

Leitfaden für die R- und C-Bemessung

Der Austausch von Widerständen und Kondensatoren bei der Empfänger Instandsetzung / 3. Teil

Elektrolytkondensatoren

An allen Stellen des Rundfunkgerätes, an denen man größere Kapazitäten benötigt, also in erster Linie in den Glättungsfiltern der Netzanschlußgeräte und in Rückkopplungsstufen sowie zur Überbrückung von Kathodenwiderständen, sind die früher dort üblichen Papierkondensatoren heute weitgehend durch Elektrolytkondensatoren verdrängt worden, die bei gleicher Kapazität einen weitaus geringeren Raumbedarf aufweisen. Im inneren Aufbau der Elektrolytkondensatoren bestehen verschiedene grundlegende Unterschiede gegenüber dem Papierkondensator und hinsichtlich der Auswahl der Betriebsspannung trifft das gleiche zu, weshalb wir die Elektrolytkondensatoren hier getrennt behandeln.

Bei der Prüfung oder Messung in die Augen fallende Eigenschaften des Elektrolytkondensators sind folgende: Im Gegensatz zu einem einwandfreien Papierkondensator, der einen nach Hunderten von Megohm pro Mikrofarad messenden Isolationswiderstand bei Messung mit Gleichstrom aufweist, fließt durch den einwandfreien Elektrolytkondensator bei angelegter Betriebsgleichspannung ein Reststrom, der zwischen etwa 0,01 - 0,02 mA/µF bei 15 V Betriebsspannung und ca. 0,35 mA/µF bei 650 V Betriebsspannung liegt, was also Isolationswiderständen entspricht, die zwei Größenordnungen niedriger liegen als die von Papierkondensatoren. Außerdem sind bei der Messung von Elektrolytkondensatoren an normalen Wechselstrom-Meßbrücken, ohne Verlustwinkelkompensation, nur sehr unscharfe Minima zu erhalten, was auf einen gegenüber Papierkondensatoren erheblich höheren Verlustwinkel des Elektrolytkondensators hindeutet. In der Tat haben Elektrolytkondensatoren Dämpfungswerte (Tangens delta gleich Verlustwiderstand, dividiert durch den kapazitiven Widerstand, $\tan \delta = R/R_c$) zwischen etwa 0,01 und 0,5 gegenüber 0,004 bis 0,006 bei Papierkondensatoren (gemessen bei 50 Hz). Schließlich nimmt die Kapazität bei Elektrolytkondensatoren mit zunehmender Frequenz ab.

Eine weitere Eigenschaft, die oben bereits erwähnt wurde, ist die gegenüber Papierkondensatoren große Raumkapazität, bzw. der sehr geringe Raumbedarf bei gleicher Kapazität und Betriebsspannung. Und noch rein äußerlich: bei Elektrolytkondensatoren wird nie eine Prüfspannung angegeben, wohl aber eine Betriebs- und eine Spitzenspannung; ferner ist normalerweise beim Elektrolytkondensator vorgeschrieben, welche Belegung an den Pluspol der anzuschaltenden Gleichspannung zu legen ist, er muß also richtig gepolt werden (von den ungepolten Ausführungen abgesehen, die es auch gibt). Das deutet schon darauf hin, daß man den Elektrolytkondensator nicht an reiner Wechselspannung verwenden dürfen. Mit Ausnahme von der Anschaltung an eine Wechselstrom-Meßbrücke, die mit möglichst niedriger Spannung arbeiten soll (etwa 1..1,5 V) zwecks Messung der Kapazität und evtl. des Verlustwinkels, die nicht länger als 15 Sekunden dauern soll, trifft das auch zu, wenigstens für diejenigen Kondensatortypen, die in der Rundfunktechnik üblich sind. Die ungepolten Ausführungen werden verwendet, wo man nicht unter allen Umständen eine richtige Polung gewährleisten kann, z. B. in der Siebkette von Gleichstrom-Netzanschlußempfängern, die keine Gleichrichterröhre aufweisen, also auch von All-Stromempfängern, bei denen für Gleichstrombetrieb die Gleichrichterröhre durch Umschaltung außer Betrieb gesetzt wird.

Das sind im großen und ganzen Äußerlichkeiten, die aber durch den völlig abweichenden Aufbau und die Wirkungsweise des Elektrolytkondensators bedingt sind. Stellt man eine Aluminiumelektrode und eine Elektrode aus beliebigem Metall in einer bestimmten Elektrolytflüssigkeit einander gegenüber und verbindet das Aluminium mit dem Pluspol einer Gleichspannungsquelle, die andere Elektrode mit dem Minuspol, so tritt eine Zersetzung des Elektrolyten auf. In deren Verlauf bildet sich mehr oder weniger schnell eine sehr dünne Aluminiumoxydschicht auf der Anode (Aluminium) und der durch die Flüssigkeit fließende Strom sinkt auf einen geringen Reststrom ab. Die Oxydschicht wirkt dann als Dielektrikum und man mißt zwischen den Anschlußklemmen eine im Verhältnis zu der verwendeten Aluminiumoberfläche recht beträchtliche Kapazität, die bei hoher angelegter Gleichspannung (Formierspannung) geringer ist als bei niedriger. Holt man den Kondensator um, so wird die Oxydschicht ebenso schnell zerstört, wie sie entstand, und wenn die andere Elektrode ebenfalls aus Aluminium besteht, bildet sich nun auf ihrer Oberfläche eine Oxydschicht usf. Bei der schnellen „Umpolung“, die eine angelegte Wechselspannung hervorruft, bleibt für eine gewisse Zeit (oben waren als Maximum 15 Sekunden genannt worden) der ursprüngliche Formierungszustand bestehen, bei länger einwirkender Wechselspannung wird aber eine Beeinflussung bewirkt.

Bei passender konstruktiver Ausgestaltung kann man den Elektrolytkondensator gleich in der ursprünglichen Form verwenden. Das sind die sehr weitverbreiteten „nassen“ Elektrolytkondensatoren, bei denen der Elektrolyt meist in einen Aluminiumbecher eingefüllt ist, während durch einen Isolator die die Oxydschicht tragende Alu-

miniumelektrode innen gehalten wird. Um eine möglichst große Kapazität auf gegebenem Räume unterbringen zu können, verwendet man oft komplizierte Körper, die eine sehr große Oberfläche aufweisen, und rauht deren Oberfläche zudem noch durch chemische Mittel (Ätzen) auf. Es gibt jedoch noch eine andere Ausführungsform: Verwendet man bei dem oben geschilderten Formierungsprozeß eine Aluminiumfolie, blank oder aufgerauht, so kann man diese hernach mit der fest auf ihr haftenden Oxydschicht aus dem Bad nehmen und sie zusammen mit einem elektrolytgetränkten Gewebe- oder Papierstreifen an Stelle des flüssigen Elektrolyten und einer zweiten, nicht formierten Aluminiumfolie an Stelle des vorher verwendeten Metallbeckers aufrollen, wie die Folien eines Papier-Wickelpapierkondensators, und den Wickel dann in einem Hartpapierröhrchen unterbringen und dieses beiderseits mit Isoliermasse vergießen, nachdem entsprechende Anschlußdrähte angebracht sind. So gelangt man zu den sogenannten „Trockenelektrolytkondensatoren“. Verwendet man hier zwei formierte Folien statt nur einer einzigen, so bekommt man einen „ungepolten“ Kondensator, dessen Hauptanwendungsgebiet im Rundfunkbereich oben bereits gekennzeichnet wurde.

Das Absinken der Kapazität bei steigender Frequenz ist an den Stellen, an denen man im Rundfunkgerät Elektrolytkondensatoren verwendet, normalerweise bedeutungslos, denn im Netzteil und in Rückkopplungsstufen handelt es sich in erster Linie um 50 oder 100 Hz, bei Überbrückungskondensatoren von Kathodenwiderständen darum, daß bei der fraglichen Frequenz der Wechselstromwiderstand des Kondensators hinreichend klein gegenüber dem ohmschen Widerstand bleibt, was infolge des Absinkens des Wechselstromwiderstandes mit steigender Frequenz ja trotz der Kapazitätsverminderung noch erfüllt wird. Kritisch ist lediglich eine Stelle im Empfänger, nämlich der Kondensator, der etwa den Kathodenwiderstand eines Anodengleichrichters oder einer Doppel-Zweipol-Dreipol- oder -Fünfpolröhre überbrückt, wenn bei letzterer der Kondensator einen Hochfrequenzkreis schließt (Regelspannungsgleichrichtung mit verzögertem Einsatz). In diesen Fällen fließt nämlich außer der Tonfrequenz auch noch Hochfrequenz durch den Kondensator. Bei der Instandsetzung von Geräten darf man daher beispielsweise einen etwa parallel zum Elektrolytkondensator geschalteten Papierkondensator geringer Kapazität nicht außer acht lassen oder etwa einen ursprünglich vorhandenen, defekt gewordenen Papierkondensator durch einen Elektrolytkondensator ersetzen. Im letzteren Falle ist es empfehlenswert, einen 10- oder 20-nF-Papierkondensator auf jeden Fall parallel zu schalten.

Betriebsspannung und Spitzenspannung

Nicht ganz einfach ist die richtige Auswahl der Betriebsspannung und Kapazität der Elektrolytkondensatoren, die — wie im Netzteil eines Empfängers für Wechselstromnetzanschluß — mit einer mehr oder weniger großen Welligkeit der Gleichspannung arbeiten. Zunächst ist zu berücksichtigen, was die Ausdrücke „Betriebsspannung“ und „Spitzenspannung“ bei einem Elektrolytkondensator besagen. Als Betriebsspannung bezeichnet man die höchste, im Betriebe dauernd vorkommende Spannung, die der Kondensator aushält. Bei Anlegen einer Wellenspannung ist das also die Summe der mittleren Gleichspannung und der Amplitude (1) der überlagerten Wechselspannung. Dabei muß man berücksichtigen, daß keinesfalls eine zu knappe Bemessung erfolgen darf, denn man muß ja u. a. mit Überspannungen des Lichtnetzes rechnen. Weiter ist zu berücksichtigen, daß man nicht den Anteil der Wechselspannung an der mittleren Gleichspannung beliebig hoch wählen darf. Vielmehr geben die Hersteller von Elektrolytkondensatoren dafür folgende Werte an:

Scheitelwert der überlagerten Wechselspannung in Prozent der aufgedruckten Betriebsspannung (ungünstigster zulässiger Wert):

	800 Hz 100 Hz 50 Hz		
	10 Hz	30 % 25 %	42 % 35 %
bis 35 V	max. 50 µF		
bis 15 V	max. 50 µF		
über 15 V bis 35 V	max. 5000 µF	15 %	21 %
über 35 V bis 70 V	max. 1500 µF	10 %	14 %
über 70 V bis 100 V	max. 200 µF	10 %	14 %
über 100 V		10 %	14 %

Wie gesagt sind das die ungünstigsten Werte; für gewöhnlich wird man möglichst weit unter ihnen bleiben. Manche Hersteller geben dafür gleichfalls Zahlenwerte an, die im Interesse der Sicherheit unter denjenigen der obestehenden Tabelle liegen.

Die bei Elektrolytkondensatoren angegebene Spitzenspannung darf in keinem Fall, auch nicht kurzzeitig, überschritten werden und darf höchstens bis zu einer Minute auftreten (z. B. beim Anheizevorgang von Rundfunkgeräten). Sie ist der Scheitelwert der maximalen Spannung.

Derjenige Kondensator, der die höchste Welligkeitsspannung auszuhalten hat, ist im Wechselstrom-

Netzanschlußempfänger der Ladekondensator des Netzgleichrichters (bei Einweggleichrichtung). Bei Vollweggleichrichtung wird die Welligkeit bekanntlich geringer. Man kann die effektive Welligkeitsspannung sehr einfach überschlägig berechnen, und zwar für Einweggleichrichtung zu 4,5 mal Strom in mA dividiert durch Kapazität in µF, bei Vollweggleichrichtung zu 2,1 mal Strom in mA dividiert durch Kapazität in µF. Der Scheitelwert ergibt sich durch Multiplikation der so erhaltenen Effektivwerte mit 1,415.

Ein paar Beispiele mögen veranschaulichen, wie man bei der Rechnung vorgeht, die immer dann vorgenommen werden muß, wenn man sich beim Auswechseln eines Ladekondensators gegen einen anderen im Zweifel ist. Es sei ein Einweggleichrichter vorhanden, bei dem die Transformatorspannung im ungünstigsten Fall 250 V_{eff} beträgt, also ca. 353 V Scheitel. Der Gleichrichter möge 40 mA liefern, die Ladekapazität betrage 8 µF. Dann ist die Welligkeitsspannung $\frac{4,5 \times 40}{8} = 22,5$ V_{eff} oder 31,1 V Scheitel.

Die Endröhre des Gerätes sei direkt geheizt, so daß also praktisch beim Einschalten gleich die volle Belastung am Gleichrichter liegt. Die Gleichspannung am Ladekondensator ist dann etwa 260 V und die höchste Momentanspannung liegt um 31,1 V darüber, also bei 291,1 V. Man wird also geneigt sein, einen für 300 V Betriebsspannung dimensionierten Kondensator zu verwenden. Nach der oben gegebenen Tabelle könnte man ihm 14% von 300V, also 42 V_{sch} überlagerter Wechselspannung zumuten, immerhin käme man dem zulässigen Höchstwert damit schon bedenklich nahe, wird es also vorziehen, eine Betriebsspannung von 350 V zu wählen.

Noch ein zweites Beispiel: Ein Vollweggleichrichter soll 100 mA liefern, die Kapazität sei 32 µF, dann errechnet man also eine Welligkeitsspannung von 6 V_{eff} oder 8,5 V_{sch}. Die gleichgerichtete Spannung ist 300 V, im Höchstfall treten als Scheitelwert (Spitzenspannung!) 425 V auf. Man kommt also in diesem Fall mit einem Kondensatortyp von 400/450 V aus. Während bei Papierkondensatoren für gewöhnlich ein Defektwerden des Dielektrikums und damit erhebliche Verminderung des Isolationswiderstandes (bis zum unmittelbaren Kurzschluß) das Ende der Lebensdauer bedeutet, kommen derartige Defekte bei Elektrolytkondensatoren seltener vor, weil sich beim momentanen überschreiten der Spitzenspannung sofort wieder an einer Durchschlagstelle eine neue Oxydschicht bildet. Entsprechend dem inneren Aufbau des Elektrolytkondensators kommt aber ein anderer Fehler bei ihm häufiger vor. Der größere Verlustwinkel des Elektrolytkondensators, von dem weiter oben schon die Rede war, hat seine Ursache in erster Linie darin, daß gewissermaßen in Serie mit der eigentlichen Kapazität ja noch der Widerstand der Elektrolytflüssigkeit zwischen Dielektrikum (Oxydschicht) und Kathode (negativem Außenanschluß) vorhanden ist. Insbesondere bei den Trockenelektrolytkondensatoren ist die im Papier oder Gewebe aufgesaugte Elektrolytmenge beschränkt und trocknet im Laufe der Zeit aus. Bei minderwertigen Fabrikaten und wenn der Kondensator der Wärme einwirkung benachbarter Röhren oder hochbelasteter Widerstände ausgesetzt ist, erfolgt das Austrocknen schneller als bei richtiger Anbringung und hochwertigen Kondensatoren. Hand in Hand mit dem Austrocknen geht ein erhebliches Anwachsen des Verlustwinkels, so daß schließlich der Elektrolytkondensator „seine Kapazität verliert“, weil der Serienwiderstand zu groß wird. Die Messung des Verlustwinkels kann in einfachster Weise in der Meßbrücke erfolgen (vgl. z. B. FUNKSCHAU 1943, Heft 1, S. 9/10), indem man einen entsprechenden Regelwiderstand mit dem Kapazitätsnormal in Serie schaltet. Bei der Kapazitätsmessung mit einer kleinen Wechselspannung und einem Wechselstromvolt- oder -milliampere-meter zeigt der Kondensator mit zu hohem Verlust eine viel zu geringe oder gar keine Kapazität.

Beim Auswechseln von Kondensatoren zu beachten!

Abschließend sei zu der Technik des Auswechselns von Kondensatoren noch folgendes bemerkt: Alle Kondensatoren in reinen Niederfrequenzkreisen bedürfen hinsichtlich der Länge und Lage, der Anschlußleitungen oder Lage der Erdungspunkte kaum besonderer Vorsicht. Bei Tonfrequenzkreisen wird man die „heißen“ Zuleitungen verschiedener Stufen nicht zu nahe aneinanderbringen um unerwünschte Kopplungen zu vermeiden. Länge der Leitungen und Lage der Erdungspunkte ist dann auch hier meist unwesentlich. Aufmerksamkeit hingegen verdienen alle Kondensatoren in Hochfrequenzkreisen, insbesondere auch die Überbrückungskondensatoren, die irgendwelche Kreise für Hochfrequenz schließen. Man muß sich beim Auswechseln die Anschlußpunkte gut merken, um nicht zu lange Leitungen zu bekommen und etwa Verkopplungen über verschiedenen Stromkreisen gemeinsame Teile des Chassis zu bekommen. Daß alle anderen Kondensatoren in Hochfrequenz- und Zwischenfrequenzkreisen mit kürzestmöglichen Leitungen anzuschließen sind, bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Rolf Wigand.

Weitere Teile folgen

Die Schaltung

Empfangsanlage guter Wiedergabe für Ortsempfang und hochfrequenten Drahtfunk

Bild 1 zeigt das Schaltbild eines für besonders gute Wiedergabe entwickelten Empfängers. Im Eingang befindet sich eine Fünfpolröhre AF 7. Das Hochfrequenz-Signal gelangt über die mit induktiver Ankopplung versehene Spule an das Gitter der AF 7. Um eine Übersteuerung der ersten Röhre bei stark einfallendem Sender zu vermeiden, ist der Regler 1 kΩ vorgesehen. Das verstärkte Signal gelangt nun über den zweiten Abstimmkreis (Anodensperkreis) an eine Zweipol-Dreipol-Verbundröhre ABC 1, deren Dreipolssystem zur Sicherstellung einer klirrarmen Gleichrichtung als weiterer Hochfrequenzverstärker benutzt wird. Die nun genügend verstärkte Hochfrequenz-Spannung wird durch die

Bild 3 zeigt den gemessenen Frequenzverlauf der Schaltung. Die Kurve a verläuft praktisch bis 10000 Hz geradlinig. In Kurve b ist der Abfall einmal durch die Langwelle bedingt, denn hier ist es schon schwieriger, einen ausgeglichenen Frequenzgang zu erzielen; die Dämpfungswerte müßten hier größer sein (die Widerstände also je 5 kΩ groß). Ein weiterer Verlust an Höhen tritt durch die Kabel für die Übertragung der Modulation vom Funkhaus zum Sender ein, das gleiche gilt für die vier bei der Messung dazwischen liegenden Drahtfunk-Verstärker, selbst wenn der Abfall des einzelnen Verstärkers nur gering ist.

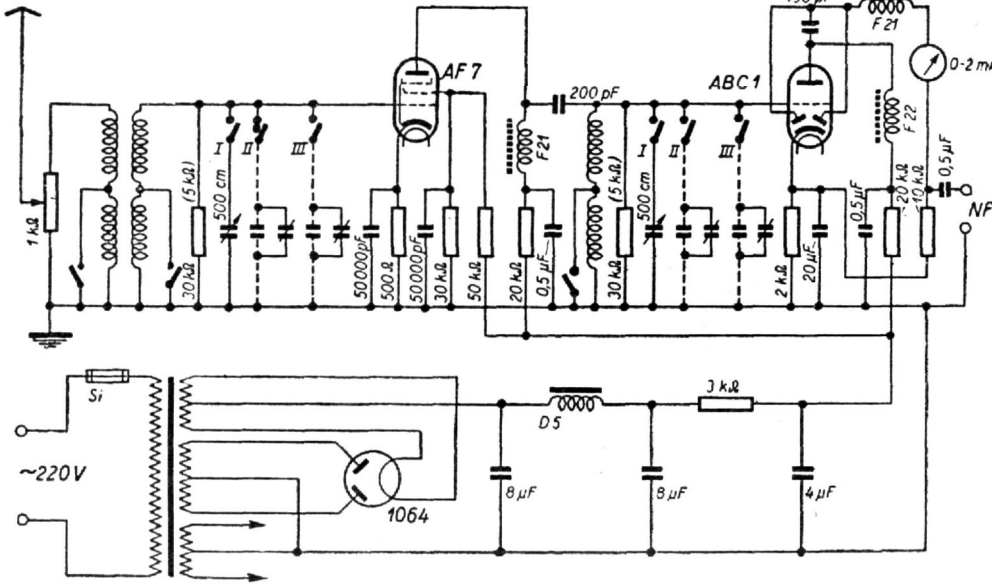


Bild 1. Schaltbild des Empfängers.

Zweipolstrecke gleichgerichtet. Die Gittervorspannung für das Dreipolssystem wird von dem Kathodenwiderstand 2 kΩ mit 20 μF erzeugt. Da die zur Gleichrichtung benutzte Zweipolstrecke keinen Spannungsunterschied zwischen Anode und Kathode aufweisen darf, muß der Ableitwiderstand der Zweipolstrecke mit der Kathode der ABC 1 verbunden werden. Im Kreis der Zweipolstrecke liegt ein Strommesser (0 bis 2 mA); mit ihm kann der Empfänger jeweils auf den günstigsten Zweipol-Röhrenstrom abgestimmt werden; er gewährleistet dadurch einwandfreie Gleichrichtung.

Zur Verbreiterung der Resonanzkurve wurde den beiden Abstimmkreisen je ein Widerstand R₂ und R₄ parallel geschaltet. Dadurch wird erreicht, daß das Gerät, wie aus den Kurven ersichtlich, praktisch bis 10000 Hz geradlinig arbeitet.

Wie im Schaltbild gestrichelt gezeichnet, läßt sich auf einfache Weise eine Drucktasten-Abstimmung einbauen. Taste I schaltet dann die Hand-Abstimmung ein, Taste II und III die sich zur Zeit im Betrieb befindlichen Drahtfunk-Träger.

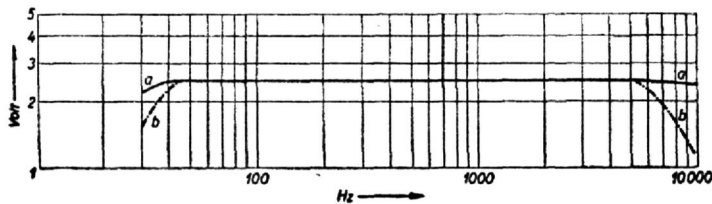


Bild 3. Frequenzverlauf des Empfängers. Kurve a: gemessen mit Hf-Meßgenerator 50...10000 Hz, 30% moduliert, 841 kHz (Berlin), 5 kΩ parallel zum 1. und 2. Kreis. Kurve b: Meßergebnis über Kabel und vier Drahtfunkverstärker.

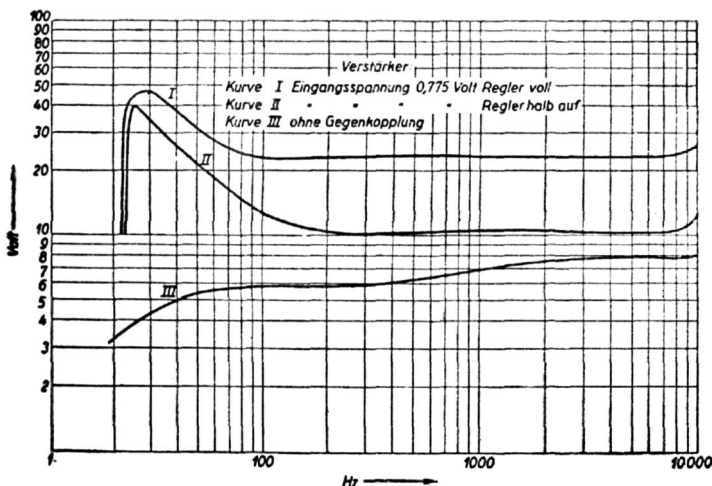


Bild 4. Frequenzverlauf des Verstärkers.

Bild 1 gibt die Schaltung des Verstärkers wieder. Als Eingangsröhre wurde eine AC 2 gewählt; der Eingang ist hochohmig. Der Lautstärkeregler liegt vor der ersten Röhre. Der Kathodenwiderstand zur Erzeugung der Gittervorspannung ist 1 kΩ groß und mit dem Kondensator = 60 μF überbrückt. Die Ankopplung der AC 2 an die Endstufe erfolgt über einen Gegentakt-Eingangstransformator.

Um eine Gleichstrom-Vorbelastung des Transformators zu vermeiden, wird die Niederfrequenzspannung über einen Kondensator an den Transformator herangebracht. Allerdings ist dadurch die Verstärkung etwas geringer, als wenn die Primärwicklung des Transformators in die Anodenleitung der AC 2 gelegt würde; die Maßnahme hat aber den Vorteil, daß die Verzerrungen klein bleiben und somit ein breites Frequenzband gewährleistet wird. Außerdem liegt es in unserer Hand, durch den Resonanzkreis, gebildet aus der Primärwicklung und dem Kondensator 0,1 μF, die tiefen Frequenzen bevorzugt zu übertragen. In der Endstufe kommen zwei Röhren AL 4 in Gegentaktschaltung zur Verwendung. Da sich im Gegentakt die geraden Harmonischen (2, 4 usw.) aufheben und sich die ungeraden Harmonischen addieren, wäre es vorteilhaft, Röhren zu verwenden, welche hauptsächlich die zweite Harmonische aufweisen. Bei diesen Röhren wird dann die Verzerrung, die nur aus der dritten (ungeraden) Harmonischen besteht, sehr gering. Dies wäre also bei Dreipolröhren der Fall. Um aber die vorhandenen guten Transformatoren verwenden zu können, wurden Fünfpolröhren gewählt, obwohl bei den meisten Fünfpolröhren, wenn der Belastungswiderstand gleich $\frac{U_a}{I_a}$ ist, die dritte Harmonische stärker

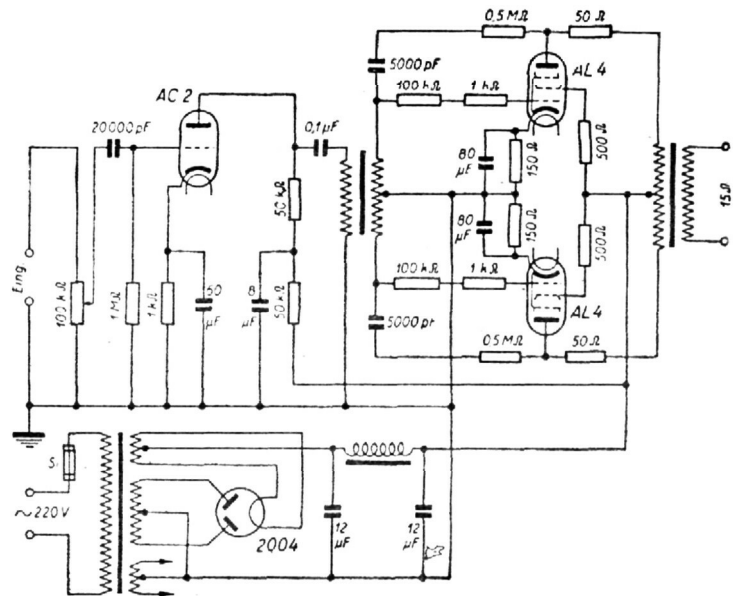


Bild 2. Schaltbild des Verstärkers.

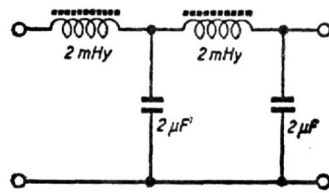


Bild 5. Schaltung des Tiefpasses.

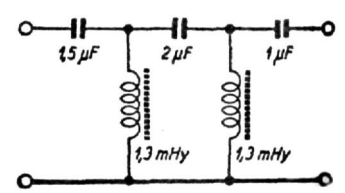


Bild 6. Schaltung des Hochpasses.

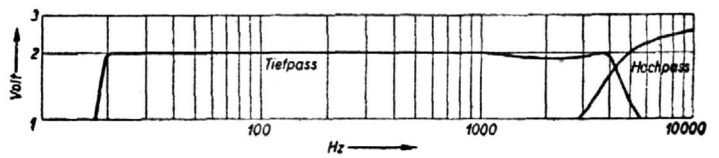


Bild 7. Frequenzverlauf von Tiefpaß und Hochpaß.

als die zweite hervortritt. In Gegentaktstufen mit Fünfpolröhren wird deshalb der Belastungswiderstand je Röhre kleiner als U_a/I_a gewählt, wodurch der Wirkungsgrad der Fünfpolröhre wesentlich günstiger wird. Durch die bevorzugte Übertragung der Höhen, hervorgerufen durch die oben erwähnten nicht kompensierten dritten Harmonischen, ist es gut, von der Gegenkopplung Gebrauch zu machen. Die Leistung des Verstärkers ist ja groß genug und es kann daher ohne Bedenken die verstärkungsmindernde Gegenkopplung angewandt werden. Im vorliegenden Fall wird ein Teil der Anodenwechselspannung über die Kondensatoren 5000 pF und außerdem über die Widerstände an die Gitter der beiden AL 4 zurückgeführt. Durch diese Kombination ist es möglich, den Frequenzgang des Verstärkers auszugleichen, wie aus den Kurven Bild 4 zu ersehen ist. Zur Vermeidung von UKW-Schwingungen, zu welchen ja bekanntlich Fünfpol-Endröhren neigen, dienen außer den Hf-Sieb-Widerständen in der Gitterleitung

Widerstände in den Anoden- und Schirmgitterleitungen, und zwar vor der Anode 50 bis 100 Ω , vor dem Schirmgitter etwa 500 bis 1000 Ω . Es ist darauf zu achten, daß diese Widerstände direkt an den Röhrenfassungen angebracht werden. Um nun auch das vom Verstärker gelieferte Frequenzband voll auszunutzen, ist es notwendig, die abgegebene Leistung auf mehrere Lautsprecher aufzuteilen, da ein normaler Lautsprecher bis jetzt noch nicht in der Lage ist, Frequenzen von etwa 30 bis 10000 Hz wiederzugeben. Stehen mehrere Lautsprecher, darunter Tief- und Hochtonmodelle, zur Verfügung, so läßt sich damit das gesamte vom Verstärker abgegebene Frequenzband wiedergeben. Sind die Kurven der betreffenden Lautsprecher bekannt, so lassen sich durch sogenannte Tief- und Hochpaßfilter die den verschiedenen Lautsprechern zugeordneten Frequenzen günstig aufteilen (Bild 5 bis 7). K. Tränkle.

Genormte Kraftverstärker

Übertragungsanlagen für Musik und Sprache, insbesondere zur Durchsage von Kommandos und Meldungen haben in letzter Zeit eine so große Bedeutung und Verbreitung gefunden, daß es zweckmäßig erscheinen mußte, die Herstellung ihrer Bauteile und ihren gesamten Aufbau so wirtschaftlich wie möglich zu gestalten. Dazu war es insbesondere nötig, ihre wichtigsten Bestandteile, nämlich die Kraftverstärker, in Konstruktion und Leistung sowie hinsichtlich ihrer wichtigen elektrischen Werte einheitlich auszurichten. Die frühere Vielzahl der Ausführungen soll allmählich durch eine Reihe von „Normenverstärkern“ ersetzt werden, deren Leistungen mit 25, 75, 250 und 750 Watt so abgestimmt sind, daß man mit ihnen praktisch jeden Bedarf befriedigen kann. Sie haben, was besonders wichtig ist, eine einheitliche Ausgangsspannung von 100 Volt, so daß man sie in beliebiger Zahl zusammenschalten und an sie die ebenfalls vereinheitlichten Lautsprecher in beliebiger Wahl anschließen kann. Der Aufbau einer Lautsprecheranlage wäre damit ähnlich einfach wie der einer Lichtanlage, an die man ja auch Glühlampen in beliebiger Zusammenstellung anzuschließen vermag. Insbesondere braucht ein vorübergehend abgeschalteter Lautsprecher nicht mehr durch einen Widerstand entsprechenden Wertes ersetzt zu werden.

In den Vereinbarungen, die zur Schaffung dieser Kraftverstärker geführt haben, ist insbesondere auch die Frequenzkurve festgelegt, und zwar dahingehend, daß die Verstärkung im Bereich zwischen 50 und 10000 Hz von dem Wert bei 800 Hz um nicht mehr als $\pm 0,25$ Neper abweichen darf. Es würde sich also etwa die im Bild 1 dargestellte Kurve ergeben. In die Siemens-Verstärker ist, über diese Festlegung hinausgehend, noch ein Fächerentzerrer eingebaut, der es im Rahmen der ebenfalls im Bild 1 eingezeichneten Kurven ermöglicht, die Höhen oder Tiefen zu heben bzw. zu senken. Damit ist die Möglichkeit gegeben, den Verstärker den verschiedensten akustischen Raumverhältnissen anzupassen. Für die Einstellung dieses Entzerrers sind neben dem Lautstärkeregel zwei weitere Drehknöpfe für die Höhen und Tiefen angeordnet. An weiteren wichtigen elektrischen Werten, die vereinheitlicht sind, sei insbesondere der Klirrgrad erwähnt, da von seiner Größe die Güte der Wiedergabe in hohem Maße abhängt; er soll bei jeder Aussteuerung bis zur Nennleistung bei 800 Hz höchstens 5% betragen und bei 60 und bei 4000 Hz möglichst unter 10% bleiben. Diese Werte sind so klein, daß die Wiedergabe auch von Musik als sehr gut zu bezeichnen ist. Die Fremdspeisung, der Effektivwert der gesamten Ausgangsspannung bei kurzgeschlossenem Eingang, ist bei jeder Reglerstellung immer als 100 mV. Es ist nur ein Verstärkereingang vorhanden, wobei der Eingangswiderstand 100 k Ω \pm 25% beträgt. Auch der Regelbereich des Verstärkereglers ist festgelegt und soll mindestens 100:1 betragen.

Wie schon erwähnt, beträgt die Wechselspannung am Ausgang bei Nennleistung 100 Volt. Dieser Wert darf bei Leerlauf auf höchstens 130 Volt ansteigen. Die Normenverstärker sind im allgemeinen an die Netzspannungen 110, 125, 220 und 240 Volt anzuschließen, wobei zugestanden wird, daß die größten Typen von 250 und 750 Watt nur für den Anschluß an 110 und 220 Volt bemessen zu sein brauchen.

Diese Verstärker sind für den Einbau in Gestelle bestimmt. Sämtliche Normenverstärker haben die gleichen Längenmaße, lediglich die 250- und 750-Watt-Verstärker haben die doppelte Höhe. Die dargestellten Verstärker haben Schraubanschlüsse, je-

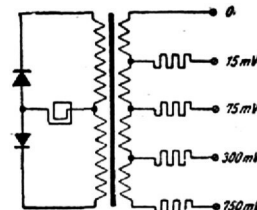
doch gibt es auch Ausführungen mit Messerkontakten, die mit einem Handgriff auszuwechseln sind. Durch diese Bauformen ist erreicht, daß man die Verstärker auf kleinstem Raum in beliebiger Zusammenstellung in „Gestellen“ vereinigen kann. Die Erstellung einer Übertragungsanlage ist dadurch wesentlich erleichtert und kann ähnlich einfach wie die einer sonstigen elektrischen Anlage von Arbeitskräften üblicher Vorbildung durchgeführt werden. Ing. Walter Jaekel.

Das Meßgerät

Millivoltmeter mit Gleichrichter und Wandler für Netz- und Tonfrequenz

Die Bemühungen, einen Wechselspannungsmesser mit eingebautem Gleichrichter auch für sehr kleine Spannungen — d. h. für Spannungen von weniger als 1 Volt möglichst bis herunter zu einigen Millivolt zu bauen, haben durch die Zusammenschaltung eines Drehspulsystems mit einem Trockengleichrichter und einem Wandler zum Erfolg geführt. Ein Trockengleichrichter läßt sich nämlich nicht unmittelbar für das Messen so kleiner Spannungen verwenden; deshalb wird ein Wandler dazu benutzt, um die Spannung auf den für die einwandfreie Messung erforderlichen Wert zu erhöhen. Wie Bild 1 zeigt, ist der Gleichrichter im Gegentakt geschaltet; die der Temperaturabhängigkeit und Alterung des Gleichrichterwiderstandes entgegenwirkenden Vorschaltwiderstände sind, um die Belastung des Wandlers so klein wie möglich zu halten, auf der Primärseite angeordnet. Daraus ergibt sich zwar die Notwendigkeit, für jeden Meßbereich einen eigenen Vorschaltwiderstand einzubauen; man kann so aber die einzelnen Bereiche besser abgleichen, und man beschränkt die Belastung des Wandlers jetzt auf die reine Meßleistung, kann ihn also sehr klein dimensionieren. Bei der Wahl der Vorschaltwiderstände, die auch im Interesse einer Linearisierung der an sich wegen der Gleichrichter-kennlinie quadratischen Skalenteilung notwendig sind, muß im übrigen darauf geachtet werden, sie nicht beliebig hoch zu wählen, um den Eigenverbrauch niedrig zu halten; diese Bedingung wurde eingehalten, und trotzdem war es möglich, die aus Bild 2 ersichtliche, sehr gleichmäßig geteilte Skala zu erhalten, die nur im Anfang etwas gedrängt ausgefallen ist. Die Vorschaltwiderstände würden im übrigen so bemessen, daß sie auf allen Meßbereichen die gleiche linearisierende Wirkung ausüben, so daß dieselbe Skala für alle vier Bereiche gilt. Die Deckung der Skalen setzt nämlich voraus, daß in allen Bereichen die gleiche Scheinleistung aufgenommen wird bzw. daß die aufgenommenen Ströme den angelegten Spannungen umgekehrt proportional sind.

Das Millivoltmeter ist mit den Meßbereichen 15, 75, 300 und 750 mA ausgestattet. Die aufgenommene Scheinleistung beträgt bei allen vier Bereichen rund 140 μ VA, während die weiteren Eigenschaften aus der zum Schluß wiedergegebenen Tabelle hervorgehen. Der Temperaturfehler bleibt unter $\pm 1,5\%$, da dem Temperatureinfluß des Gleichrichters die Temperatureinhängigkeit der verhältnismäßig hohen Wandlerwicklungen entgegenwirkt. Der Frequenzfehler



Links: Bild 1. Schaltung des Millivoltmeters mit Trockengleichrichter und Wandler.

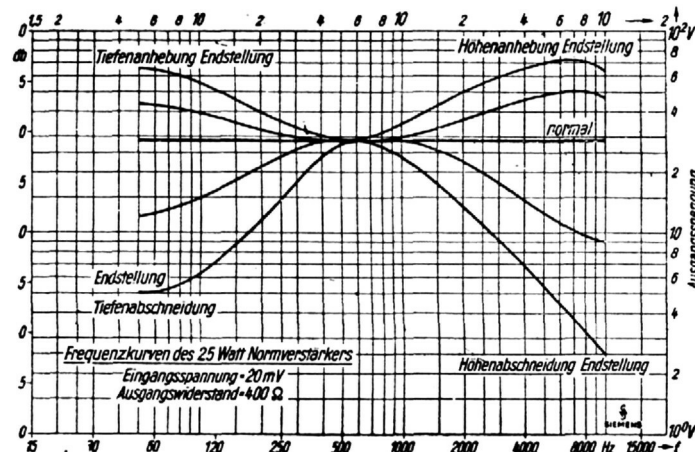
Werkbilder - AEG (2)

Unten: Bild 2. Millivoltmeter mit Trockengleichrichter u. Wandler



des bei 50 Hz geeichten Meßgerätes bleibt zwischen 40 und 80 Hz unter $\pm 1,5\%$, um innerhalb des Bereiches 30 bis 10000 Hz nicht über $\pm 3\%$ anzusteigen. Das Millivoltmeter ist infolgedessen für technische Frequenzen und bei etwas geringeren Ansprüchen an die Meßgenauigkeit für Tonfrequenzen geeignet.

Meßbereich mV	Stromaufnahme bei Endauschlag mA	Eingangswiderstand bei Endauschlag Ω
15	rd. 9,3	rd. 1,6
75	rd. 1,9	rd. 40
300	rd. 0,47	rd. 640
750	rd. 0,19	rd. 4000



Links: Bild 1. Frequenzkurve des Normenverstärkers.

Werkbild - Siemens (1)

An die Leser der FUNKSCHAU

Um die Während des Druckes in Verlust geratene Nummer 5/6 der FUNKSCHAU so schnell wie möglich ausgeben zu können, haben wir uns eines andersartigen Druckverfahrens bedient, das den Vorteil einer ungleich schnelleren Herstellung besitzt, dafür aber nicht die Sauberkeit verbürgt, die unsere Leser von ihrer Zeitschrift gewohnt sind. Wir bitten, die unvermeidliche Qualitätseinbuße in Kauf zu nehmen; unsere Leser tauschen dafür den Vorteil ein, daß ihnen Heft 5/6 um mindestens einen vollen Monat früher zugeht, als es sonst möglich gewesen wäre.

Schriftleitung u. Verlag der FUNKSCHAU