

9. Messungen an Induktivitäten

Sind von Netz- und NF-Transformatoren die Daten nicht bekannt, so muß man durch Messungen den Wicklungsaufbau feststellen. Bei Netztransformatoren ist das verhältnismäßig einfach. Fast immer ist die Wicklung mit dem größten Ohmschen Widerstand die Anodenwicklung. Sind drei Anschlüsse vorhanden, dann sind die beiden, zwischen denen der höchste Widerstandswert gemessen wird, mit den Anoden der Gleichrichterröhre zu verbinden, der dritte Anschluß ist Wicklungsmitte. Die Wicklungen mit wenig Widerstand sind die Heizwicklungen. Oft sind sie leicht zu bestimmen, da die Heizwicklungen als oberste Lagen gewickelt werden. Die verbleibende Wicklung, meist mit mehreren Anschlüssen, ist die Netzwicklung. Die weitere Prüfung erfolgt nach Anschalten des Transformators an das Netz. Dabei muß darauf geachtet werden, daß bei 220 V Netzspannung die beiden Anschlüsse an das Netz geschaltet werden, die bei der Widerstandsmessung den größten Widerstand hatten. Das Messen der sekundären Spannungen des Transformators soll im Betriebszustand erfolgen. Dabei ist zu prüfen, ob die Netzspannung den Soll-Wert hat.

Besonders wichtig ist das Messen der Heizspannungen; denn die Steilheit der Röhren und deren Lebensdauer hängen von der Heizspannung ab, mit der sie betrieben werden. Viele Transformatoren sind aber mit diesen Spannungen sehr von der Belastung abhängig; ist der Strom, der der Wicklung entnommen wird, größer oder kleiner als der für diesen Transformator vorgesehene, so kann sie erheblich vom Soll-Wert abweichen. Meist ist die Spannung zu niedrig, der Amateur wird dann durch Zuwickeln einiger Windungen die normalen Betriebsdaten herstellen.

An NF- und Ausgangstransformatoren kann der Amateur mit seinen Mitteln keine Qualitätsmessungen durchführen. Er kann auch hier lediglich durch Widerstandsmessungen die verschiedenen Wicklungen bestimmen. Die höherohmige Wicklung ist hier in der Regel die Primärwicklung. Zur Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses wird diese Wicklung an eine bekannte Wechselspannung, z. B. 220 V, geschaltet und mit dem Vielfachmesser die Sekundärspannung gemessen. Aus dieser Messung kann das Übersetzungsverhältnis zur Errechnung des Außenwiderstandes ermittelt werden. Wenn bei einer Primärspannung von 220 V sekundär 5 V gemessen werden, dann ist das Übersetzungsverhältnis 1 : 44, und die Widerstände verhalten sich wie 44^2 , das ist im vorliegenden Falle 1936. Bei einem Röhrenausgangswiderstand von z. B. 7000 Ω muß der sekundäre Widerstand $7000/1936 \approx 3,6 \Omega$ sein. Umgekehrt kann natürlich über diese Übersetzungsmessung geprüft werden, ob ein greifbarer Netztransformator als Mod-Trafo im Sender verwendet werden kann.

Während bei Netz- und NF-Transformatoren für den Amateur die Kenntnis der Induktivität meist nicht von Bedeutung ist, kann diese Größe bei Netzdrosseln interessant sein. Besonders bei Sendernetzgeräten, die oft mit Drosseleingang arbeiten, ist die Kenntnis der Induktivität von Bedeutung. Dabei ist zu beachten, daß die Induktivität der Netzdrossel sehr stark von der Gleichstrom-Vormagnetisierung abhängt. Die Messung der Induktivität erfolgt, wie beschrieben, über eine Blindwiderstandsmessung mit dem Vielfachmesser. Als Meßspannung dürfte meist die Heizspannung von 6,3 bzw. 12,6 V geeignet sein. Die Wechselspannung wird über einen Kondensator von einigen μF , am besten über einen richtig gepolten Elektrolytkondensator, zugeführt, und die Gleichspannung, die nur einige Volt zu betragen braucht, je nach den Daten des Meßobjektes dem Gleichrichter hinter der Siebkette oder aus einem Akkumulator entnommen. Das Messen des Wechselstromwiderstandes und damit der Induktivität muß bei drei oder vier verschiedenen Gleichstrombelastungen vorgenommen werden, um die Änderung der Induktivität durch die Vormagnetisierung kennenzulernen.

Wenn die Änderung der Induktivität groß und dabei die Gesamtinduktivität reichlich ist, kann das Verhalten der Drossel durch Vergrößerung des Luftspaltes im Eisen verbessert werden.

HF-Induktivitäten, soweit es sich dabei um Schwingkreisspulen handelt, werden einfach dadurch bestimmt, daß die Spule mit einem in unserem Zusatzgerät gemessenen Kondensator zusammen-

geschaltet und die Resonanzfrequenz mit dem Grid-Dip-Meter festgestellt wird. Dann kann die Induktivität leicht errechnet werden. Auch hier ist darauf zu achten, daß die Kopplung zwischen Grid-Dip-Meter und Meßkreis so lose ist, daß nur geringe Rückwirkungen auftreten können. Bei der Messung sollte der Kondensator, der der Spule zugeschaltet wird, etwa so groß sein wie die spätere Kreiskapazität. Die Meßfrequenz wird dann auch annähernd mit der späteren Betriebsfrequenz übereinstimmen.

Die Messung anderer Induktivitäten bei Hochfrequenz dürfte sich auf die Messung von HF-Drosseln beschränken. Von einer Drossel wird erwartet, daß sie dem Gleichstrom möglichst keinen und dem Wechselstrom einen möglichst hohen Widerstand entgegensetzt. Die vom Amateur verwendeten Drosseln haben nicht immer in befriedigendem Umfang diese Eigenschaften. Die Messung des Wechselstromwiderstandes außerhalb der vorgesehenen Verwendungsstelle führt nicht mit Sicherheit zu einem befriedigenden Ergebnis, da die Anordnung in der Schaltung die Wirksamkeit, insbesondere die Lage der Resonanzstellen, erheblich beeinflussen kann. Die in den verschiedensten Bauanleitungen immer wieder genannte 2,5-mH-Drossel stellt nicht in jedem Fall die richtige Lösung dar. Besser ist es, sich vorher von der Wirksamkeit der Drossel zu überzeugen. Drosseln sind möglichst in eingebautem Zustand zu prüfen. Bei dieser Prüfung wird lediglich die Wirksamkeit auf allen Bändern festgestellt, das Messen des genauen Sperrwiderstandes kann entfallen. In Bild 17 ist die Prüfung einer HF-Drossel mit unseren Mitteln angegeben. Dem Gitter

der Vorstufe wird über eine Kopplungswicklung vom Grid-Dip-Meter eine kleine HF-Spannung, etwa 0,1 V, zugeführt. Im Anodenkreis liegen die Drossel und ein auf die Eingangsfrequenz abgestimmter Schwingkreis parallel. Die Gittervorspannung zur nächsten Röhre wird über den kleinsten Strommeßbereich unseres Vielfachinstrumentes vom Schleifer eines zwischen Null und etwa minus 30 V geschalteten Potentiometers entnommen. Das Potentiometer wird zweckmäßig vorher mit einem Zeigerknopf und einer Spannungsskala versehen. Ein Potentiometer 0,1 M Ω linear ist hier gut geeignet. Der Vorröhre wird die HF-Spannung zugeführt und mit „P“ der Ausschlag an „I“ zum Verschwinden gebracht. Dann wird der Schwingkreis auf Resonanz gebracht. Die Einstellung von „P“, die bei verstimmttem Kreis bei etwa 0,5 V lag, wird nun auf einen wesentlich höheren Wert ansteigen. Wenn die zugeführte HF-Spannung bei allen 5 Kurzwellenbändern gleich groß gehalten wird, was mit dem Tastkopf an der Katode zu messen, leicht zu verwirklichen ist, dann sollten die an „P“ einzustellenden Vorspannungen etwa den gleichen Wert haben. Hat die Drossel bei einem Band ein sogenanntes „Loch“, dann ist das deutlich an der erheblich geringeren Kompensationsspannung, die an „P“ einzustellen ist, zu erkennen. Es ist aber zu beachten, daß die Kreiswiderstände bei 10 m erheblich geringer sind als bei 80 m und daher die Aufschaukelung der HF-Spannung kleiner ist. Das erkennt man beim Messen daran, daß die Einstellung an „P“ bei jedem höheren Band etwas nach Null zu gedreht werden muß. Da nun aber ein Unsicherheitsfaktor, entweder Drossel oder Kreis, in die Messung gekommen ist, wird eine Kontrolle durchgeführt. Man schaltet beim Messen an Stelle des abgestimmten Schwingkreises einen Widerstand von 50 k Ω . Soll die Drossel auf allen Bändern einen hohen Sperrwiderstand aufweisen, so müssen bei gleichen Eingangsspannungen auf allen 5 Bändern die Einstellungen an „P“ konstant bleiben. Bei dieser Messung kann auch gelegentlich ein Fehler am Schwingkreis festgestellt werden. Wenn bei der Messung mit Schwingkreis wesentlich weniger Vorspannung an „P“ eingestellt werden muß als beim Messen mit dem 50-k Ω -Widerstand, dann sollte der Resonanzwiderstand des Kreises überschlägig berechnet werden. Das ist: Blindwiderstand von „C“ bei der Arbeitsfrequenz mal Güte. Die Güte können wir mit 100 ansetzen und den Blindwiderstand einer Tabelle entnehmen. Bei 10 m und einer Kreiskapazität von 50 pF ist z. B. der Blindwiderstand des Kondensators etwa 110 Ω mal der Güte, das ergibt als Resonanzwiderstand 11 000 Ω . Bei 80 m und 150 pF sind das

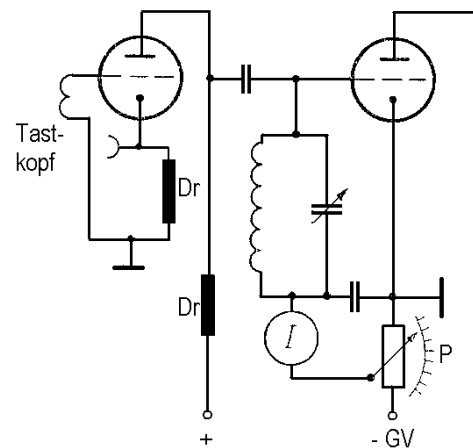


Bild 17. Schaltung zur Messung an HF-Drosseln und Schwingkreisen

etwa 29 000 Ω . Im allgemeinen liegt die Güte der Kreise bei 80 m um 120 und bei 10 m um 75, so daß die hier genannten Kreiswiderstände zwischen 10 k Ω und 35 k Ω liegen. Im gleichen Verhältnis dürfen maximal die Streuungen der Meßwerte liegen. Sind sie größer, dann sind die Kreise nicht in Ordnung.

Die Prüfung der Drossel in der Senderendstufe erfolgt über eine Wirkungsgradmessung. Die Anodeneingangsleistung der Endstufe ist aus der Anodenspannung und der Anzeige des Anodenstrominstrumentes bekannt. Nach der bei der Leistungsmessung beschriebenen fotometrischen Methode wird die Ausgangsleistung, der „output“, bestimmt und mit diesen beiden Werten der Wirkungsgrad nachgerechnet.

Dabei ist auf optimale Auskopplung der HF-Energie zu achten, d. h., das Gerät muß auf größte Helligkeit der Lämpchen eingestellt werden. Grobe Fehler an der Drossel sind bereits bei kurzem Durchschalten der Bereiche an der oft bei gleichbleibender Eingangsleistung sehr unterschiedlichen Ausgangsleistung zu erkennen. Neben einer erheblichen Leistungseinbuße führt eine schlechte Drossel zu einem „Durchgreifen“ des Nullpotentials und damit zu einer kapazitiven Verstimmung des Tankkreises.

10. Messungen an Schwingkreisen

Die Messungen an Schwingkreisen sind, außer dem Messen der Resonanzfrequenz, im wesentlichen Spulenmessungen. Sie wurden bereits in Abschnitt 9 beschrieben. Jetzt ist nur noch die Messung der Güte darzustellen. Es gibt dazu mehrere Meßverfahren. Wir weisen jedoch nur auf die dem Amateur möglichen Messungen hin. Zum Vergleich ähnlicher Spulen untereinander und für überschlägige Messungen eignet sich gut die Anordnung nach Bild 18.

Zwei Kondensatoren mit wenig Verlusten werden in Serie geschaltet. Das Kapazitätsverhältnis soll bei etwa 1:100 liegen. In Bild 18 sind 52 pF und 6 nF angegeben. Da im vorliegenden Beispiel mit dem obenbeschriebenen Meßkopf, der eine Eingangskapazität von 8 pF hat, gemessen wurde, und diese 8 pF beim Messen parallelgeschaltet sind, ergibt sich, wie gefordert, ein Kreiskapazitätsverhältnis von 1:100. An U_1 wird über zwei oder drei Kopplungswindungen aus dem Grid-Dip-Meter eine HF-Spannung entnommen, die bei Resonanz 0,5 oder 1 V betragen soll. Die beiden Spannungen U_1 und U_2 werden gemessen und ins Verhältnis gesetzt. Die auf diese Art gemessenen Gütewerte liegen bei 30 bis 50, im 80-m-Band auch bei 80. Durch die Belastung des Schwingkreises mit dem Meßkopf werden zu niedrige Gütewerte gemessen. Die Größe dieses Fehlers kann der Amateur mit Hilfe einer Vergleichsspule bekannter Güte - z. B. einer keramischen Spule von Hescho mit aufgebrannter Wicklung - bestimmen. Bei 45 mm Dmr. und 20 μ H hat sie im 80-m-Band eine Güte von 150. Wenn wir an dieser Spule mit unserer Anordnung eine Güte von 75 messen, dann dürfen wir annehmen, daß auch bei den anderen Messungen in diesem Frequenzbereich der Meßfehler bei 50 Prozent liegt. Eine entsprechende Korrektur ist damit möglich. Da die Güte einer Spule sehr stark von der Betriebsfrequenz abhängt, hat die Gütemessung mehr einen qualitativen Wert und sollte immer bei der Arbeitsfrequenz erfolgen. Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber vielen industriellen Gütefaktormeßbrücken liegt darin, daß bei der Betriebsfrequenz gemessen wird. Bereits mit dieser einfachen Methode lassen sich Vergleichsmessungen an verschiedenen Spulen durchführen. Es ist gut zu erkennen, um wieviel z. B. bei 80 m ein mit HF-Litze bewickelter Haspelkern besser ist als ein einfacher mit Lackdraht bewickelter Spulenkörper mit nur einer HF-Eisenschraube zum Abgleich. Selbst bei 10 m kann noch sehr gut der Einfluß des Eisenkerns auf die Güte festgestellt werden. Mit dieser Kenntnis und mit den verfügbaren Mitteln können optimale Kreise gebaut werden.

Auch bei dieser Messung ist auf eine gute Erdung zu achten. Besonders wichtig ist eine kurze Verbindung vom Erdpunkt des Kreises direkt zur Hülse des Meßkopfes. Da durch Anschalten des Meßkopfes eine Verstimmung auftritt, muß am Grid-Dip-Meter nachgestimmt werden. Wird U_2

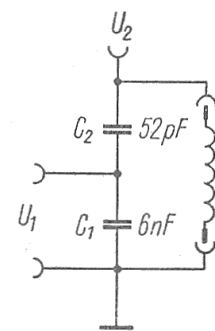


Bild 18.
Schaltung zur
Messung der
Spulengüte

gemessen, dann ist die Resonanz am höchsten Ausschlag des Meßkopfinstrumentes zu erkennen. Wird an U_1 gemessen, dann geht am Grid-Dip-Meter der Zeigerausschlag zurück.

Wie bereits gesagt, wird das Meßergebnis durch die Belastung des Meßkreises mit dem Meßkopf gefälscht. Sind genaue Meßwerte erforderlich, dann kann der Meßkreis nach Bild 18 in eine Schaltung nach Bild 17 an Stelle des dort gezeichneten Schwingkreises geschaltet werden. Der Kopplungskondensator wird abgeschaltet und die Spannung U_1 von der Katode der Vorröhre abgegriffen. Damit dort HF-Spannung zur Verfügung steht, wird zwischen Katode und Null eine HF-Drossel geschaltet. Die Anode der Vorröhre wird über einen Kondensator von 1000 pF gegen Erde HF-mäßig kurzgeschlossen. Mit dem Tastkopf wird die Spannung an der Katode gemessen und mit „P“ die Gegenspannung so lange vergrößert, bis der Ausschlag an „I“ gerade verschwindet. Bei dieser Kompensationsmessung wird der Kreis durch den Meßvorgang nicht bedämpft, und die Anzeige bleibt richtig. Auch hier ist vor der Messung die Kapazität am Gitter der Meßröhre festzustellen und von C_2 abzuziehen. Es ist vorteilhaft für C_2 , einen kleinen Drehkondensator zu nehmen, der auf das gewünschte Übersetzungsverhältnis eingestellt wird. Bei anderen Übersetzungsverhältnissen muß darauf geachtet werden, daß C_1 gegen C_2 groß bleibt, damit nicht auch dort Korrekturen der Kapazität vorgenommen werden müssen.

Grundsätzlich läßt sich die Güte des Kreises auch aus der Änderung von U_2 bei Änderung der Frequenz von U_1 ermitteln. Dazu ist erforderlich, daß die der Vorstufe zugeführte Frequenz sich mit 1% Genauigkeit einstellen und ablesen läßt. Da diese Bedingung, außer bei dem Steuersender unserer Anlage, kaum sichergestellt ist, wird wohl die hier beschriebene Anordnung zur Gütemessung herangezogen werden.

Ist die Güte ungefähr bekannt, dann lassen sich alle anderen Betriebswerte im Kreis, wie Blindströme, Verlustleistungen usw., rechnerisch ermitteln. Ein Messen dieser Werte ist daher nicht mehr erforderlich.

Nach der zuletzt beschriebenen Methode (s. Bild 17) lassen sich auch Kopplungsgrade von Spulen messen (s. Bild 19). Diese Messung kommt besonders beim Abgleich von Bandfiltern vor. Dem Kreiskondensator auf einer der beiden Bandfilterseiten wird ein Kondensator von etwa 1000 pF in Serie geschaltet. Parallel zu diesem Kondensator werden einige Windungen Draht zur Ankopplung an das Grid-Dip-Meter angeschaltet. Außerdem werden den Kreisen die anoden- bzw. gitterseitigen Schaltkapazitäten für die Dauer der Messung zugeschaltet, damit sich später nach dem Einbau die gemessenen Werte wieder einstellen. Jetzt wird der Anschluß bei U_3 über 1000 pF verstimmt und, nachdem das Grid-Dip-Meter auf die Sollfrequenz eingestellt wurde, die Spannung an U_2 gemessen.

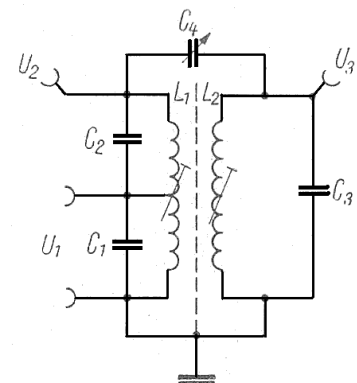


Bild 19. Schaltung zur Messung an Bandfiltern

Durch Nachstellen des Eisenkerns in L_1 wird auf die höchste Spannung und damit auf Resonanz eingestellt. Dann wird der gleiche Vorgang am anderen Kreis wiederholt, nachdem dort der Verstimmungskondensator von 1000 pF auf die eben gemessene Seite gelegt wurde. Auch hier wird der Kern in L_2 so lange verstellt, bis an U_3 die höchste Spannung gemessen wird. Dann kann auf der Primärseite der Verstimmungskondensator entfernt werden. Bei einer vorher bereits überschlägig bestimmten Kopplungskapazität, auf die der Trimmer C_4 eingestellt wird, mißt man nun die Spannung an U_3 . Bei dieser Messung wird an dem Grid-Dip-Meter die Frequenz langsam um ± 5 Prozent von der Sollfrequenz geändert. Ist nur ein Spannungsmaximum festzustellen, dann kann C_4 weiter hereingedreht werden. Der gesamte Meß- und Einstellvorgang ist mit Anschaltung des Verstimmungskondensators usw. zu wiederholen. Nachdem die vorgesehene Kopplung erreicht ist, können auch die Ersatzkapazitäten für die Anoden- bzw. Gitterkapazitäten entfernt werden. Nach dem Einbau sind je nach der Qualität unserer Arbeit mehr oder weniger Nachstimmungen erforderlich. Ist die Kopplung ohne C_4 bereits zu fest, dann wird durch ein Abschirmblech zwischen den Spulen der gewünschte Koppelgrad hergestellt.