

Betriebsanleitung für den GEZ-Turbowechselrichter

Bauart AEG

Der Aufbau und die Arbeitsweise des Turbowechselrichters sind in der Druckschrift 29/01 eingehend beschrieben.

1) Einbau des Turbowechselrichters.

Der Turbowechselrichter wird zweckmäßigerweise in einen möglichst staubdichten Stahlblechbehälter eingebaut, der mittels eines Stahlprofilrahmens an einem Längsträger des Eisenbahnfahrzeuges befestigt wird, wie dies aus Bild 1 ersichtlich ist. Die geringen Laufgeräusche und Erschütterungen gestatten auch einen Einbau des Gerätes an einer hierfür geeigneten Stelle innerhalb des Fahrzeuges, (z. B. auf dem Boden des Schaltschranks). Es muß hierbei jedoch auf eine ausreichende Kühlung durch Luftschlitze bzw. Lüftungslöcher geachtet werden.

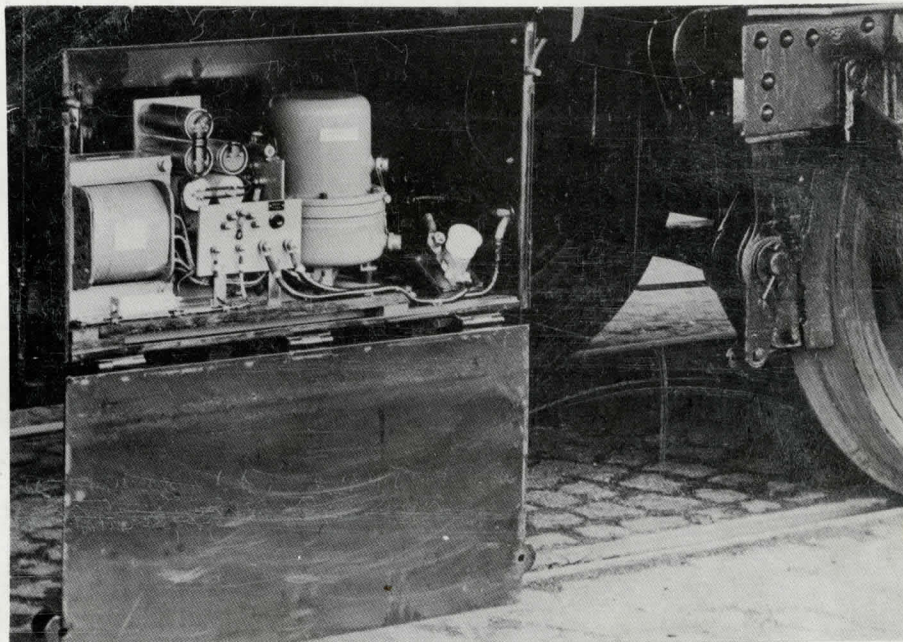


Bild 1 Turbowechselrichter 1200 VA in einen Behälter eingebaut

2) Anschaltung des Turbowechselrichters.

Das auf der Grundplatte des Turbowechselrichters angebrachte Leistungsschild gibt an, für welche Gleichspannung das Gerät ausgelegt ist und welche Wechselspannung, Frequenz und Leistung auf der Ausgangsseite entnommen werden können.

29/02

a) Gleichstromseite:

Die Speisung des Turbowechselrichters erfolgt zweckmäßig durch eine Akkumulatorenbatterie, die gegebenenfalls von einem Gleichstromgenerator oder auch von einem Gleichrichter geladen bzw. gepuffert werden kann. Da der Turbowechselrichter der Gleichstromquelle keinen kontinuierlichen sondern lückenden Gleichstrom entnimmt, müssen die Zuführungskabel möglichst induktionsfrei verlegt werden. Dieser lückende Gleichstrom verursacht je nach Größe der Widerstände und der Induktivitäten der Zuleitungen Pulsationen der Gleichspannung an den Eingangsklemmen des Turbowechselrichters, die durch besondere Maßnahmen geglättet werden können.

Um die glättende Wirkung einer Akkumulatorenbatterie, z. B. bei Pufferschaltung mit einer Dynamomaschine nicht zu vermindern, ist es zweckmäßig, die Lade- und Entladeleitungen - jede für sich abgesichert - getrennt an die Akkumulatorenbatterie anzuschließen. Falls in einer Stromversorgungsanlage eine Auftrennung von Batterie-, Lade- und Entladeleitungen nicht möglich ist, weil der Turbowechselrichter an eine durch ein Reglergerät konstant gehaltene Gleichspannung angeschaltet werden soll, so ist zu empfehlen, die Verbindungskabel zum Reglergerät und auch die beiden Speisekabel zum Turbowechselrichter gemeinsam in einem Stahlrohr induktionsarm zu verlegen. Die Verwendung von einpoligem Panzeraderkabel für Hin- und Rückleitung ist nicht zweckmäßig, da sich zwischen den Kabeln die Metallgeflechtarmierung befindet, wodurch eine Induktionswirkung verursacht wird. Bei Nichtbeachtung dieses Umstandes wird die Stromwendung infolge dieser zusätzlichen Leitungsinduktivität ungenau, was eine Funkenbildung bei der Kontaktgabe im Turbowechselrichtergefäß und damit vor allem auch Oberwellen bzw. Spannungsspitzen an den Eingangsklemmen des Turbowechselrichters verursacht. Der Wirkungsgrad wird verschlechtert und ferner kann bei Speisung von Leuchtstofflampen ein unruhig brennendes Licht die weitere Folge sein. Ausschlaggebend für die richtige Anordnung der Zuleitungskabel ist die an den Eingangsklemmen des Turbowechselrichters gemessene Oberwellenspannung, die 5% der Betriebsgleichspannung nicht überschreiten soll. Wird in einer Anlage eine Oberwellenspannung größer als 5% festgestellt, so ist es ratsam an die Eingangsklemmen des Turbowechselrichters Elektrolytkondensatoren anzuschalten. (Näheres hierüber siehe Abschnitt 4c, Seite 6).

Ferner muß darauf geachtet werden, daß die Zuleitungskabel bezüglich ihres Querschnitts ausreichend bemessen werden. Der Gesamtspannungsabfall von der Stromquelle bis zu den Eingangsklemmen des Turbowechselrichters soll für den Vollaststrom weniger als 2 % der Betriebsspannung, d. h. bei 24 Volt ca. 0,5 Volt betragen.

Wird der Querschnitt der Zuleitungskabel nicht ausreichend bemessen, so besteht die Gefahr, daß der Turbowechselrichter seine Sollfrequenz nicht erreicht, weil dessen Antriebsmotor bei einer viel zu niedrigen Drehzahl hängen bleibt. Die gleiche Erscheinung kann auch bei sehr stark entladene Batterien auftreten. Im Einschaltmoment läuft der Motor an und erreicht unter normalen Betriebsbedingungen nach etwa 0,1 - 0,2 Sekunden schon seine Nenndrehzahl und der Turbowechselrichter somit seine Nennfrequenz. Innerhalb dieser kurzen Anlaufzeit, d. h. beim Durchlaufen der niederen Frequenzen, nimmt der TWR-Transformator kurzzeitig größere Magnetisierungsströme auf, die weiter nicht schädlich sind, die aber an den Zuleitungskabeln je nach deren Widerstand Spannungsabfälle hervorrufen. Sind die Querschnitte dieser Kabel zu gering, so tritt ein zu großer Spannungsabfall auf und der Motor des Turbowechselrichters kann nicht mehr auf seine Solldrehzahl kommen. Die Folge hiervon kann sein, daß beim Einschalten dauernd die Sicherung durchbrennt oder die Primärwicklung des TWR-Transformators oder Elektrolytkondensatoren beschädigt werden. In besonders schwierigen Fällen kann hierbei Abhilfe geschaffen werden, indem man für die Einschaltung des Turbowechselrichters ein verzögertes Schaltschütz vorsieht. Hierdurch wird bei der Betätigung des Lichthauptschalters die Gleichspannung zunächst an den Motor gelegt und über das Schaltschütz mit einer Verzögerung von ca. 0,2 sek; d. h. erst zu einem Zeitpunkt, wenn der Motor seine Nenndrehzahl erreicht hat, über die Quecksilberkontakt-einrichtung an den Transformator gelegt.

Sollen innerhalb einer geschlossenen Zugbeleuchtungsanlage, die über durchgehende Kupplungsleitungen von einer zentralen Gleichstromquelle gespeist wird, die Turbowechselrichter in den einzelnen Fahrzeugen parallel geschaltet werden, so müssen bei dieser Betriebsweise besondere Maßnahmen für die gegenseitige Entkopplung der einzelnen Turbowechselrichter auf der Gleichstromseite vorgesehen werden.

Wegen der Magnetisierungsströme des Transformators beim Einschalten müssen auf der Gleichstromseite träge Sicherungen oder verzögernd auslösende Sicherungsautomaten verwendet werden. Die Ansprechgrenze des elektromagnetischen Auslösers des Sicherungsautomaten soll sich bis auf den 8 - 12 fachen Nennstrom einstellen lassen. Sein thermischer Auslöser muß dem max. Nennaufnahme Strom des Turbowechselrichters angepaßt werden.

b) Wechselstromseite:

Vor dem Anschluß der zur Schalttafel bzw. zum Verbrauchernetz führende Wechselstromleitungen muß festgestellt werden, ob die zum Turbowechselrichter gehörende Siebdrossel bereits aufgebaut ist. In diesem Falle werden die Kabel direkt an die beiden Wechselstromausgangsklemmen angeschaltet. Im anderen Falle muß die Siebdrossel getrennt neben dem Turbowechselrichter im Stahlblechbehälter oder ganz für sich im Schaltschrank eingebaut und nach dem in der Beschreibung 29/01 Bild 6 gezeigten Schaltbild angeschaltet werden. Die vom Turbowechselrichter abgehenden und zum Schaltschrank führenden beiden Wechselstromkabel müssen ebenfalls in einem Stahlrohr verlegt werden. Die Absicherung der 220 Volt-Wechselstromkreise auf der Schalttafel im Schaltschrank kann für die einzelnen Leistungstypen von Turbowechselrichtern nach folgender Tabelle erfolgen:

Leistungstypen (VA)	Sicherungsstromstärke (A)	p. Stromkreis
300	2,0	
750	4,0	
1000	6,0	
1200	6,0	
1500	6,0	mindestens
3000	6,0	2 Stromkreise

Bei Belastung des Turbowechselrichters muß darauf geachtet werden, daß die auf dem Typenschild angegebene Nennleistung in VA nicht überschritten wird. Solange der Turbowechselrichter die Dauerbetriebstemperatur noch nicht erreicht hat, liegt seine Frequenz etwas unter der Nennfrequenz.

Ohm'sche Belastungen wie Glühlampen und Widerstände können ohne weiteres und ohne Zwischenschaltung von Siebgliedern angeschlossen und mit rechteckförmiger Wechselspannung gespeist werden. Induktive Belastungen dagegen müssen durch Siebkreise so kompensiert werden, daß die Wechselspannung am Eingang der Verbraucher sinusförmig wird, und daß ferner der Verlauf von Spannung und Strom angenähert phasengleich ist und der Leistungsfaktor auf der Sekundärseite ein Maximum, meist 0,85 - 0,95 erreicht.

Eilt dagegen infolge ungenügender Kompensation der Strom der Spannung nach bzw. vor, so wird er, da beim Wechselrichter Strom und Spannung gezwungen werden, zur gleichen Zeit durch Null zu gehen, unter Funkenbildung im Gefäß aufgerissen. Es entstehen dadurch höhere Verluste, die den Wirkungsgrad des Gerätes beeinträchtigen. (Näheres siehe Abschnitt 3).

3) Speisung von Leuchtstofflampen mit Turbowechselrichter.

a) Schaltung von Leuchtstofflampenanlagen (s. Bild 2)

Der Turbowechselrichter enthält einen Funkenlöschkondensator C_1 . Die Spannung U_T auf der Sekundärseite des Transformators ist angenähert rechteckig. Sie ist mit Hilfe der Transformatoranzapfung so einzustellen, daß sich der richtige Lampenstrom bei der mittleren Gleichspannung und bei der Nennfrequenz ergibt.

Die Oberwellensiebdrossel D_1 wird durch einen Kondensator C_3 überbrückt, die beide zusammen einen Sperrkreis für die dritte und fünfte Oberwelle bilden, die in der rechteckigen Spannung U_T enthalten sind. Die Spannung U_N hinter der Siebdrossel ist angenähert sinusförmig.

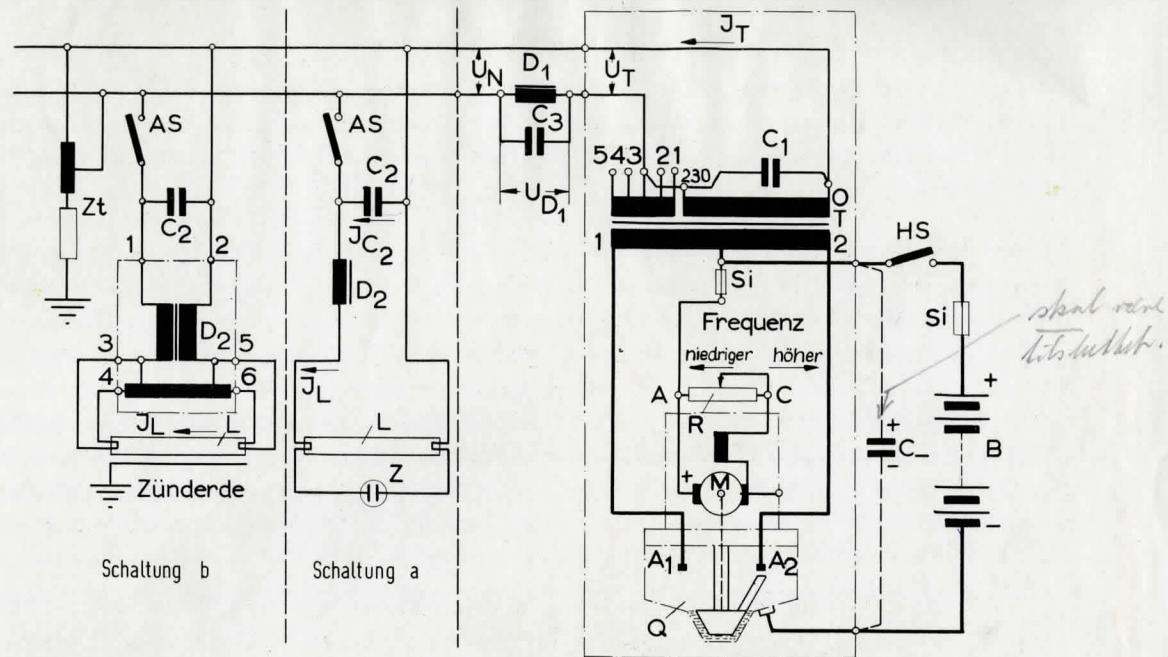


Bild 2, Schaltbild des Turbowedelrichters mit Leuchtstofflampen

Die gebräuchlichen Lampenschaltungen zeigen

- Schaltung a : Mit Glimmzünder
Schaltung b : Mit Sofortzündung.

Selbstverständlich können auch andere Schaltungen von Leuchtstofflampen und auch Kaltkathoden-Hochspannungsröhren mit dem Turbowedelrichter betrieben werden.

Die Lampendrossel D_2 begrenzt den Lampenstrom auf die normale Höhe bei Nennspannung. Der Kondensator C_2 kompensiert den nacheilenden Lampenstrom und die Blindleistung der Siebdrossel D_1 so, daß Strom und Spannung zu gleicher Zeit durch Null gehen. (Leistungsfaktor 0,9 - 1).

b) Funkenlöschkondensator C_1 am Turbowedelrichter.

Der Funkenlöschkondensator C_1 ist (siehe Bild 2) an die Klemmen 0 und 230 an der Ausgangsseite des Transformators angeschlossen und wird fabrikmäßig mit dem Gerät mitgeliefert. Nach einer etwaigen stattgefundenen Überholung des Gerätes darf es nicht ohne diesen Kondensator in Betrieb genommen werden, da andernfalls der Transformator beschädigt wird. Er wird so bestimmt, daß die Gleichstromaufnahme bei Leerlauf ein Minimum erreicht. Er setzt voraus, daß die Lampenschaltung mit dem Siebkondensator C_3 parallel zur Siebdrossel D_1 ausgerüstet ist. Da der Siebkondensator C_3 mit den Kompensationskondensatoren C_2 in Reihe liegt, erhöht bzw. vermindert sich die als Löschkondensator (C_1) wirksame Kapazität mit der Zuschaltung bzw. Abschaltung von Leuchtstofflampen.

Bei älteren Geräten wurden für die Speisung von Leuchtstofflampen Schaltungen ohne Siebkondensator C_3 verwendet. Bei diesen Geräten ist der Löschkondensator C_1 größer bemessen und muß, falls Siebkondensatoren C_3 verwendet werden, ausgewechselt werden.

c) Bemessungsregeln für Leuchtstofflampenanlagen.

Es bedeuten in den am Schluß dieser Betriebsanleitung (Seite 10 und 11) stehenden Tabellen (waagerechte Spalten):

- 1 Siebdrosseltype
- 2 Berechnungsnummer und Bestellnummer
- 3 Siebkondensator C_3
- 4 Ungefährer Transformatorstrom J_T für Kontrollmessungen
- 5 Turbowedelrichter-Scheinleistung
- 6 Leuchtstofflampenzahl (Maximal) je 25 Watt je 0,29 Amp.
- 7 gesamte Nennlast der Lampen " " " " " "
- 8 Lampenstrom für sämtliche Lampen " " " " " "

- 9 Komp. -Kapazität C_2 für maximale Lampenzahl "
- 10 Leuchtstofflampenzahl (maximal) je 40 Watt je 0,42 Amp.
- 11 gesamte Nennlast der Lampen " " " " " "
- 12 Lampenstrom für sämtliche Lampen " " " " " "
- 13 Komp. -Kapazität C_2 für maximale Lampenzahl

Die Bemessungsregeln setzen die Verwendung handelsüblicher Lampendrosseln für 100 und 50 Hz voraus. Für 60 Hz-Anlagen können ebenfalls 50 Hz Lampendrosseln verwendet werden. Da die Summe der Lampenströme meist nicht meßbar ist, kann nur eine Lampe kontrolliert werden.

Messungen an Turbowechselrichteranlagen.

a) Gleichstromseite:

Da der Wechselrichter aus dem Gleichstromnetz lückenden Strom entnimmt, erhöht sich die Gleichspannung in den Lücken um den Gesamtspannungsabfall bis zum Gerät. Infolgedessen zeigen Drehspulspannungsmesser auf der Gleichstromseite eine etwa 3 - 5% zu hohe Spannung an. Die Stromaufnahme durch einen Drehspulstrommesser wird dagegen richtig gemessen. Das Produkt beider gibt infolge des Spannungsfehlers einen zu hohen Wert für die Leistungsaufnahme an. (Dreheiseninstrumente zur Bestimmung der Leistungsaufnahme sind unzulässig.) Für eine genaue Messung der Gleichstromleistung muß deshalb ein Wattmeter verwendet werden.

Zur Kontrolle der richtigen Kompensation auf der Wechselstromseite kann in die Gleichstromleitung ein Dreheisenstrommesser eingeschaltet werden, der nur etwa 10% mehr als das Drehspulampèremeter anzeigen soll. Bei höherem prozentualen Verhältnis ist die Kompensation auf der Wechselstromseite nicht in Ordnung. Der Effektivwert auf der Gleichstromseite ist maßgebend für die richtige Bemessung der Zuleitung und der Sicherungen. (bezüglich Sicherungen siehe Abschnitt 2a)

Die durch den lückenden Gleichstrom hervorgerufene Oberwellenspannung (siehe 2a) wird am besten mit einem Ventilinstrument (AEG-Vielfachmesser oder S&H-Multizet) mit vorgeschaltetem Kondensator von 2 - 3 μ F, durch welchen die Gleichspannungskomponente in dem Meßinstrument gesperrt wird, gemessen.

b) Wechselstromseite:

Das Übersetzungsverhältnis der Hauptwicklung des Transformators beträgt im Leerlauf mit Sinusspannung gemessen ungefähr

$$\frac{0,9 \times \text{Gleichspannung}}{230 \text{ Volt}}$$

Mit dem Faktor 0,9 wird die Lücke des Wechselrichters berücksichtigt.

Wie aus Bild 2 ersichtlich ist, besteht die Sekundärwicklung des Transformators aus einer Grundwicklung (0-230), an der Funkenlöschkondensator C_1 angeschlossen ist, und aus einer Zusatzwicklung mit der Bezeichnung 1, 2, 3, 4, 5, die sich auf die abgegebene Zusatzspannung von etwa je 10 Volt pro Anzapfung bezieht.

Bei der Anschaltung von Leuchtstofflampenanlagen mit Vorschaltgeräten, die für eine normale Netzspannung von 220 Volt ausgelegt sind, wird die in Bild 2 gezeigte Schaltung der der Sekundärwicklung verwendet.

Werden jedoch in einer Anlage Vorschaltgeräte verwendet, die für eine höhere Eingangsspannung (z. B. 235 Volt) ausgelegt sind, so muß die Zusatzwicklung des Transformators gemäß Schaltung Bild 3a angeklemt werden.

In Turbowechselrichteranlagen für die Stromversorgung von elektroakustischen Geräten und einer Tonfilmapparat z. B. in Gesellschaftswagen (siehe Beschreibung 29/01, Fußnote 4 der Typentabelle) muß die Zusatzwicklung des Transformators nach Schaltung Bild 3b angeklemt werden.

Bei Messung der rechteckigen sekundären Spannung am Transformator zeigen Ventilinstrumente infolge der Eichung der Skala für Sinusform gegenüber Dreheiseninstrumenten ca. 10% mehr Spannung an. Für die Messung sind deshalb Dreheiseninstrumente zu verwenden.

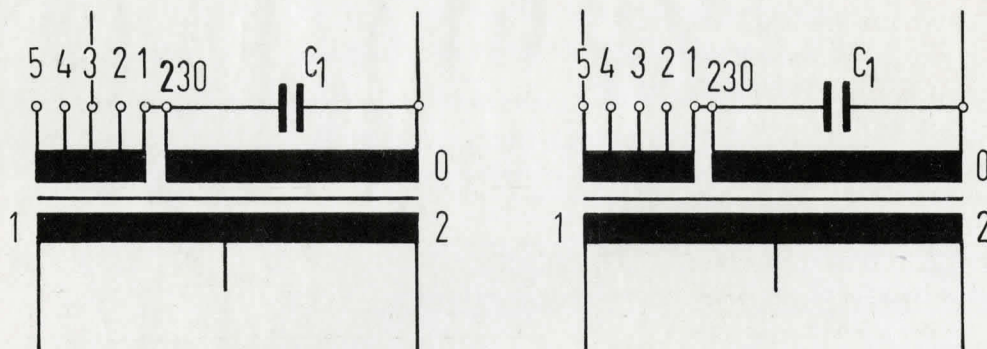


Bild 3 Schaltung der Zusatzwicklung des Transformators

a. bei Verwendung von Vorschaltgeräten mit einer Betriebsspannung von 235 Volt.

b. bei Verwendung einer Regeleinrichtung für konstante Wechselspannung und Frequenz.

Die abgegebene Wirkleistung auf der Sekundärseite ist mit einem Wattmeter zu bestimmen. Für die Belastungsfähigkeit des Transformators ist jedoch die Scheinleistung in $V \times A$ lt. Leistungsschild maßgebend. Es ist:

$$\frac{\text{Wirkleistung (Watt)}}{\text{Scheinleistung (VxA)}} = \text{Leistungsfaktor} = \text{ca. } 0,85 \text{ bis } 0,95.$$

Wird der Leistungsfaktor unterschritten, so ist die Kompensation im Wechselstromkreis nicht in Ordnung. Näheres hierüber, insbesondere über die Speisung von Leuchtstofflampen mit Sinusspannung, siehe Abschnitt 3.

c) Bemessungsregeln für die Gleichstrom-Glättungskondensatoren für Turbowechselrichter.

In Bild 4 sind die Verhältnisse, wie sie beim idealisierten Turbowechselrichterbetrieb auf der Gleichstromseite auftreten, vereinfacht dargestellt. In Bild 4.1 ist die Schaltung eines Turbowechselrichters mit direkter Speisung aus einem Gleichstromdynamo D (ohne Batterie) gezeigt. Die Ankerinduktivität der Maschine ist mit L_A gekennzeichnet. Da der Turbowechselrichter Stromimpulse (siehe Bild 4.3) aufnimmt, würde die Drosselspule oder Ankerinduktivität diese Stromimpulse durch Lichtbogenbildung im Turbowechselrichter zu verlängern suchen. Dies würde dem Turbowechselrichter zwar eine gewisse Zeit lang nicht schaden, doch wird der Wirkungsgrad durch die Lichtbogenbildung verringert. Außerdem können durch Überspannungsspitzen die Transformatorwicklungen und die Generatorwicklungen beschädigt werden. Man muß deshalb den Glättungskondensator C vorsehen, der die Stromimpulse des Turbowechselrichters mit der Amplitude J_{G0} in einen gleichbleibenden Strom mit der Amplitude J_G umgestaltet.

Wird eine Akkumulatorenbatterie in Parallelschaltung (siehe Bild 4.2) verwendet, so benötigt man im allgemeinen bei kurzen Verbindungsleitungen keinen Glättungskondensator, da die Akkumulatorenbatterie die Aufgabe des Glättungskondensators übernimmt. Meist sind aber die Zuführungsleitungen sowohl zum Turbowechselrichter als auch von der Batterie und vom Generator über lange Leitungen zu Reglern und Schaltern geführt, wie das im Bild 4.2 über der Batterie durch die Stromschleife dargestellt ist. Befinden sich ungünstigerweise Eisenarmaturen zwischen den einzelnen Kabelleitungen, so wirken diese als Drosseln auf der Gleichstromseite und haben die oben geschilderten Wirkungen, nämlich der Lichtbogenbildung und der Verschlechterung des Wirkungsgrades im Turbowechselrichter, gegebenenfalls auch eine Zerstörung durch Spannungsüberschlag im Transformator, zur Folge. In solchen Fällen muß ebenfalls auf der Gleichstromseite des Turbowechselrichters ein Glättungskondensator C vorsehen werden, der die Stromimpulse in einen gleichbleibenden Strom umformt.

Im Bild 4.4 ist die idealisierte Spannungskurve an dem Glättungskondensator gezeigt, wie sie bei ausreichender Glättung etwa auftreten würde. Während der Entladeimpulse fällt die Gleichspannung vom Wert u_1 auf den Wert u_2 , um dann in der Stromlücke durch den Ladestrom wieder vom Wert u_2 auf den Wert u_1 zu steigen. Die mittlere Gleichspannung U_G erhöht sich oder vermindert sich je nach dem um den Betrag Δu . Diese Größe darf 5 % des Gleichspannungsnennwertes nicht überschreiten, wenn die Elektrolytkondensatoren nach den DIN Normen 41332 nicht überlastet werden sollen. Die Größe der Gleichstromglättungskondensatoren läßt sich leicht aus der Formel unter Bild 4.4 ausrechnen, wobei für Δu 5 % der Gleichspannung einzusetzen ist.

Im Bild 4.5 ist schließlich die Stromkurve - schraffierter Teil - gezeigt, mit welcher die Glättungskondensatoren belastet werden. Es ist ein unsymmetrischer Wechselstrom, dessen Spitzen dem Gleichstrom unter diesen idealisierten Verhältnissen entsprechen. Der Effektivwert, mit welchem die Kondensatoren belastet werden, ergibt sich aus der genannten Berechnung zu $0,45 J_g$.

Man muß nun bei einer Festlegung der Kondensatoren auch diesen Wert nachprüfen. Er darf ebenfalls nicht die zulässigen Werte nach den DIN Normen 41332 überschreiten. Meist ist außerdem auch die höchste Betriebstemperatur der Elektrolytkondensatoren angegeben, die nicht überschritten werden darf, und die sich aber erst nach Ausführung einer Modell-Anlage nachprüfen läßt.

Der zulässige Betriebstemperaturbereich für Elektrolytkondensatoren beträgt -20°C bis $+70^{\circ} \text{C}$. Die höchstzulässige Temperatur von $+70^{\circ} \text{C}$ bezieht sich auf die Oberfläche des Kondensators und gilt einschließlich einer Eigenerwärmung infolge einer der Gleichspannung überlagerten Wechselspannung (Oberwellenspannung). Diese Eigenerwärmung soll 10°C nicht überschreiten.

d) Überprüfung des Funkenlöschkondensators C_1 im Betrieb. (Kontaktperrspannung U_K .)

Mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen ist es möglich, auf einfache Weise festzustellen, ob der Funkenlöschkondensator C_1 bei der in einer Anlage vorhandenen Leuchtstofflampenbelastung richtig bemessen ist.

Zu diesem Zweck führt man den Meßplatten des Oszillographen die sogenannte Kontaktperrspannung U_K zu, die an einer Hauptelektrode A_1 oder A_2 und dem Minuspol der Gleichstromquelle abgegriffen wird. (Bezeichnungen siehe Bild 5). Die mittlere Amplitude U_{Ko} der Kontaktperrspannung U_K entspricht ungefähr der doppelten Gleichspannung.

In Bild 5 ist die ungefähre Form der Kontaktperrspannung U_K aufgezeichnet für den Fall, daß die Spannung an der Hauptelektrode A_1 und dem Minuspol abgegriffen wird. Der ohmsche Spannungsabfall im Quecksilberstrahl und Kontaktübergangswiderstände werden hierbei als vernachlässigbar klein angenommen.

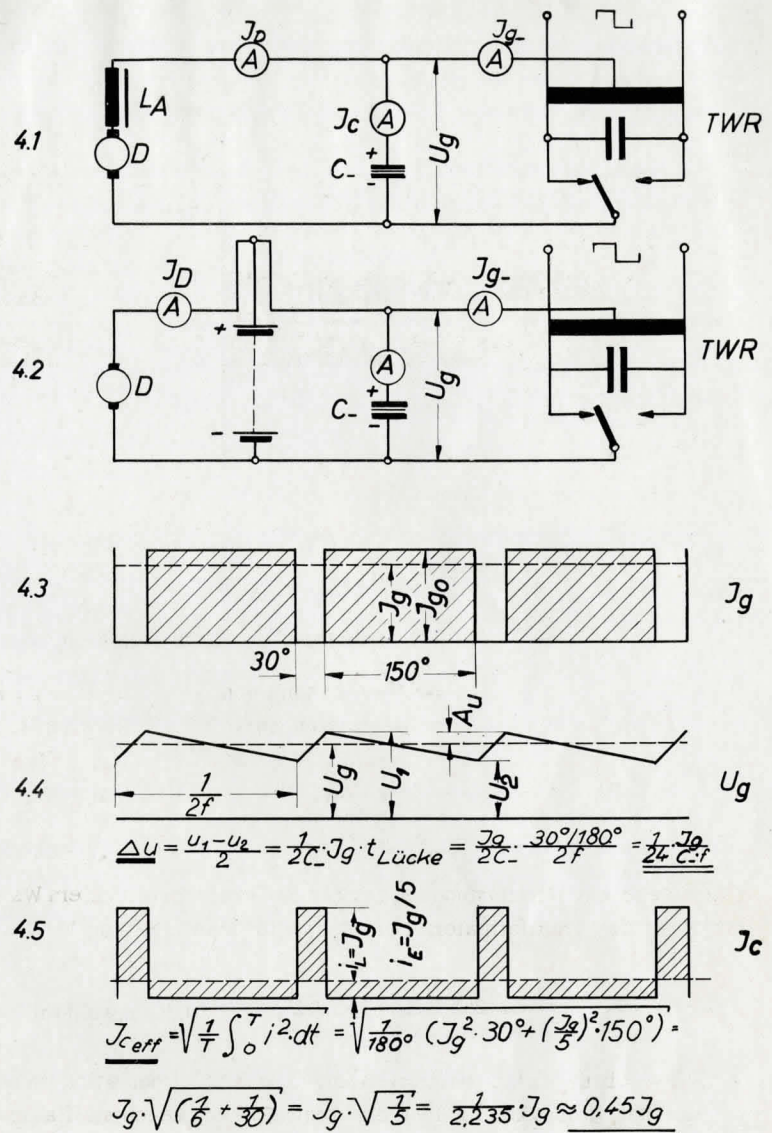


Bild 4 Wirkungsweise der Gleitstrom-Glättungskondensatoren bei idealisiertem Turbowechselrichterbetrieb

Wie in Abschnitt 3 der Beschreibung 29/01 bereits erläutert, berührt der Quecksilberstrahl abwechselnd die Elektroden A_1 und A_2 . Verläßt der Strahl eine Elektrode, so tritt zunächst eine kleine Pause ein, bevor er jetzt den Minuspol der Batterie mit der nächsten Elektrode verbindet. In diesen Pausen, die in Bild 5 als Lücke 1 und 2 bezeichnet sind, ist die Gleichspannungsquelle einpolig vom Wechselrichter abgeschaltet.

Der Spannungsverlauf innerhalb der Lücke 1 und 2 wird im Leerlauf nur durch die Hauptinduktivität des Transformators und die Kapazität des Kondensators C_1 , bei Belastung jedoch auch noch vom Verbraucher bestimmt.

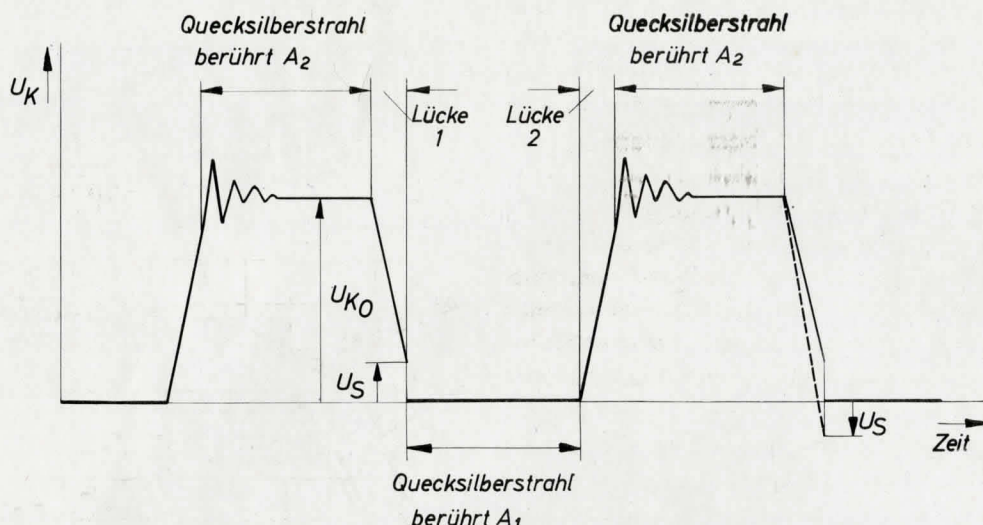


Bild 5 Kontaktsperrspannung U_K

Für den einwandfreien Betrieb des Turbowedelrichters ist darauf zu achten, daß die Schaltspannung u_s (Bild 5) in Richtung der Kontaktsperrspannung U_K liegt. Bei Nenngleichspannung und Nennfrequenz kann als Richtwert für die Größe von u_s ungefähr $0,1 - 0,3 U_{K0}$ angenommen werden. Verringert man die Kapazität C_1 , so nimmt u_s ab, bei Vergrößerung von C_1 nimmt u_s entsprechend zu.

Ist bei Nenngleichspannung und Nennfrequenz die Schaltspannung u_s jedoch entgegengesetzt von U_K gerichtet, wie gestrichelt in Bild 5 angedeutet ist, so muß C_1 so weit vergrößert werden, bis u_s wieder die Richtung von U_K und die zulässige Größe hat. Vorausgesetzt wird hierbei, daß die Leuchtstofflampenanlage nach Abschnitt 3c bemessen worden ist.

e) Erwärmung des Turbowedelrichters.

Die zulässige Höchsttemperatur, die der Turbowedelrichter (Gefäß und Transformator) erreichen darf, beträgt 95°C , wobei diese Höchsttemperatur sich auf eine Raumtemperatur von 35°C bezieht. Bei niedrigeren Raumtemperaturen wird eine maximale Erwärmung von $t=60^{\circ}\text{C}$ zugelassen, und für höhere Raumtemperaturen als 35°C (z. B. für Tropenklima) darf die Höchsttemperatur von 95°C nicht überschritten werden. Beim Einbau von Turbowedelrichtern in einen geschlossenen Stahlblechbehälter unter dem Wagenboden ist es zweckmäßig, darauf zu achten, daß eine Kühlung des Behälters durch den Fahrwind stattfinden kann. Bezgl. der Erwärmung der Elektrolytkondensatoren siehe Abschnitt 4c.

5) Meßergebnisse von Turbowedelrichtern für die Speisung von Leuchtstofflampen.

In Bild 6 sind die Meßergebnisse von zwei Turbowedelrichtern $1500\text{ VA } 100\text{ Hz}$ für 24 V und 110 V Gleichspannung zur Speisung von maximal 24 Leuchtstofflampen je 40 W dargestellt.

Da sich der Spannungsabfall bei 24 V im Quecksilberstrahl höher auswirkt als bei den 110 V -Geräten, ist der Wirkungsgrad bei den 110 V -Geräten etwas höher. Er erreicht folgende Werte:

	<u>Vollast</u>	<u>Halblast</u>	<u>Drittlast</u>
24 V-Gerät	88%	85%	80%
110 V-Gerät	93%	91%	84%

Die Verluste in den Siebkreisen vermindern diese Wirkungsgrade um etwa $2 \dots 3\%$ bei Vollast, bei den Teillasten entsprechend geringer.

Der prozentual höhere Spannungsabfall im Quecksilberstrahl bei dem 24 V-Gerät gegenüber dem 110 V-Gerät macht sich ebenfalls in den im Bild 6 gezeigten Kurven für die Spannung U_N und U_T sowie für die Lampenströme bemerkbar. Die Differenz ist durch eine Schraffur gekennzeichnet.

Aus den Kurvenbildern lassen sich auch die Aufnahme­ströme auf der Gleichstromseite ersehen, die für 24 und 110 V Gs dargestellt sind. Der Mittelwert ist maßgebend für die Aufnahmeleistung, der Effektivwert für die Bemessung der Zuleitungskabel.

Bei einer Kontrolle einer fertigen Anlage können die obigen Kurven zugrunde gelegt werden. Bei abweichender Gleichspannung sind die Gleichstromwerte entsprechend umzurechnen. Auf der Wechselstromseite sind die Strom- und Spannungswerte unabhängig von der Höhe der Nenngleichspannung. Da man die Summe der Lampenströme bei den meisten Schaltungen nicht nachmessen kann, muß man sich auf die Kontrolle einer einzelnen Leuchtstofflampe beschränken. Der Transformatorstrom I_T beträgt etwa 0,62 der Summe der gesamten Lampenstrom und dem kompensierten Transformatorstrom von den verschiedensten Bedingungen abhängig ist, ist die vorstehend errechnete Größe nur als Anhaltswert anzusehen.

Die oben dargestellten Kurven gelten für 100 Hz. Für 50 Hz weichen die Kurven wenig von den obigen ab, für 60 Hz dagegen liegen die Werte U_T , U_N und I_T meist höher.

6) Besondere Hinweise, die beim Einbau und Betrieb der Turbowechselrichter beachtet werden müssen:

- 1.) Vor dem Anklempfen der Gleichstromzuleitungskabel an den TWR muß zuerst deren Polarität geprüft werden, damit gewährleistet wird, daß Pluspol an Plusklemme und Minuspol an Minusklemme angeschlossen wird. Bei Verwechslungen treten sonst Schäden an den Elektrolytkondensatoren auf.
- 2.) Nach Fertigstellung der Beleuchtungsanlage in einem Fahrzeug ist es üblich, die Leitungsin­stallation mit Hilfe eines Kurbelinduktors auf ihren Isolationswert zu prüfen. Mit Rücksicht auf die vorhandenen Elektrolytkondensatoren müssen die Anschlußleitungen zum Turbowechselrichter vor der Isolationsprüfung abgeklemmt werden.
- 3.) Bei der Einschaltung des Turbowechselrichters in einer fertiggestellten Beleuchtungsanlage muß darauf geachtet werden, daß die Belastung angeschaltet ist und nicht etwa Stromkreissicherungen ausgeschaltet sind. Es ist un­zweckmäßig, den Turbowechselrichter im Leerlauf einzuschalten.

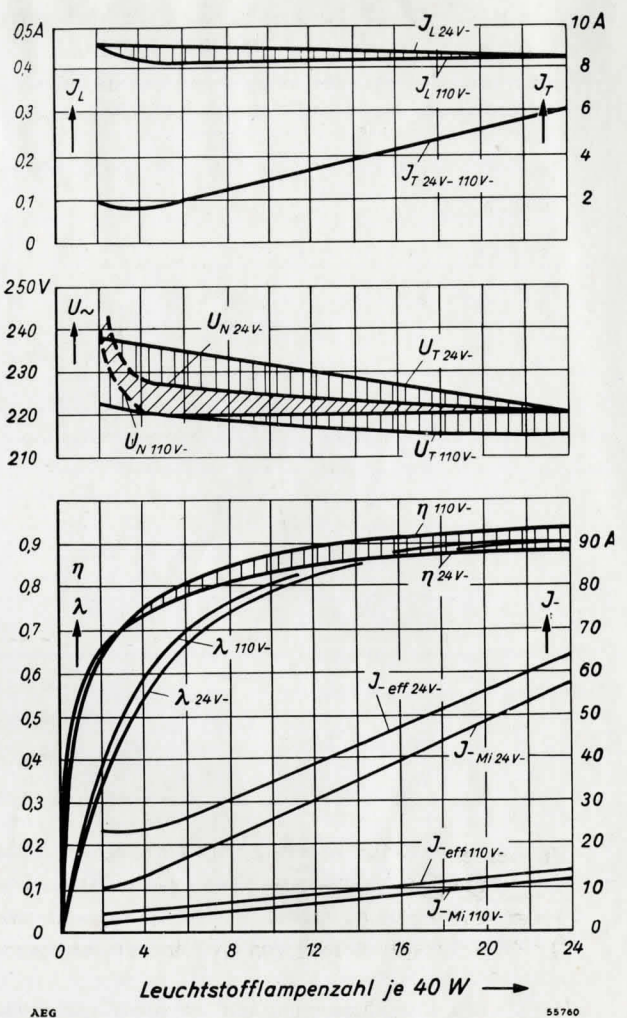


Bild 6 Kennlinien zweier Turbowechselrichter gleicher Leistung für 1500 VA, 100 Hz, ausgelegt für 24 V Gs bzw. 110 V Gs in Abhängigkeit von der Zahl der angeschlossenen 40 W-Leuchtstofflampen

J_L	Lampenstrom einer Lampe	
J_T	Transformatorstrom	
U_N	Netzspannung im Lampenkreis	
U_T	sekundäre Transformatorspannung	
η	Wirkungsgrad	
λ	Leistungsfaktor	
J_{-eff}	Gleichstrom, Effektivwert	
J_{-Mi}	Gleichstrom, Mittelwert	
U_{-}	Gleichspannung 24 V und 110 V	} konstant
f	100 Hz	
C_2	3,5 F/Leuchtstofflampe	
C_3	6 F Oberwellensieb­kondensator	
D_1	Oberwellensieb­drossel Ktr 8 Nr. 5390	
	Sekundäre Transformatoranzapfung	210 V für T. W. 110 V
	Sekundäre Transformatoranzapfung	220 V für T. W. 24 V

Tabelle 1: Sieb-Drosseln und -Kondensatoren für 100 Hz

	1	2	3	4	5	6	7	8 ³⁾	
1	Sieb-drosseltype	wie Lampendrossel	Ktr 4	Ktr 7	Ktr 7	Ktr 8	Ktr 8	Ktr 8	
2	Ber. - Nr. Bestell-Nr.		K 5362 65 1003	K 5365 65 1006	K 5366 65 1007	K 5390 65 1008	K 5390 65 1008	2 - K 5390 65 1008	
3	C ₃ (µF) 450 V DB	0,25...0,4	1,5...2	3...5	4...5	7...9	6...10	2 x 6...10	
4	J _T (A) ca	0,18 bzw. 0,28	1,35	3,25	4,30	5,2	6,50	2 x 6,50	
5	TWR-Leistung (VA)	42 bzw. 65	300	750	1000	1200	1500	3000	
6	25 W - Lampe	Lampenzahl	1	7	18	24	30	36	2 x 36
7		Nennlast (W)	25	175	450	600	750	900	2 x 900
8		J _L gesamt (A)	0,29	2,03	5,22	6,96	8,70	10,44	2 x 10,44
9		C ₂ (µF) 250 V DB	2,5	17,5	45	60	75	90	2 x 90
10	40 W o. 2x20 W Lpe. in Reihe	Lampenzahl	1	5	12	16	20	24	2 x 24
11		N Nennlast (W)	40	200	480	640	800	950	2 x 950
12		J _L gesamt (A) ¹⁾	0,42	2,10	5,04	6,72	8,40	10,08	2 x 10,08
13		C ₂ (µF) ²⁾ 250 V DB	3,5	17,5	42	56	70	84	2 x 84

- 1) Da die Summe der Lampenströme meist wegen der Schaltung nicht meßbar ist, kann nur eine Lampe kontrolliert werden.
- 2) Kompensations-Kondensator für je eine 20 W Lampe je 4 µF
- 3) Bei Turbowechselrichtern für 3000 VA ist die Belastung in 2 Kreise je 1500 VA aufzuteilen.

Tabelle 2: Sieb-Drosseln und -Kondensatoren für 60 Hz

	1	2	3	4	5	6	7 x)	
1	Sieb-drosseltype	wie Lampendrossel	Ktr 6	Ktr 9	Ktr. 9	Ktr 11	2 x Ktr 11	
2	Ber. - Nr. Bestell-Nr.	- -	K 5392 65 1013	K 5395 65 1016	K 5396 65 1017	K 53 97 65 1018	K 5397 65 1018	
3	C ₃ (µF) 450 V DB	0,35 ... 0,6	2...3	4...7	5,5...8	8...14	2 x 8...14	
4	J _T (A) ca	0,17 bzw. 0,25	1,35	3,25	4,3	6,5	2 x 6,5	
5	TWR-Leistung (VA)	42 bzw. 65	300	750	1000	1500	3000	
6	25 W-Lampe	Lampenzahl	1	7	18	24	36	2 x 36
7		Nennlast (W)	25	175	450	600	900	2 x 900
8		J _L gesamt (A)	0,29	2,03	5,22	6,96	10,44	2 x 10,44
9		C ₂ (µF) 250 V DB	3,5	24,5	63	84	126	2 x 126
10	40 W Lpe. o. 2x20 W in Reihe	Lampenzahl	1	5	12	16	24	2 x 24
11		Nennlast (W)	40	200	480	640	960	2 x 960
12		J _L gesamt (A)	0,42	2,10	5,04	6,72	10,08	2 x 10,08
13		C ₂ (µF) 250 V DB	5	25	60	80	120	2 x 120

Tabelle 3: Sieb-Drosseln und -Kondensatoren für 50 Hz

	1	2	3	4	5	6	7 x)	
1	Siebdrosseltype	wie Lampendrossel	Ktr 6	Ktr 9	Ktr 9	Ktr 11	2 x Ktr 11	
2	Ber. - Nr. Bestell-Nr.	- -	K 5392 65 1013	K 5395 65 1016	K 5396 65 1017	K 5397 65 1018	K 5397 65 1018	
3	C_3 (μ F) 450 V DB	0,5 ... 0,8	3 ... 4	6 ... 10	8 ... 12	12 ... 20	2 x 12 ... 20	
4	J_T (A) ca	0,18 bzw. 0,28	1,35	3,25	4,3	6,5	2 x 6,5	
5	TWR-Leistung (VA)	42 bzw. 65	300	750	1000	1500	3000	
6	25 W-Lampe	Lampenzahl	1	7	18	24	36	2 x 36
7		Nennlast (W)	25	175	450	600	900	2 x 900
8		J_L gesamt (A)	0,29	2,03	5,22	6,96	10,44	2 x 10,44
9		C_2 (μ F) 250V DB	5	35	90	120	180	2 x 180
10	40 W Lpe. o. 2x20 Win Reihe	Lampenzahl	1	5	12	16	24	2 x 24
11		Nennlast (W)	40	200	480	640	960	2 x 960
12		J_L gesamt (A)	0,42	2,10	5,04	6,72	10,08	2 x 10,08
13		C_2 (μ F) 250 V DB	7	35	84	112	168	2 x 168

x) Bei Turbowedchselrichter für 3000 VA ist die Belastung in 2 Kreise je 1500 VA aufzuteilen.

100

100
100
100
100