

BESCHREIBUNG

GÜTE-MESSGERÄT

Type QVH

BN 3672

Anmerkung: Wir bitten, bei technischen Anfragen, insbesondere bei einer Anforderung von Ersatzteilen, außer der Type und Bestellnummer (BN) immer auch die Fabrikationsnummer (FNr.) des Gerätes anzugeben.

Ausgabe 3672 A/662

Inhaltsübersicht

1.	Eigenschaften	3
2.	Anwendung	5
3.	Inbetriebnahme und Bedienung	6
3.1.	Einstellen der mechanischen Instrument-Nullpunkte	6
3.2.	Einstellen auf die gegebene Netzspannung und Einschalten	6
3.3.	Einstellen des elektrischen Nullpunktes am großen Instrument	6
3.4.	Nacheichen des kleinen Instrumentes	6
3.5.	Einstellen der Erregerspannung U_1	7
3.6.	Einstellen der Meßfrequenz	7
3.7.	Einstellen der Meßkreiskapazität	7
3.8.	Anschließen einer nicht abgeschirmten Spule	8
3.9.	Anschließen einer abgeschirmten Spule	8
3.10.	Gütebereicheinstellung und Güteablesung	9
3.11.	Güte-Messung	9
3.11.1.	Korrektur des gemessenen Gütewertes	9
3.12.	Induktivitätsmessung	11
3.13.	Kapazitätsmessung	11
3.14.	Messen der Eigenkapazität von Spulen	12
3.15.	Messen des Verlustfaktors von Kondensatoren	12
4.	Arbeitsweise und Aufbau	13
4.1.	Meßprinzip	13
4.2.	Sender	13
4.3.	Kristall-Diodenvoltmeter	14
4.4.	Meßkreiskapazität	15
4.5.	Resonanzspannungsmesser	15
4.6.	Netzteil	15
4.7.	Äußerer Aufbau	16
5.	Röhrenwechsel	16
6.	Schaltteilliste	17
	Garantieverpflichtung	20
	Stromlauf zum QVH	

1. Eigenschaften

Güte-Meßbereich	5 . . . 600
3fach unterteilt	5 . . . 60/180/600
Fehlergrenzen	$\pm 7\%$ vom Endwert
Frequenzbereich	50 kHz . . . 30 MHz
6fach unterteilt	0,05 . . . 0,15/0,5/1,5/5/15/30 MHz
Meßkreis Kapazität	50 . . . 12 000 pF
Drehkondensator	50 . . . 1000 pF
Stufenkondensator	11 x 1000 pF
L-Bereich	1 μ H . . . 100 mH
Meßkreis-Eigeninduktivität	etwa 0,037 μ H
Meßkreis-Reihenwiderstand	$< 0,3 \Omega$
Netzanschluß	115/125/220/235 V, 47 . . . 63 Hz, 35 VA
Bestückung	1 Röhre EB 41 1 Röhre ECC 40 1 Röhre EL 41 1 Röhre EZ 80 1 Stabilisator 150 C 1 1 Skalenlampe RL 161 1 Zwergglühlampe RL 210 1 Schmelzeinsatz 0,6 C DIN 41571
Abmessungen	470 x 275 x 260 mm (R&S-Normkasten Größe 46)
Gewicht	15 kg

2. Anwendung

Das Güte-Meßgerät Type QVH dient zur direkten Messung des Gütefaktors von Hochfrequenz-Spulen. Die verhältnismäßig sehr große, von 50 ... 12 000 pF stufenlos einstellbare Meßkreiskapazität gestattet es, die elektrischen Eigenschaften einer Spule in einem großen Frequenzbereich (bis 1 : 15) zu untersuchen. Dank der direkten Ablesbarkeit des Gütewertes ist zur Aufnahme einer Gütekurve nur eine relativ kurze Meßzeit erforderlich.

Außerdem kann mit dem QVH bei Ausführung einfacher Differenzmessungen der Verlustfaktor und die Kapazität von Kondensatoren im Bereich von 0 ... 10 000 pF sowie die Eigenkapazität und der Induktivitätswert von Spulen im Bereich von 0,5 μ H ... 10 mH gemessen werden. Damit ist man auch in der Lage, den Resonanzwiderstand ganzer Schwingkreise im jeweils interessierenden Frequenzgebiet zu ermitteln.

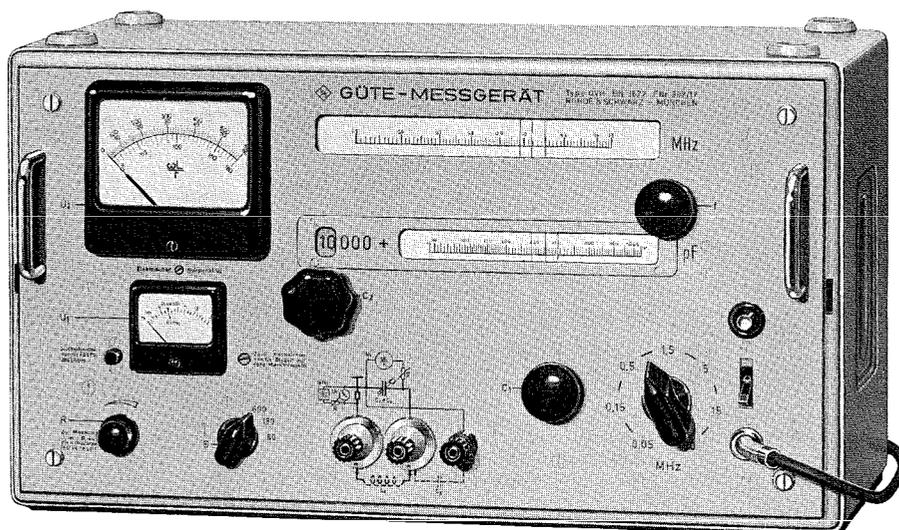


Bild 1. GÜTE-MESSGERÄT Type QVH

Verlustfaktormessungen sind auch an festen und flüssigen Isolierstoffen ausführbar, wenn hierzu geeignete Einspannvorrichtungen bzw. Behälter zur Verfügung stehen. Messungen dieser Art können insofern von besonderem Interesse sein, weil sie mit dem QVH bei verhältnismäßig hohen Frequenzen möglich sind.

3. Inbetriebnahme und Bedienung

3.1. Einstellen der mechanischen Instrument-Nullpunkte

Bei ausgeschaltetem Gerät müssen die Zeiger der beiden Instrumente auf dem mechanischen Nullpunkt stehen. Zur Korrektur dienen die in den Instrumentgehäusen eingelassenen Schlitzachsen.

3.2. Einstellen auf die gegebene Netzspannung und Einschalten

Ab Werk ist das Gerät für 220 V Netzspannung eingestellt. Zur Umstellung für 115, 125 oder 235 V muß man zunächst am linken und rechten Rand der Frontplatte die Zylinderkopfschrauben lösen und das Gerät aus dem Gehäuse ziehen. Dann kann man auf dem Spannungswähler das mit der gegebenen Netzspannung bezeichnete Federnpaar mit einer geeigneten Sicherung überbrücken. Die für 220 V eingesetzte 600-mA-Sicherung (0,6 C DIN 41571) ist auch für 235 V geeignet. Für 115 oder 125 V muß eine 1,6-A-Sicherung (1,6 D DIN 41571) eingesetzt werden. Nun kann das Gerät wieder eingebaut, an das Netz angeschlossen und an der Frontplatte rechts unten mit dem Kippschalter eingeschaltet werden. Durch das über dem Netzschalter eingebaute Glimmlämpchen wird der Einschaltzustand angezeigt.

3.3. Einstellen des elektrischen Nullpunktes am großen Instrument

Nach einer Einlaufzeit von wenigen Minuten überprüfe man die elektrische Nullpunkteinstellung des großen Instrumentes. Der elektrische Nullpunkt ist mit dem mechanischen identisch. Eine Unstimmigkeit in der Einstellung kann durch Drehen der unterhalb des Instrumentes zugänglichen Schlitzachse korrigiert werden.

3.4. Nacheichen des kleinen Instrumentes

Zum Nacheichen des kleinen Instrumentes, das die Erregerspannung U_1 anzeigt, drückt man die links neben dem Instrument eingebaute Taste und regelt die rechts neben dem Instrument eingelassene Schlitzachse so ein, daß der Zeiger auf der Spitze der roten Marke steht. Es empfiehlt sich, die Eichung von Zeit zu Zeit nachzuprüfen.

3.5. Einstellen der Erregerspannung U_1

Die Erregerspannung ist mit dem Bedienungsknopf links unten regelbar. Sie muß jeweils so eingestellt werden, daß der Zeiger des kleinen Instrumentes auf der Spitze der schwarzen Marke steht. Die Einstellung ist je nach Frequenzbereich mehr oder weniger frequenzabhängig. Für Messungen bei verschiedenen Frequenzen ist es daher erforderlich, nach dem Übergang auf eine andere Frequenz die Erregerspannung nachzuregeln.

Falls trotz ganz aufgedrehtem Amplitudenregler die schwarze Marke nicht erreicht werden kann, muß man auf die Marke „1/2“ einstellen und den abgelesenen Gütewert mit 2 multiplizieren.

3.6. Einstellen der Meßfrequenz

Die Wahl des Frequenzbereiches geschieht mit dem Knopf rechts unten. Von den sechs wählbaren Bereichen ist immer nur die Skala des jeweils eingeschalteten sichtbar. Eine Skalenverwechslung beim Ablesen ist damit ausgeschlossen. Die Feineinstellung auf die gewünschte Frequenz geschieht mit dem Bedienungsknopf rechts oben. Im allgemeinen kommt es bei der Gütemessung auf eine exakte Frequenzeinstellung nicht an. Ist jedoch eine genaue Einstellung erwünscht, so achte man beim Ablesen darauf, daß die beiden Haarstriche des Plexiglaszeigers zur Deckung kommen, um eine parallaxenfreie Ablesung zu gewährleisten.

3.7. Einstellen der Meßkreiskapazität

Die am Gerät von 50 ... 12 000 pF lückenlos einstellbare Meßkreiskapazität $C_2 + C_1$ ist das Abstimmorgan, womit die zu messende Spule bei der gewünschten Meßfrequenz in Resonanz gebracht wird. Die Grenzfrequenzen, innerhalb deren eine Spule L_x untersucht werden kann, ergeben sich aus

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_x (C_1 + C_2)}}$$

Hierin ist C_1 die von 50 ... 1000 pF stufenlos regelbare, an der Linearskala direkt in pF ablesbare Drehkondensator-Kapazität und C_2 die Kapazität der von 0 ... 11 000 pF in Stufen zu 1000 pF dazuschaltbaren C-Dekade. Innere Schaltkapazitäten sind mit eingeeicht. Die Kapazitätseichung bezieht sich auf die zwischen der mittleren und rechten Meßklemme bestehende Kapazität. Hinsichtlich der größten anwendbaren Meßkreiskapazität und der kleinsten meßbaren Spule gelten folgende Einschränkungen:

$$C_{\max} = \frac{1000}{f} \text{ pF bei } Q \leq 600 \text{ und } f = 0,15 \dots 1 \text{ MHz} \quad (f \text{ in MHz})$$

$$C_{\max} = 1000 \text{ pF bei } Q = 600 \text{ und } f = 1 \dots 5 \text{ MHz}$$

$$L_{\min} = 2 \text{ } \mu\text{H} \quad \text{bei } Q = 600 \text{ und } f = 5 \dots 15 \text{ MHz}$$

$$L_{\min} = 0,5 \text{ } \mu\text{H} \quad \text{bei } Q = 600 \text{ und } f = 15 \dots 30 \text{ MHz}$$

Bei einer zu messenden Güte $Q < 600$ ist

$$C'_{\max} = C_{\max} \frac{600}{Q} \quad \text{und} \quad L'_{\min} = L_{\min} \frac{Q}{600}$$

Diese Einschränkungen sind hauptsächlich wegen der (bei der Abstimmung notwendigen) hohen Blindleistung erforderlich. Die Praxis zeigt jedoch, daß trotz dieser Einschränkungen fast alle vorkommenden Fälle innerhalb der Meßbereiche liegen. Der Verlustfaktor von C_1 ist sehr klein; er braucht nur bei hohen Frequenzen (siehe unter 3.11.1. C) berücksichtigt zu werden. Der Verlustfaktor von C_2 beträgt etwa $1,5 \cdot 10^{-4}$ bei $f \leq 1$ MHz.

3.8. Anschließen einer nicht abgeschirmten Spule

Die zu messende Spule wird an die linke und mittlere Meßklemme angeschlossen. Man beachte hierbei, daß der betriebsmäßig auf Erdpotential liegende Spulenanschluß an die linke Klemme gelegt wird. Außerdem soll man dafür sorgen, daß die Spule durch benachbarte Metallmassen, wie z. B. durch die Frontplatte des Gerätes, keine zusätzliche Dämpfung erfährt. Dies gilt insbesondere bei der Messung von Spulen mit großem Streufeld, wie es Luftspulen mit größeren Abmessungen aufweisen. Aus demselben Grund soll man vermeiden, die Spule auf eine Unterlage zu legen, die zusätzliche Verluste bewirkt. Der jeweils erforderliche Mindestabstand zwischen Spule und anderen Teilen ist sehr einfach an dem durch die Fremddämpfung bewirkten Güteverlust zu ermes sen.

3.9. Anschließen einer abgeschirmten Spule

Bei Spulen, die betriebsmäßig z. B. durch ein Winkelblech teilweise oder, wie oft üblich, durch eine Blechhaube vollkommen abgeschirmt sind, soll die Spule selbst wie unter 3.8. beschrieben angeschlossen werden; die Abschirmung dagegen legt man an die rechte Meßklemme. Hierzu muß natürlich eine eventuelle vorhandene Verbindung zwischen einem Spulenanschluß und der Abschirmung aufgetrennt werden. In dieser Meßanordnung werden die normalen Betriebsverhältnisse am besten nachgebildet.

3.10. Gütebereichseinstellung und Güteablesung

Die drei Güte-Meßbereiche 0...60/180/600 sind mit dem Knopf links wählbar. Das in Gütewerten geeichte Instrument hat für die Bereiche 0...60 und 0...600 eine gemeinsame, für den Bereich 0...180 eine eigene Skalenteilung. Beim Abstimmen auf Resonanz schaltet man zunächst auf den höchsten Gütebereich, geht dann nach Bedarf auf einen der kleineren über und stimmt nochmals genau ab. Hierauf kontrolliert man an dem kleinen Instrument noch einmal die Erregerspannung, stellt nötigenfalls genau auf die schwarze Marke ein und liest an dem großen Instrument den Gütefaktor ab.

3.11. Güte-Messung

Der bisher beschriebene Meßvorgang kurz zusammengefaßt:

- | | |
|--|---|
| a) Spule anschließen, | f) ist die angezeigte Güte kleiner als 180, dann auf Bereich 180 bzw. 60 umschalten, |
| b) gewünschte Meßfrequenz einstellen, | |
| c) Erregerspannung auf schwarze Marke einregeln, | g) Resonanzeinstellung verbessern, Erregerspannungsanzeige überprüfen und nötigenfalls auf die schwarze Marke genau nachregeln, |
| d) Gütebereich 600 einschalten, | |
| e) Meßkreiskapazität einstellen, bis großes Instrument höchsten Resonanzausschlag zeigt, | h) Spulengüte ablesen. |

3.11.1. Korrektur des gemessenen Gütewertes

Um die angegebenen Fehlergrenzen nicht zu überschreiten, muß man den gemessenen Gütewert korrigieren:

- A) wenn die erforderliche Meßkreiskapazität $C_1 + C_2$ nicht mindestens 20mal größer ist als die Eigenkapazität C_e der Spule,
- B) wenn bei der Messung einer Güte ≥ 200 die C-Dekade C_2 mitverwendet wird,
- C) wenn die zu messende Spule kleiner als $20 \mu\text{H}$ bzw. die Meßfrequenz größer als 5 MHz ist.

Für den Fall A) lautet die Korrektur:

$$Q_w = Q_g \left(1 + \frac{C_e}{C_1 + C_2} \right)$$

Hierin ist: Q_w = wirkliche Güte; Q_g = gemessene Güte; C_e = Eigenkapazität der Spule, die man nach 3.14. messen kann; und $C_1 + C_2$ = Meßkreiskapazität, wobei natür-

lich nur C_1 von Bedeutung ist, denn bei Einschaltung von C_2 (≥ 1000 pF) erübrigt sich eine Korrektur. Diese Korrektur stellt eine Umrechnung in die Güte des Parallelkreises dar; sie ist nicht durch einen Meßfehler, sondern durch die Güte-Definition bedingt.

Je nach Bauart und Windungszahl haben Spulen eine Eigenkapazität von etwa 2 pF bis etwa 50 pF. Erfahrungsgemäß liegt die Eigenkapazität einer Spule, deren Wicklung auf einem der üblichen Hochfrequenz-Kerne mit drei Wickelfächern mehrlagig aufgebracht ist, bei 5...10 pF. Die Eigenkapazität wird etwa quadratisch mit zunehmender Fächerzahl kleiner. Eine einfache mehrlagige Zylinderspule hat demnach eine wesentlich größere Eigenkapazität. Mißt man beispielsweise an einer Spule mit $L = 200$ μ H und $C_e = 10$ pF bei 1 MHz eine Güte $Q_g = 300$, so benötigt man eine Meßkreiskapazität $C_1 = 125,5$ pF. Die wirkliche Güte beträgt damit

$$Q_w = 300 \left(1 + \frac{10}{125,5} \right) = 324$$

Für den Fall **B**) lautet die Korrektur:

$$Q_w = \frac{1}{\frac{1}{Q_g} - \tan\delta_2 \frac{C_2}{C_1 + C_2}}$$

Hierin ist $\tan\delta_2 \approx 1,5 \cdot 10^{-4}$ der Verlustfaktor von C_2 . Ist die Kapazität C_1 des Drehkondensators sehr klein gegen C_2 , so erhält man

$$Q_w = \frac{1}{\frac{1}{Q_g} - \tan\delta_2}$$

Ohne Korrektur hat man (für $C_1 \ll C_2$) mit einem Fehler $F\% = 100 \cdot Q_g \cdot \tan\delta_2$ zu rechnen; beispielsweise

bei $Q_g =$	100	200	300	400	500	600
Fehler \approx	-1,5	-3,0	-4,5	-6,0	-7,5	-9,0%

Für den Fall **C**) lautet die Korrektur:

$$Q_w = Q_g \frac{\omega L}{\omega L - \frac{2}{300} f Q_g}$$

(Q_w wirkliche Güte, Q_g gemessene Güte, ω in Hertz, L in Henry, f in Megahertz). Diese Korrektur ist bedingt durch den unvermeidbaren, mit der Frequenz ansteigenden Verlustwiderstand der Leitungen und des Drehkondensators im Meßkreis. In der Praxis

haben jedoch Spulen, die kleiner als $20 \mu\text{H}$ sind und die bei Frequenzen über 5 MHz gemessen werden, meist einen Gütewert, daß diese Korrektur unberücksichtigt bleiben kann. Mit $L = 10 \mu\text{H}$, $Q_g = 100$ und $f = 20 \text{ MHz}$ beispielsweise ist der gemessene Gütewert erst um etwa 1% kleiner als der wirkliche.

3.12. Induktivitätsmessung

Der mögliche L-Meßbereich reicht von etwa $1 \mu\text{H}$ bis etwa 100 mH . Die obere Grenze ergibt sich aus der Forderung, daß die Meßkreiskapazität $C_1 + C_2$ möglichst groß sein soll gegen die Eigenkapazität C_e der Spule, um den durch C_e bedingten Meßfehler möglichst klein zu halten. Bei Spulen mit einer größeren Eigenkapazität wähle man daher die Meßkreiskapazität nicht kleiner als etwa 1000 pF . Bei Kurzwellen-Spulen dagegen, deren Eigenkapazität durchweg nur wenige pF beträgt, kann man mit der Meßkreiskapazität bis 50 pF heruntergehen. Angeschlossen wird die zu messende Spule wie für die Gütemessung nach 3.8. bzw. 3.9. und auf Resonanz abgestimmt wird durch Ändern der Frequenz. Die Selbstinduktion erhält man aus

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 (C_1 + C_2)} - L_o$$

Hierbei ist $L_o \approx 0,037 \mu\text{H}$ die innere Selbstinduktion des Gerätes. Diese in Abzug zu bringen ist natürlich nur bei $L_x < 4 \mu\text{H}$ notwendig.

3.13. Kapazitätsmessung

Zum Messen von Kapazitäten benötigt man eine Hilfsspule L_h mit einer Selbstinduktion von etwa $100 \mu\text{H}$. Der C-Meßbereich reicht damit von $0 \dots 100\,000 \text{ pF}$. Diese Hilfsspule wird an die linke und mittlere Meßklemme angeschlossen, die Kapazität an die mittlere und rechte Klemme. Man beachte hierbei, daß der betriebsmäßig auf Erdpotential liegende Kondensatoranschluß an die rechte Meßklemme gelegt wird. Meßvorgang für $C_x \leq 11\,000 \text{ pF}$: a) L_h und C_x anklemmen; C_1 auf 50 pF einstellen; C_2 auf 0 pF schalten und durch Ändern der Frequenz auf Resonanz abstimmen. b) C_x abklemmen und durch Vergrößern der Kapazität C_1 (nötigenfalls auch mit C_2) wieder auf Resonanz abstimmen; dann ist

$$C_x = C_1 + C_2 - 50 \text{ pF}$$

Meßvorgang für $C_x \leq 100\,000 \text{ pF}$: L_h und C_x anschließen; C_1 auf 50 pF einstellen; C_2 auf 0 pF schalten und durch Ändern der Frequenz auf Resonanz abstimmen; dann ist

$$C_x = \frac{1}{\omega^2 L_h} - 50 \text{ pF}$$

3.14. Messen der Eigenkapazität von Spulen

Meßvorgang: Spule nach 3.8. bzw. 3.9. anschließen; C_1 genau auf 1000 pF einstellen; C_2 auf 0 pF schalten; durch Ändern der Frequenz auf Resonanz abstimmen und die eingestellte Frequenz f_A ablesen; C_1 genau auf 50 pF einstellen; durch Erhöhen der Frequenz wieder auf Resonanz abstimmen und die eingestellte Frequenz f_B ablesen; dann ist

$$C_e = 55 \left[20 \left(\frac{f_A}{f_B} \right)^2 - 1 \right]$$

Der maximale Fehler dieser Näherung beträgt +0,5 pF im Bereich 0 ... 50 pF.

3.15. Messen des Verlustfaktors von Kondensatoren

Hierzu benötigt man eine Hilfsspule, die mit der Summe aus innerer ($C_1 + C_2$) und äußerer (C_x) Meßkreis Kapazität bei der gewünschten Meßfrequenz Resonanz ergibt, wobei $C_1 + C_2$ im Interesse der Meßsicherheit möglichst klein zu halten ist. Die Hilfsspule, die eine möglichst hohe Güte aufweisen soll, wird an die linke und mittlere Klemme, der zu messende Kondensator an die mittlere und rechte Klemme angeschlossen.

Der Meßvorgang: a) gewünschte Meßfrequenz einstellen; Hilfsspule und Kondensator anschließen; mit C_1 (nötigenfalls auch mit C_2) auf Resonanz abstimmen und Güte Q_1 ablesen. b) Kondensator abklemmen; $C_1 + C_2$ (um den Kapazitätswert des Kondensators) vergrößern, bis wieder Resonanz hergestellt ist und Güte Q_2 ablesen. Damit erhält man den Verlustfaktor des Kondensators aus

$$\tan \delta_x = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2 \cdot Q_1} \cdot \frac{C_{\max}}{C_{\max} - C_{\min}}$$

Hierbei ist C_{\max} = Meßkreis Kapazität $C_1 + C_2$ ohne Kondensator, C_{\min} = Meßkreis Kapazität $C_1 + C_2$ mit Kondensator. Die inneren Meßkreisverluste (siehe unter 3.11.1.) wurden hierbei nicht berücksichtigt. Demgemäß ist der $\tan \delta$ -Meßbereich bzw. die Meßgenauigkeit nach kleinen $\tan \delta$ -Werten hin begrenzt.

4. Arbeitsweise und Aufbau

4.1. Meßprinzip

Prinzipiell arbeitet das QVH nach dem Quotienten-Verfahren, wobei die als Quotient aus Blind- und Wirkwiderstand definierte Spulengüte

$$Q = \frac{\omega L}{r}$$

unmittelbar angezeigt wird. Bild 2 zeigt die Prinzipschaltung. Die Spule L, deren Güte gemessen werden soll, bildet mit dem Meßkreiscondensator C einen Serienresonanzkreis. Erregt man diesen Kreis an dem sehr niederohmigen Widerstand R6 (0,1 Ω), so tritt an beiden Blindwiderständen eine Resonanzspannung U_2 auf, die Q-mal höher ist als die Erregerspannung U_1 . Das Verhältnis der Spannungen ist somit ein Maß für die Güte der Spule:

$$Q = \frac{U_2}{U_1}$$

Um die dem Spannungsverhältnis entsprechende Güte direkt ablesen zu können, ist der Resonanzspannungsmesser, bezogen auf $U_1 = 0,1 \text{ V}$, in Gütewerten geeicht. Den Güte-

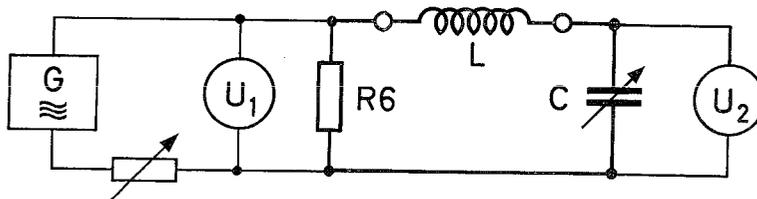


Bild 2. Prinzipschaltung des Güte-Meßgerätes Type QVH

bereichen 0...60/180/600 des QVH entsprechen die Spannungsbereiche $U_2 = 0$ bis 6/18/60 V. Wird die Spannung U_1 auf $\frac{1}{2}$ eingestellt, so ist die abgelesene Güte jeweils mit dem Faktor 2 zu multiplizieren.

4.2. Sender

Der Sender (siehe Stromlauf) besteht im wesentlichen aus der Leistungspentode R61, dem Abstimmkondensator C15 und dem sechsteiligen Spulenrevolver mit den Spulen L1...L6. Der Gesamtfrequenzbereich (0,05...30 MHz) ist in 6 Teilbereiche unterteilt: 0,05...0,15...0,5...1,5...5...15...30 MHz.

In allen Bereichen ist der Klirrfaktor der Hochfrequenz-Spannung möglichst klein gehalten. Die Gefahr, daß der Meßkreis irrtümlicherweise auf eine Oberwelle des Senders abgestimmt und dadurch eine wesentlich kleinere Spulengüte gemessen wird, ist

damit praktisch ausgeschlossen. Außer der kurzweiligsten Spule L6 enthält jede Schwingkreisspule einen Kurzschlußschalter, der sich jeweils nur für die Spule des eingeschalteten Kreises öffnet. Die Entstehung von Schwinglöchern durch die Eigenresonanz nicht eingeschalteter Spulenkreise ist dadurch unmöglich gemacht. Die Einregelung der Senderausgangsspannung auf den für die Güteeichung verbindlichen Sollwert $U_1 = 0,1 \text{ V}$ erfolgt von Hand an R25 durch Ändern der Schirmgitterspannung.

Um störende Kopplungen zwischen Sender und Meßkreis zu unterbinden, ist der ganze Senderteil allseitig gut abgeschirmt. Als Erregerspannung für den Meßkreis ist damit nur die über das Abschirmkabel K1 dem Widerstand R6 zugeführte und vom Kristall-Diodenvoltmeter angezeigte Spannung wirksam.

4.3. Kristall-Diodenvoltmeter

Im Gegensatz zu den meisten Meßgeräten dieser Art, wird in diesem Güte-Meßgerät auch die verhältnismäßig nur kleine Erregerspannung direkt gemessen. Dadurch werden verschiedene Fehlereinflüsse vermieden, die bisher bei ohmscher Sender-Meßkreis-Kopplung z. B. durch die Zusatzdämpfung und Frequenzabhängigkeit des Erregerwiderstandes oder bei kapazitiver Kopplung z. B. durch die Frequenzabhängigkeit des C-Teilers immer mehr oder weniger stark vorhanden waren und meist unkontrollierbar blieben, so daß das Meßergebnis auch nicht korrigiert werden konnte.

Das zur direkten Messung der Erregerspannung eingebaute Kristall-Diodenvoltmeter enthält als Gleichrichter die Kristalldiode G11 und zur Anzeige den $20\text{-}\mu\text{A}$ -Drehspulstrommesser I1. Der einstellbare Arbeitswiderstand R8 ist so bemessen, daß sich mit $0,1 \text{ V}$ Hochfrequenz-Spannung etwa Halbausschlag einstellt. Dieser Ausschlag ist auf der Strommesserskala durch eine schwarze Eichmarke gekennzeichnet und bildet den Bezugspunkt der Güteeichung des Resonanzspannungsmessers.

Da der Gleichrichter bei $0,1 \text{ V}$ Meßspannung im quadratischen Teil seiner Kennlinie arbeitet, können größere Temperaturänderungen eine geringe Änderung der Eichung zur Folge haben. Die Eichung kann jedoch mit Hilfe der im Gerät erzeugten 50-Hz -Eichspannung überprüft werden. Die Eichspannung wird über den Netztransformator bezogen und in einer Brückenschaltung mit Kaltleiter (R11) konstant gehalten. Netzspannungsschwankungen bis $\pm 10\%$ sind so ohne Einfluß auf die Höhe der Eichspannung. Nach Drücken des von der Frontplatte aus bedienbaren Schalterknopfes von S4 tritt an der Abgriffschelle von R28 die Eichspannung auf und erzeugt bei richtiggestellter Eichung im Strommesser I1 einen Ausschlag, der mit einer roten Marke gekennzeichnet ist. Zwangsläufig wird beim Drücken des Nacheichschalters S4 der Sender durch Abschalten der Schirmgitterspannung außer Betrieb gesetzt.

4.4. Meßkreiskapazität

Die eingebaute Meßkreiskapazität (50 ... 12 000 pF) ist gebildet aus dem praktisch verlustfreien, von 50 ... 1000 pF stetig veränderbaren Drehkondensator C1 und den vier sehr verlustarmen Zusatzkondensatoren C25 ... C28, die wahlweise nach der im Stromlauf angegebenen Schaltfolge mittels eines Spezial-Nockenschalters S2 in 11 Stufen zu je 1000 pF dem Drehkondensator parallelgeschaltet werden können. Die jeweils eingestellte Gesamtkapazität der Zusatzkondensatoren ist an der Frontplatte mit C_2 bezeichnet und direkt in Pikofarad ablesbar. In der Kapazitätseichung sind die Schaltkapazitäten mit einbezogen.

4.5. Resonanzspannungsmesser

Der direkt in Gütewerten geeichte Resonanzspannungsmesser besteht aus dem Diodengleichrichter RÖ2 mit nachgeschaltetem Gleichstromverstärker RÖ3 in Brückenschaltung. Zur Meßbereichumschaltung ist dem Diodengleichrichter der dreiteilige kapazitive Kaskaden-Spannungsteiler C29 ... C34 vorgeschaltet. Durch diese Methode der Bereichumschaltung wird zwischen Diodengleichrichter und dem Meßkreiskondensator eine sehr günstige Widerstandstransformation erzielt, d. h., der an sich schon sehr hohe Eingangswiderstand des Diodengleichrichters erscheint mit einem Vielfachen seines Wertes im Meßkreis und hat demzufolge auf den jeweiligen Resonanzwiderstand praktisch keinen Einfluß.

Schwankungen der Anlaufströme der beiden Diodensysteme (RÖ2) und der Anodenströme der beiden Triodensysteme (RÖ3) können durch Ändern der Gittervorspannung des gesteuerten Triodensystems mit dem von der Frontplatte aus bedienbaren Regelwiderstand R14 unschädlich gemacht werden. Eine (bei Röhrenwechsel) eventuell erforderliche Nacheichung des Resonanzspannungsmessers ist mit Hilfe des Regelwiderstandes R20 möglich.

4.6. Netzteil

Der Netzteil ist für die vier Netzwechselfspannungen 115, 125, 220 und 235 V eingerichtet. Zur Erzeugung der Anodenspannung dient die Vollweg-Gleichrichterröhre RÖ4. Während die Anoden- und Schirmgitterspannung für die Senderröhre an der Gleichrichterkatode abgezweigt ist, findet für die Anoden- und Gittervorspannungen der Röhre RÖ3 durch die Röhre RÖ5 eine Stabilisierung statt, wodurch die Konstanz der Eichung und des elektrischen Nullpunktes bei Netzspannungsschwankungen gewährleistet ist.

4.7. Äußerer Aufbau

Das Gehäuse des Gerätes ist aus Stahlblech. Es besitzt links und rechts je einen herausklappbaren Traggriff und als Schutz der Frontplatte (beim Transport) einen aufsetzbaren Stahlblechdeckel. Die vier Näpfehen auf der Oberseite des Gehäuses sind dafür bestimmt, das Abgleiten eines gegebenenfalls darübergestellten Gerätes (mit gleichen Bodenabmessungen) zu verhindern.

5. Röhrenwechsel

Die Senderröhre R01 und die Gleichrichterröhre R04 können ohne weiteres ausgewechselt werden. Dagegen erfordert die Auswechslung der Röhren R02, R03 und R05 eine einfache Nacheichung. Man benötigt hierzu einen Sender, der im Bereich von 50 ... 500 kHz eine Spannung von 6 V abgibt. Vor der Nacheichung empfiehlt es sich, die neuen Röhren etwa ein bis zwei Tage einzubrennen, am einfachsten im Gerät selbst. Dann stellt man die elektrische Nullstellung nach 3.3. richtig, regelt C_1 auf 50 pF, C_2 auf 0, schaltet auf den Gütebereich 60 und legt an die rechte (Masse) und mittlere Meßklemme genau 6 V Spannung. Damit muß das Instrument die Güte 60 anzeigen. Eine Unstimmigkeit der Anzeige kann mit dem hinter der Röhre R05 eingebauten Regler (R20 mit Schlitzachse) richtiggestellt werden.

6. Schalteilliste

(AZ „m“ Nr. 7488)

Kenn- zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 1	Drehkondensator	1000 pF	3672 – 3.22
C 2	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 3	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 4	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 5	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 6	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 7	Keramikkondensator	180 pF	CCH 68/180
C 8	Keramikkondensator	150 pF	CCH 68/150
C 9	Keramikkondensator	39 pF	CCH 68/39
C 10	Keramikkondensator	18 pF	CCG 68/18
C 11	Keramikkondensator	3 pF	CCG 55/3
C 12	Keramikkondensator	3 pF	CCG 55/3
C 13	Keramikkondensator	270 pF	CCH 68/270
C 15	Drehkondensator	600 pF	CD 161/0,5
C 16	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 17	Keramikkondensator	3 pF	CCG 55/3
C 18	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 19	Ker. Df-Kondensator	2000 pF	CFS 2000
C 20	Ker. Df-Kondensator	2000 pF	CFS 2000
C 21	Ker. Df-Kondensator	5000 pF/500 V	CFR 1/5000/500
C 22	Ker. Df-Kondensator	2000 pF	CFS 2000
C 23	MP-Kondensator	16 µF/160 V	CMR 16/160/2
C 24	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 25	Glimmerkondensator	1000 pF ± 0,5%/a	CGT 1000/0,5/2000 E A5
C 26	Glimmerkondensator	3000 pF ± 0,5%/a	CGT 3000/0,5/250 E A5
C 27	Glimmerkondensator	2000 pF ± 0,5%/a	CGT 2000/0,5/2000 E A5
C 28	Glimmerkondensator	5000 pF ± 0,5%/a	CGT 5000/0,5/125 E A5
C 29	Lufttrimmer	4 ... 29 pF	CV 8125
C 30	Keramikkondensator	etwa 3 pF	CCG 11/3
C 31	Keramikkondensator	7 pF	CCG 55/7
C 32	Lufttrimmer	4 ... 29 pF	CV 8125
C 33	Keramikkondensator	4 pF	CCG 55/4
C 34	Lufttrimmer	4 ... 29 pF	CV 8125
C 37	Papierkondensator	1000 pF/1000 V	CPK 1000/1000
C 38	Kf-Kondensator	500 pF/500 V	CKS 500/500

Kenn- zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 39	Papierkondensator	10 000 pF/250 V	CPK 10 000/250
C 40	MP-Kondensator	8 μ F/500 V	CMR 8/500
GI 1	Kristall-Diode		GK 1011 C
I 1	Drehspul-Strommesser	20 μ A	INS 10401 mit Skala nach 3672 - 14
I 2	Drehspul-Strommesser	100 μ A	INS 30112
K 1	Kabel		3672 - 4.16.22
K 2	Anschlußkabel		LKA 08031
L 1	Schwingspule	19,5 mH	3672 - 1.13
L 2	Schwingspule	1,95 mH/90 μ H	3672 - 1.12
L 3	Schwingspule	195 μ H/100 μ H	3672 - 1.11
L 4	Schwingspule	12 μ H/21 μ H	3672 - 1.10
L 5	Schwingspule	1,95 μ H	3672 - 1.9
L 6	Schwingspule	0,75 μ H	3672 - 1.8
L 7	Spule	0,2 μ H	3672 - 1.25
R 1	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,25 W	WF 200 k/0,25
R 2	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,25 W	WF 100 k/0,25
R 3	Schichtwiderstand	500 k Ω /0,5 W	WF 500 k/0,5
R 4	Schichtwiderstand	1,25 k Ω /0,5 W	WF 1,25 k/0,5
R 5	Schichtwiderstand	3 k Ω /2 W	WF 3 k/2
R 6	Widerstand	0,1 Ω	3672 - 4.16.1
R 8	Schicht-Drehwiderstand	5 k Ω lin.	WS 7126/5 k
R 9	Schichtwiderstand	300 Ω /0,25 W	WF 300/0,25
R 10	Schichtwiderstand	10 M Ω /0,5 W	WF 10 M/0,5
R 11	Schichtwiderstand	100 M Ω /1 W	WFS 3/100 M/1
R 12	Schichtwiderstand	50 k Ω /0,5 W	WF 50 k/0,5
R 13	Schichtwiderstand	25 k Ω /1 W	WF 25 k/1
R 14	Draht-Drehwiderstand	1 k Ω lin.	WR 4 F/1 k
R 15	Schichtwiderstand	12,5 k Ω /0,5 W	WF 12,5 k/0,5
R 16	Schichtwiderstand	12,5 k Ω /0,5 W	WF 12,5 k/0,5
R 17	Schichtwiderstand	100 k Ω /1 W	WF 100 k/1
R 18	Schichtwiderstand	100 k Ω /1 W	WF 100 k/1
R 19	Schichtwiderstand	16 k Ω /0,5 W	WF 16 k/0,5
R 20	Schicht-Drehwiderstand	10 k Ω lin.	WS 7122 F/10 k
R 21	Schichtwiderstand	10 M Ω /0,5 W	WF 10 M/0,5

Kenn- zeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R 22	Schichtwiderstand	50 M Ω /1 W	WFS 3/50 M/1
R 23	Schichtwiderstand	8 k Ω /1 W	WF 8 k/1
R 24	Schichtwiderstand	25 k Ω /2 W	WF 25 k/2
R 25	Draht-Drehwiderstand	30 k Ω lin.	WR 20/30 k
R 26	Drahtwiderstand	12,5 k Ω /6 W	WD 12,5 k/6
R 27	Drahtwiderstand	5 k Ω /4 W	WD 5 k/4
R 28	Schicht-Drehwiderstand	100 Ω lin.	WS 7122 F/100
R 29	Schichtwiderstand	Trimmwert	WF .../0,5
R 30	Schichtwiderstand	40 k Ω /1 W	WF 40 k/1
RI 1	Skalenlampe	6 V/0,05 A	RL 161
RI 2	Zwerg-Glimmlampe	220 V, Sockel E 10	RL 210
Rö 1	Pentode		EL 41
Rö 2	Duodiode		EB 41
Rö 3	Duotriode		ECC 40
Rö 4	Vollweg-Gleichrichter		EZ 80
Rö 5	Stabilisator		150 C 1
S 1	Schalttrommel		enth. in 3672 - 1
S 2	Meßschalter		3672 - 3.2
S 3	Meßschalter		3672 - 3.3
S 4	Drucktaste		SR 614/12 (—) 1+1
S 5	Netzschalterkombination		SKK 120
S 6	Spannungswähler		FD 60513
Si 1	Schmelzeinsatz	600 mA (für 220/235 V)	0,6 C DIN 41571
Tr 1	Netztransformator		TN 06301 A

Garantieverpflichtung

Wir übernehmen für Mängel, die in unseren Geräten als Folge von Fertigungs- oder Materialfehlern auftreten,

1 JAHR GARANTIE,

und zwar nach Maßgabe der Ziffer 5 unserer Lieferungs- und Zahlungsbedingungen.

Ein Anspruch auf Wandlung oder Minderung ist ausgeschlossen. Die Gewährleistung geht nach unserer Wahl auf Instandsetzung oder Ersatz des beanstandeten Werkstückes oder Werkstückteiles. Unsere Gewährspflicht wird nur dann ausgelöst, wenn ein Mangel uns unverzüglich, spätestens innerhalb einer Woche nach Kenntnis schriftlich mitgeteilt ist und wenn innerhalb einer Woche nach Aufforderung durch uns das Werkstück frachtfrei an unser Werk abgesandt ist. Die Rückfracht vom Werk geht ebenfalls zu Lasten des Bestellers. Der Ersatz unmittelbaren oder mittelbaren Schadens ist ausgeschlossen. Die Gewährleistung erlischt, wenn von dritter Seite Veränderungen an dem Werkstück vorgenommen werden.

Plomben und Siegel des Gerätes dürfen nicht verletzt sein. Für Röhren, zu denen Sie keine Garantieunterlagen erhielten, übernehmen wir die Garantieverpflichtung. Schadhafte Röhren, für die Ihrer Meinung nach ein Garantieanspruch besteht, wollen Sie uns zur Prüfung desselben einsenden. Dabei bitten wir, unbedingt anzugeben:

Nummer, Datum und Diktatzeichen der Rechnung;

Type und Fertigungsnummer (FNr.) des Gerätes;

Bezeichnung des Röhrenschadens.

ROHDE & SCHWARZ · MÜNCHEN