl	8

Netztrafoberechnung22

O

Offsetabgleich31
Offsetabgleich des Ankerstrom-Monitors31
Offseinstellung35

P

Polung34
Positiv Stop15
Potentiometer31
Pulsbreitenmodulator33

R

Rampengenerator25
Regelverhaltens36

S

Schwellwert der Ballastschaltung31
Service38
Sicherheit2
Sicherungen26
Sollwert15
Spannungsfestigkeit40
Spannungsnormierung40
Steuerelektronik40
Störungsarten38
Strombegrenzung35
Stromeinstellung35
Stromnormierung40
Stromregler-Ausgang33
Stromsollwert15

T

Tacho 15, 34
Tachoanpassung 35
Tachoeingang 31
Tachopotentiometer 34
Taktoszillator 33
Technische Daten 6
Testpunkt 32
Testpunkte 31
Treiber - Elektronik 41
Typen-Übersicht 6

Ü

Überspannungsschaltsschwelle 40
Überstromschaltsschwelle 40
Überstrom-Schaltsschwelle 32

V

Verstärkung 34
Voreinstellungen 34
Vorverstärker-Null 16

W

Warnhinweise 2
Wechselspannungsverstärkung 31

Z

Zwischenkreis 17