

BESCHREIBUNG

(2. Exemplar)

C-MESSGERÄT

Type KARU

BN 510

FJ 289

ENGLISH INSTRUCTION BOOK

see page 13

F.Nr. M 1230/171

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 510 A/665 d/e

Printed in Western Germany

Inhaltsübersicht

1. Eigenschaften	3
2. Anwendung	4
3. Inbetriebnahme	4
3.1. Einstellen auf die gegebene Netzspannung und Einschalten	4
3.2. Nullstellung der C-Skala	5
3.3. Anschließen von Kondensatoren	5
4. Bedienung	6
4.1. Messen von Kondensatoren mit $\pm 1\%$ Genauigkeit	6
4.2. Messen mit hoher Genauigkeit mittels Normalkondensator	7
4.3. Abgleichen von Kondensatoren auf $\pm 1\%$ Toleranz	7
4.4. Messen von Kondensatoren größer als $10\ \mu\text{F}$	7
5. Arbeitsweise und Aufbau	8
6. Röhrenwechsel	10
7. Schaltteilliste	11
Stromlauf	25

1. Eigenschaften

Meßbereich	0 ... 10 μ F
unterteilt in 6 Bereiche	0 ... 100/1000/10 000 pF 0,01 ... 0,1/1/10 μ F
Fehlergrenzen	$\pm 1\%$ $\pm 0,5$ pF
Meßfrequenz	175 ... 1,5 kHz
entsprechend obiger Meßbereiche	175 ... 85 kHz 50 ... 15 kHz 85 ... 30 kHz 15 ... 5 kHz 30 ... 10 kHz 5 ... 1,5 kHz
Meßanschlüsse	2 Rändelklemmen (30 mm Abstand, 4 mm Bohrung, eine Klemme liegt an Masse)
Netzanschluß	115/125/220/235 V $\pm 10\%$ 47 ... 63 Hz (10 VA)



Bestückung	1 Röhre 6 H 6 1 Röhre 6 SN 7 1 Zwergglühlampe 220 V 1 Schmelzeinsatz 0,1 CDIN41571 (für 220/235 V Netzspannung)
Abmessungen	286 x 227 x 226 mm (R&S-Normkasten Größe 35)
Gewicht	7 kg

2. Anwendung

Das C-Meßgerät KARU gestattet die direkte Messung der Kapazität von Kondensatoren im Bereich von $0 \dots 10 \mu\text{F}$ mit einer Genauigkeit von $\pm 1\% \pm 0,5 \text{ pF}$ in allen 6 Teilbereichen. Gemessen wird nach dem Resonanzverfahren. Nach erfolgter Abstimmung auf Resonanz ist der Kapazitätswert des zu messenden Kondensators unmittelbar in Piko- oder Mikrofarad ablesbar. Es können z. B. Schaltkapazitäten von wenigen Piko- farad ebenso bequem gemessen werden wie Kondensatoren von einigen Mikrofarad. Dank der verhältnismäßig niedrigen Meßfrequenz (max. 175 kHz) ist auch die Kapazität längerer Kabelstücke sicher meßbar. Innerhalb normaler Grenzen hat der Verlustfaktor des zu messenden Kondensators auf die Meßgenauigkeit keinen Einfluß. Zur Messung von Elektrolytkondensatoren ist das Gerät jedoch nicht geeignet. Hierzu empfehlen wir den Mikrofaradzeiger Type KZT BN 5400 (Meßbereich $0,01 \dots 5000 \mu\text{F}$).

Die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Gerätes KARU ermöglichen dessen Anwendung im Labor oder Prüffeld ebenso wie im rauen Werkstattbetrieb oder bei Montagearbeiten außer Haus. Das Gerät ist in einem stabilen Stahlblechkasten eingebaut und zum Schutz der Frontplatte (beim Transport) mit einem abnehmbaren Stahlblechdeckel ausgerüstet. Im Gegensatz zu Brückenmeßgeräten ist die Bedienung des KARU sehr einfach, so daß auch Anlernkräfte z. B. beim Abgleichen oder Sortieren von Kondensatoren eine hohe Meßgeschwindigkeit erreichen können. Da nur die Skala des jeweils eingeschalteten Meßbereiches sichtbar ist, kann nie versehentlich an einer falschen Skala abgelesen werden. Für die Labor- und Prüffeldtechnik ermöglicht das Gerät auf Grund der scharfen Resonanzanzeige auch die Ausführung sehr genauer Vergleichsmessungen mit einer Sicherheit von etwa 0,1%. Diese Eigenschaft hat z. B. für die Herstellung von Normalkondensatoren oder für die Gleichlauf-Trimmung von Mehrfach-Drehkondensatoren besondere Bedeutung.

3. Inbetriebnahme

3.1. Einstellen auf die gegebene Netzspannung und Einschalten

Ab Werk ist das Gerät auf 220 V eingestellt. Zur Umstellung auf 115, 125 oder 235 V muß man an den vier Ecken der Frontplatte die Schrauben lösen, das Gerät aus seinem Gehäuse nehmen und auf dem Spannungswähler das mit der gegebenen Spannung bezeichnete Kontaktfedernpaar mit einer passenden Sicherung überbrücken. Für 220 und 235 V ist eine 100-mA-Sicherung vorgesehen. Bei 125 und 115 V ist eine 250-mA-

Sicherung (0,25 C DIN 41571) zu verwenden. Eingeschaltet wird das Gerät mit dem kleinen Kippschalter über der Netzkabeleinführung. Die kleine Glimmlampe über dem Netzschalter dient zur Überwachung des Einschaltzustandes.

3.2. Nullstellung der C-Skala

Diese Einstellung ist nach einer Einlaufzeit von einigen Minuten zu überprüfen und nötigenfalls zu korrigieren; sie ist jedoch nur von Bedeutung für die Messung kleiner Kapazitäten. Bei dieser Einstellung wird die innere Schaltkapazität auf den der C-Eichung zugrunde liegenden Wert gebracht. Hierzu schalte man den Meßbereich 0 bis 100 pF ein, stelle den Skalenzeiger genau auf 0 pF, drehe den Knopf „Anzeige“ zunächst bis zum rechten Anschlag auf und stelle dann die rechts von den Meßklemmen eingelassene Schlitzschraube mit einem Schraubenzieher so ein, daß das Instrument den höchsterzielbaren Ausschlag (Resonanzspitze) zeigt. Hierauf dreht man den Regler „Anzeige“ so weit nach links, daß der Zeigerausschlag im Anzeigebereich „Messen“ liegt und stimmt mit dem Nullstellungs-Trimmer nochmals genau auf Resonanz ab. Beim Durchdrehen der C-Skala muß also die Resonanzanzeige beim Teilstrich 0 pF ein Maximum erreichen. Die Kapazitätseichung gilt hiermit ab Meßklemmen.

3.3 Anschließen von Kondensatoren

Kondensatoren mit Anschlußdrähten klemme man möglichst direkt in die Meßklemmen ein. Beachten muß man hierbei, daß der Erdpol des Kondensators an die mit dem Erdzeichen gekennzeichnete Meßklemme angeschlossen wird. Andernfalls würde die Raum- bzw. Handkapazität mitgemessen und damit insbesondere beim Messen kleiner Kapazitäten ein Meßfehler verursacht. Der Erdpol ist z. B. bei einem Rohrkondensator der äußere Belag, bei Rollkondensatoren die meist mit einem Ring gekennzeichnete Seite und bei normalen Rundfunk-Drehkondensatoren der Rotor.

Bei der Reihemessung kleiner Kondensatoren ist das Einklemmen unbequem und zeitraubend. Man verwendet daher am besten zwei aus hartem versilberten Blech hergestellte Sortierklammern, die in die Meßklemmen eingespannt werden. Diese Klammern stellen jedoch eine Kapazität dar, die bei der genauen Messung kleiner Kapazitäten berücksichtigt werden muß. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen:

Entweder mißt man die Kapazität der Klammern, bevor man das Meßobjekt anschließt, und zieht den Wert dann vom Meßergebnis ab, oder man korrigiert die Nullstellung mit Klammern (wie unter 3.2. beschrieben), dann gilt die Kapazitätseichung ab Klammern.

Sind z. B. bei der Messung eingebauter Kondensatoren zwei Verbindungsdrähte erforderlich, so ist die Korrektur der Nullstellung mit diesen Drähten nach 3.2. nur für eine begrenzte Leitungskapazität möglich. Für den Fall, daß die Kapazitätsregelung des Null-Trimmers nicht ausreicht, ermittelt man den Kapazitätswert des Meßobjektes einschließlich Zuleitungen, mißt dann, ohne die Lage der Zuleitungen zu verändern, deren Eigenkapazität und zieht diesen Wert vom gesamten Kapazitätswert ab.

Beim Messen großer Kondensatoren ist die Verwendung von Zuleitungen mit möglichst kleinem Widerstand erforderlich, um den dadurch zusätzlich bedingten Verlustfaktor möglichst klein zu halten. Zwei Zuleitungsdrähte mit zusammen $1\ \Omega$ Widerstand würden bei der Messung eines Kondensators mit z. B. $1\ \mu\text{F}$ einen zusätzlichen Verlustfaktor von etwa 3% bewirken, und es könnte damit, falls der Verlustfaktor des Kondensators selbst groß ist, auf Grund der geringen Resonanzschärfe eine Einbuße an Meßgenauigkeit die Folge sein.

4. Bedienung

4.1. Messen von Kondensatoren mit $\pm 1\%$ Genauigkeit

Der mit „Anzeige“ beschriftete Empfindlichkeitsregler wird zunächst an den rechten Anschlag gedreht. Das Instrument schlägt hierbei bis zum Beginn des Anzeigebereiches „Messen“ aus. Ist der Kapazitätswert des zu messenden Kondensators bereits annähernd bekannt, so stelle man den Meßbereichschalter auf den entsprechenden Bereich und drehe den Zeiger der C-Skala langsam durch, bis der Instrumentauschlag zunimmt und ein Maximum erreicht hat. Nötigenfalls muß der Regler „Anzeige“ etwas zurückgedreht werden, um auf Maximum, d. h. auf höchsten Resonanzausschlag abstimmen zu können. Am genauesten kann auf die Resonanzkuppe im Anzeigebereich „Messen“ abgestimmt werden. Hierzu ist also der Regler „Anzeige“ bei gleichzeitiger Verbesserung der Resonanzabstimmung entsprechend zurückzudrehen, daß in diesem empfindlichsten Anzeigebereich abgestimmt werden kann. Beim Ablesen des Kapazitätswertes sehe man so auf die Skala, daß die beiden Haarstriche des Zeigers sich decken. Falls der zu messende Kapazitätswert nicht annähernd abschätzbar oder völlig unbekannt ist, so beginne man beim Aufsuchen der Resonanzstelle am besten mit dem ersten Meßbereich $0 \dots 100\ \text{pF}$ (mit der höchsten Meßfrequenz), um beim Messen eines Kondensators mit größerem Verlustfaktor ein irrtümliches Abstimmen auf eine Oberwelle mit Sicherheit zu vermeiden.

4.2. Messen mit hoher Genauigkeit mittels Normalkondensator

Dank der scharfen Resonanzanzeige kann mit Hilfe eines stetig veränderbaren Normalkondensators wesentlich genauer gemessen werden. Das KARU für sich gestattet in den Bereichen von $0 \dots 1 \mu\text{F}$ Vergleichsmessungen mit einer Sicherheit von etwa $\pm 0,1\%$. Es sind hierbei z. B. folgende 2 Methoden anwendbar:

- a) C_x anschließen und am KARU im Anzeigebereich „Messen“ genau auf Resonanz abstimmen;
 C_x durch den Normalkondensator C_N ersetzen und diesen so einstellen, bis wieder genau Resonanz hergestellt ist; dann ist $C_x = C_N$.
- b) Normalkondensator anschließen, an diesem eine Kapazität $C_N > C_x$ einstellen und am KARU genau auf Resonanz abstimmen;
 C_x dem Normalkondensator parallelschalten und an diesem die Kapazität verkleinern, bis das KARU wieder genau Resonanz anzeigt; dann ist $C_x = C_{N\text{max}} - C_{N\text{min}}$.

4.3. Abgleichen von Kondensatoren auf $\pm 1\%$ Toleranz

Zunächst ermittelt man, ob der Kapazitätswert des Kondensators zu klein oder zu groß ist. Dann stellt man am KARU den gewünschten Kapazitätswert genau ein und bewirkt durch Parallelschalten oder Abwickeln (bei Rollkondensatoren) so lange die nötige Kapazitätsänderung, bis am KARU das Ausschlagmaximum erreicht ist. Ist beim Abwickeln der Streifen eine Erwärmung erforderlich, so muß für die endgültige Messung die Wiederabkühlung des Kondensatorwickels abgewartet werden.

Die Kapazitätsverkleinerung an keramischen Röhren-Kondensatoren geschieht z. B. durch Abschaben oder Abschleifen des Belages mit einem geeigneten Schabstahl oder mit einer feinkörnigen, schnell laufenden Schleifscheibe. Beachten muß man hierbei, möglichst scharfe, d. h. nicht fransige Konturen an den geschabten oder geschliffenen Rändern zu erzielen.

4.4. Messen von Kondensatoren größer als $10 \mu\text{F}$

Mit Hilfe eines Kondensators C_h , dessen Kapazität am oberen Ende des größten Meßbereiches $1 \dots 10 \mu\text{F}$ noch direkt meßbar ist, können auch Kondensatoren in der Größe von 10 bis etwa $100 \mu\text{F}$ gemessen werden. Für C_h wählt man am besten einen möglichst verlustarmen Kondensator zu $10 \mu\text{F}$, dann kann C_x auch ein Elektrolytkondensator sein. Bei der Messung wird C_x mit C_h in Reihe geschaltet und die Kapazität C_s dieser

Reihenschaltung ermittelt. Somit erhält man $C_x \approx (C_h \cdot C_s) / (C_h - C_s)$. Mit zunehmendem Wert von C_x nimmt die Meßgenauigkeit jedoch sehr rasch ab. So ist z. B. bei $C_h = 10 \mu F$ ein Kondensator mit $100 \mu F$ nur mehr auf etwa $\pm 10\%$ genau meßbar.

5. Wirkungsweise und Aufbau

Bild 1 zeigt die vereinfachte Schaltung des Gerätes. Dessen Hauptteile sind ein Sender, ein Meßkreis und ein Anzeigeteil. Als Senderöhre dient ein System der Doppel-Triode Röl. Grundsätzlich arbeitet die Schaltung wie folgt: Der zu messende Kondensator C_x bildet mit der im Gerät eingebauten Meßkreisspule L_m einen Parallelschwingkreis, der über die Koppelspule L_k mit der Senderspule L_s lose gekoppelt ist. Die Selbstinduktion von L_m und die Kapazität des Nullstellungs-Kondensators C_{26} (einschließlich Schaltkapazitäten) liegen fest. Verändert man die Frequenz des Senders, bis sie mit der Resonanzfrequenz $f_r = 1/2 \pi \sqrt{L_m (C_x + C_{26})}$ des Meßkreises übereinstimmt, dann ist

$$C_x = \frac{1}{(2 \pi f)^2 L_m} - C_{26}$$

Um C_x nach erfolgter Resonanzabstimmung unmittelbar ablesen zu können, ist die Skala des Sender-Drehkondensators C8 nicht in Frequenzen, sondern unmittelbar in Kapazitätswerten geeicht. Der Trimmer C_{26} dient dazu, den Nullpunkt (im kleinsten Meßbereich) auch mit angeklemmten Zuleitungsdrähten oder mit Meßklammern nachstellen zu können.

Zur Anzeige der Resonanzabstimmung wird die am Meßkreis auftretende Resonanzspannung dem aus den beiden Diodenstrecken von Röl gebildeten Delon-Gleichrichter zugeführt und mit der hierbei am Arbeitswiderstand R8 entstehenden Richtspannung der Anzeigeteil gesteuert. Der Spannungsteiler R1 – R2 – R3 – R4 – R5 ist so eingestellt, daß außerhalb der Resonanzabstimmung bei voll aufgedrehtem Regler „Anzeige“ der Zeiger des Instrumentes nur bis zum Beginn der Marke „Messen“ ausschlägt.

Mit zunehmender Resonanzspannung und (positiver) Richtspannung von R8 am Gitter der Anzeigeröhre steigt deren Anodenstrom innerhalb des Anzeigebereiches „Messen“ erst linear an, nimmt aber dann, da die an R8 auftretende positive Spannung die negative Grundgittervorspannung überkompensiert und einen Gitterstrom hervorruft, innerhalb des Anzeigebereiches „Suchen“ etwa logarithmisch zu. Hierdurch wird in jeder Stellung des Reglers „Anzeige“ ein verhältnismäßig umfangreicher Anzeige-

bereich erfaßt und trotzdem für die genaue Messung eine scharfe Resonanzanzeige erzielt. Für den Fall, daß bei der Abstimmung auf Resonanz (z. B. beim Messen eines sehr verlustarmen Kondensators) der Anzeigebereich nicht ausreicht, braucht man nur die Anzeigeempfindlichkeit durch Zurückdrehen des Reglers „Anzeige“ entsprechend zu verringern, d. h. so weit, daß im Anzeigebereich „Messen“ abgestimmt werden kann.

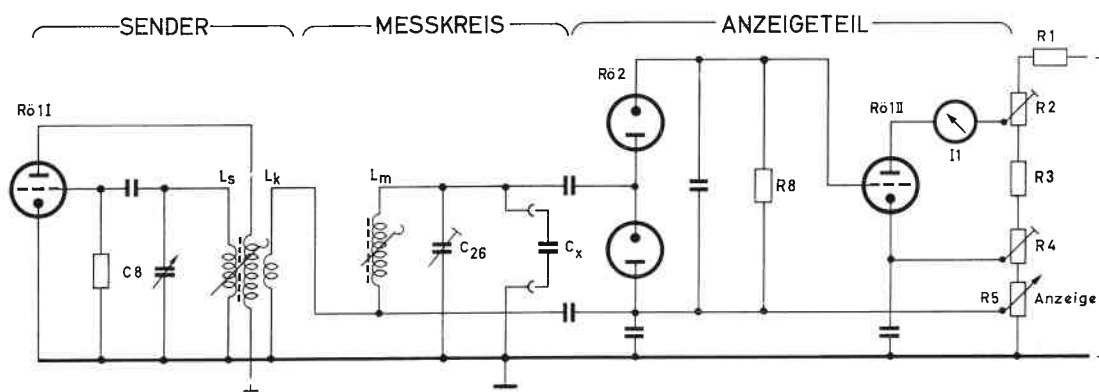


Bild 1. Vereinfachte Schaltung des C-Meßgerätes Type KARU

Für jeden der sechs Kapazitätsmeßbereiche verfügt der Sender über je einen eigenen Schwingkreis. Siehe Stromlauf. Der Umschalter dieser sechs Spulenkreise ist mit einem Schleppschaltersegment ausgerüstet, das die jeweils fünf nicht eingeschalteten Schwingkreise kurzschließt. Die Entstehung von Schwinglöchern durch die Eigenresonanz der nicht eingeschalteten Spulenkreise ist dadurch unmöglich gemacht. Mitnahmeercheinungen zwischen Meßkreis und Sender werden durch lose Ankopplung vermieden. Den sechs Kapazitätsmeßbereichen entsprechen die unter „Eigenschaften“ angegebenen Frequenzbereiche.

Die Meßfrequenz sinkt nicht stetig mit steigender Kapazität von C_x , sondern macht (bei $C_x = 10\,000\text{ pF}$) beim Übergang vom dritten auf den vierten Meßbereich einen Sprung von 10 auf 50 kHz. Hier wird von der Meßkreisspule L7 auf L8 umgeschaltet.

Durch eine Seiltriebkupplung dreht sich die sechsteilige Zylinder-Linearskala zwangsläufig mit dem Meßbereichschalter. Zudem ist an der Frontplatte der Ausschnitt für das Skalenfenster nur so groß gehalten, daß von außen jeweils nur die Skala des eingeschalteten Bereiches sichtbar ist. Die Gefahr einer Bereichsverwechslung ist hiermit ausgeschlossen. Um einen toten Gang in der Zeigereinstellung zu verhindern, ist u. a. der Antrieb des Drehkondensators mit verspannten Zahnrädern ausgerüstet. Parallaxenfreie Ablesbarkeit der Skala gewährleistet der Doppelhaarstrich im Skalenzeiger.

Der Netzteil des Gerätes ist für die vier Netzwechselspannungen 115, 125, 220 und 235 V eingerichtet. Mit Rücksicht auf eine möglichst geringe Wärmeentwicklung im Gerät, d. h. um eine möglichst gute zeitliche Frequenzkonstanz zu erzielen, ist zur Erzeugung der Anodengleichspannung (anstatt einer Röhre) ein Selengleichrichter eingebaut. Durch diese Maßnahme sowie durch Verwendung hochwertiger Hochfrequenz-Bauteile, die zum Teil einer künstlichen Alterung unterzogen sind, ist gewährleistet, daß die Frequenz für eine lange Betriebsdauer auf $\pm 0,5\%$ und damit die Genauigkeit der Kapazitätsmessung auf $\pm 1\%$ eingehalten wird. Die Leistungsaufnahme aus dem Netz beträgt nur etwa 10 VA. So kann man z. B. bei Montagearbeiten außer Haus das Gerät auch über ein kleines Zerkhackeraggregat aus einer Batterie speisen. Die Kurvenform der Speisespannung ist bei Beachtung der Spannungshöhe ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit.

Das Gehäuse des Gerätes ist aus Stahlblech. Es besitzt auf der Oberseite einen aufklappbaren Traggriff und zum Schutz der Frontplatte (beim Transport) einen aufsetzbaren Stahlblechdeckel. Die vier Näpfchen auf der Oberseite sind dafür bestimmt, das Abgleiten eines darübergestellten Gerätes (mit gleichen Bodenabmessungen) zu verhindern.

6. Röhrenwechsel

Nach dem Herausnehmen des Gerätes aus seinem Gehäuse sind die beiden Röhren ohne weiteres zugänglich und können ohne Einfluß auf die Meßgenauigkeit ausgewechselt werden. Nach dem Wechsel der Röhre R01 (6 SN 7) kann es erforderlich sein, den Abgleich des Anzeigeteils so zu korrigieren, daß der Zeiger des Anzeigeelementes etwa bis zum Beginn des Anzeigebereichs „Messen“ ausschlägt, wenn der Regler „Anzeige“ am rechten Anschlag steht.

Für die Korrektur des Abgleichs trenne man die von R7/C22 zum Gitter führende Leitung am Gitter ab und schalte in diese Trennstelle (also zwischen R7 und Gitter) eine Gleichspannungsquelle (z. B. eine Batterie) von 25 V ein, mit dem positiven Pol an das Gitter. Dann drehe man den Regler „Anzeige“ an den rechten Anschlag und stelle mit dem Regler R2 den Ausschlag des Instrumentes auf die Pfeilspitze der Skala. Hierauf nehme man die Gleichspannungsquelle weg, schließe die Gitterleitung wieder an und stelle mit dem Regler R4 den Zeigerausschlag auf den Beginn des Anzeigebereichs „Messen“. Diese beiden Abgleichvorgänge beeinflussen sich gegenseitig. Es ist daher erforderlich, den ganzen Abgleich ein- bis zweimal zu wiederholen. Letzter Abgleich ist der mit R4. Die beiden Regler mit Schlitzachse sind im Innern des Gerätes zugänglich.

7. Schaltteilliste

Kenn- zeichen	Benennung	Wert	R & S-Sach-Nr.
C 1	Kf-Kondensator	10 000 pF/250 V	CKS 10 000/250
C 2	Kf-Kondensator	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 3	Kf-Kondensator	1250 pF/500 V	CKS 1250/500
C 4	Kf-Kondensator	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 5	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 6	Kf-Kondensator	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 7	Kf-Kondensator	500 pF/500 V	CKS 500/500
C 8	Drehkondensator	$\Delta C = 1030 \text{ pF}$	CD 8527
C 9	Keramik-Kondensator	20 pF	CTR 20
C 11	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 12	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 13	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 14	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 15	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 16	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 924
C 17	Keramik-Kondensator	160 pF	CTR 160
C 18	Keramik-Kondensator	30 pF	CTR 30
C 19	MP-Kondensator	4 μF /160 V	CMR 4/160
C 20	Kf-Kondensator	10 000 pF/125 V	CKS 10 000/125
C 21	Kf-Kondensator	10 000 pF/125 V	CKS 10 000/125
C 22	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 23	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 25	Kf-Kondensator	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 26	Luft-Abgleichskondens.	3 ... 13 pF	CV 61110
GI 1	Netzgleichrichter	250 V/30 mA	GNB 14/250/30
I 1	Drehspulstrommesser	1 mA	IP 072/1 mA
K 1	Anschlußkabel		LK 303
L 1	Schwingspule		F 510 - 3.2
L 2	Schwingspule		F 510 - 3.3
L 3	Schwingspule		F 510 - 3.4/1
L 4	Schwingspule		F 510 - 3.5/1
L 5	Schwingspule		F 510 - 3.6/1
L 6	Schwingspule		F 510 - 3.7/1
L 7	Meßkreisspule		F 510 - 3.8/1
L 8	Meßkreisspule		F 510 - 3.9
R 1	Schichtwiderstand	12,5 k Ω /2 W	WF 12,5 k/2
R 2	Schichtdrehwiderstand	2,5 k Ω lin.	WS 9122 F/2,5 k

Kenn- zeichen	Benennung	Wert	R & S-Sach-Nr.
R 3	Schichtwiderstand	1,6 k Ω /0,5 W	WF 1,6 k/0,5
R 4	Drahtdrehwiderstand	1 k Ω lin.	WR 4 F/1 k
R 5	Schichtdrehwiderstand	5 k Ω lin.	WS 7126/5 k
R 6	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,5 W	WF 100 k/0,5
R 7	Schichtwiderstand	5 M Ω /0,5 W	WF 5 M/0,5
R 8	Schichtwiderstand	10 M Ω /0,5 W	WF 10 M/0,5
R 9	Schichtwiderstand	5 M Ω /0,5 W	WF 5 M/0,5
RI 1	Zwergglühlampe	220 V	RL 210
Rö 1	Duo-Triode		6 SN 7
Rö 2	Duo-Diode		6 H 6
S 1	Scheibenschalter		SRN 3351/32
S 2	Umschalter		nach F 510 Bl. 2
S 3	Spannungswähler		FD 603/2
S 4	Kippschalter		SR 122/3
Si 1	Schmelzeinsatz	100 mA	0,1 C DIN 41571
Tr 1	Netztransformator		F 610 – 4.2

INSTRUCTION BOOK

CAPACITANCE METER

Type KARU

BN 510

Note: Always quote the Type and Order Number (BN) in addition to the Serial Number (FNr.) of the set when asking for technical information and, in particular, when ordering repair parts.

Table of Contents

1. Specifications	15
2. Uses	16
3. Preparation for Use	16
3.1 Adapting the Set to the AC Supply and Switching On	16
3.2 Zero-Setting of the Capacitance Scale	17
3.3 Connection of Capacitors	17
4. Operating Instructions	18
4.1 Measuring Capacitors with an Accuracy of $\pm 1\%$	18
4.2 Measuring with High Accuracy by means of a Standard Capacitor	18
4.3 Adjusting Capacitors to a Tolerance of $\pm 1\%$	19
4.4 Measuring Capacitors Larger than $10\mu\text{F}$	19
5. Description	20
6. Replacement of Valves	22
7. Table of Replaceable Parts	23
Circuit Diagram	25

1. Specifications

Measurement range	0 to 10 μ F	
in 6 sub-ranges	0 to 100/1000/10,000 pF 0.01 to 0.1/1/10 μ F	
Accuracy	$\pm 1\%$ ± 0.5 pF	
Measuring frequency	175 to 1.5 kHz	
depending on above ranges	175 to 85 kHz 85 to 30 kHz 30 to 10 kHz	50 to 15 kHz 15 to 5 kHz 5 to 1.5 kHz
Measuring terminals	2 knurled screw terminals (spacing 30 mm, ID of socket 4 mm, one terminal connected to chassis)	
Power supply	115/125/220/235 V $\pm 10\%$ 47 to 63 Hz (10 VA)	



Valves, etc.	1 valve 6 H 6 1 valve 6 SN 7 1 miniature glow lamp 1 0.1-A fuse 0,1 C DIN 41571 (for 220 and 235 V AC supply)
Dimensions	286 x 227 x 226 mm R&S Standard Cabinet 35
Weight	7 kg

2. Uses

The Capacitance Meter Type KARU permits the direct measurement of the capacitance of capacitors in the range 0 to 10 μF , with an accuracy of $\pm 1\%$ ± 0.5 pF in all six ranges. Use is made of the resonance method. With the adjustment to resonance completed, the capacitance value of the capacitor under test can be read directly in micromicrofarads or microfarads. It is possible to measure, e. g., wiring capacitances of a few micromicrofarads as easily as capacitors of a few microfarads. Owing to the relatively low measuring frequency of 175 kHz maximum, the set is also useful for the measurement of the capacitance of greater lengths of cable. Within normal limits, the dissipation factor of the capacitor under test does not affect the accuracy of the measurement. However, the set does not lend itself to checking electrolytic capacitors. For this purpose we would recommend our Microfarad Meter Type KZT BN 5400, covering 0.01 to 5000 μF .

The electrical and mechanical properties of the Type KARU allow its use in laboratories and test departments. It will withstand rough handling in work-shops or outdoor work. It is provided with a rugged steel cabinet, and a removable steel lid protects the front panel during transportation. Unlike bridge type meters, the operation of the Type KARU is very simple so that even non-technical personnel will be able to measure rapidly, e. g., when adjusting or sorting capacitors. The reading can never be taken from a false scale as only the scale associated with the respective sub-range is visible. Due to the sharp resonance indication, the set makes possible highly accurate comparison measurements with an accuracy of about 0.1%. This feature is of particular importance, e. g., in the production of standard capacitors or adjustment of multi-gang capacitors for tracking.

3. Preparation for Use

3.1 Adapting the Set to the AC Supply and Switching On

The set leaves the factory adjusted for 220 V. To adapt it for 115, 125 or 235 V, loosen the screws at the four corners of the front panel, remove the chassis from the cabinet and insert a suitable fuse into the labelled clips on the fuse strip. Use a 100-mA fuse for 220 and 235 V and a 250-mA fuse for 125 and 115 V (0,25 C DIN 41571). The small toggle switch over the power-cord entrance is the power switch. The glow lamp above it is the voltage indicator.

3.2 Zero-Setting of the Capacitance Scale

This adjustment should be checked after a warm-up period of a few minutes and corrected, if necessary. However, it is of importance only in the measurement of small capacitances and serves to bring the wiring capacitance to the value required for the calibration. Switch to the range 0 to 100 pF, set the glass cursor exactly to 0 pF, turn the knob INDICATION first against the right stop and then adjust the slotted screw recessed at the right of the test terminals for maximum deflection on the meter (resonance). Now back off the control INDICATION until the pointer deflection is in the range MEASURING and once more tune exactly to resonance by means of the zero-setting trimmer. When the cursor moves over the capacitance scale, the resonance indication should hence be a maximum at the division 0 pF. The capacitance calibration thus includes the test terminals.

3.3 Connection of Capacitors

Capacitors provided with leads should be directly connected to the terminals. In this case connect the earth pole of the capacitor to the r. h. test terminal identified by the earth symbol. Otherwise, shunt and body capacitances also would be measured and thus an error introduced especially when checking small capacitances. With a tubular capacitor, for instance, the earth pole is the outer layer, with paper capacitors it is the side mostly identified by a ring and with conventional r-f variable capacitors it is the rotor.

In production testing of small capacitors, it is too painstaking and time-consuming to fix the latter in the screw terminals. The best method is to use two sorting clamps of hard, silvered sheet metal, secured to the screw terminals. These clamps introduce a small capacitance which is to be considered in accurate measurements of small capacitances. Allowance for this can be made in two ways:

Either by measuring the capacitance of the clamps before connecting the capacitor and then subtracting the result from the total reading or by correcting the zero-setting with the sorting clamps attached, as outlined under 3.2, then the capacitance calibrated includes the clamps.

If two connecting leads are needed, e. g., in the measurement of built-in capacitors, the correction of the zero-setting as necessary on account of these leads and by referring to 3.2 is feasible only for a limited lead capacitance. In the event that the capacitance range of the zero-setting trimmer is insufficient, first determine the capac-

itance of the capacitor plus connecting leads; next measure the self-capacitance of these leads without altering their position and subtract the result from the total capacitance.

In the measurement of large capacitors, it is necessary to use leads of minimum resistance to keep down the additional dissipation factor. Two connecting leads of together $1\ \Omega$ would cause an additional dissipation factor of about 3% in the case of a capacitor of $1\ \mu\text{F}$. If the dissipation factor of the capacitor itself is great, a reduction of the accuracy might ensue from it on account of the minor sharpness of resonance.

4. Operating Instructions

4.1 Measuring Capacitors with an Accuracy of $\pm 1\%$

First turn the sensitivity control marked INDICATION against the right stop. The pointer will then deflect up to the beginning of the range MEASURING. If the capacitance of the capacitor under test is roughly known set the measurement-range switch to the proper range and slowly move the cursor until the deflection of the instrument pointer increases and reaches a maximum. If necessary, slightly back off the control INDICATION so as to permit tuning to maximum, i. e., to the highest resonance deflection. The range MEASURING of the meter permits the most accurate adjustment to the resonance hump to be made. To do so, back off the control INDICATION while improving the adjustment to resonance at the same time so that tuning is possible in this sensitive range of indication. When taking the reading be sure that the two hair-lines of the cursor coincide. If no rough estimation of the capacitance value to be determined is possible it is recommended to begin finding the resonance point in the first range 0 to 100 pF (with the highest measuring frequency) to preclude erroneous tuning to a harmonic when a capacitor of a higher dissipation factor is measured.

4.2 Measuring with High Accuracy by means of a Standard Capacitor

Due to the sharp resonance indication it is possible to measure much more accurately by means of a continuously variable capacitance standard. In the ranges from 0 to $1\ \mu\text{F}$, the Type KARU itself permits comparative measurements with an accuracy of $\pm 0.1\%$. For example, the following methods may be employed:

- (a) Connect C_x and accurately adjust for resonance within the range MEASURING of the Type KARU.

Substitute the standard capacitor C_s for C_x and adjust C_s until resonance is accurately restored; C_x then equals C_s .

- (b) Connect the standard capacitor, adjust it for a capacitance $C_s > C_x$ and accurately tune for resonance on the Type KARU.

Connect C_x across the capacitance standard and reduce the capacitance of the latter until the Type KARU again indicates resonance; then $C_x = C_{s\max} - C_{s\min}$.

4.3 Adjusting Capacitors to a Tolerance of $\pm 1\%$

First find out whether the capacitance of the capacitor is too small or too large. Next set the Type KARU accurately to the desired capacitance and achieve the necessary capacitance change by a parallel connection or, in the case of paper capacitors, by unrolling until the Type KARU shows maximum deflection. If unrolling of the paper strips is possible only after a heat treatment the final measurement should be made after the capacitor roll has cooled off again.

The capacitance of ceramic tubular capacitors can be reduced, e. g., by scraping or grinding off the coating, using a suitable scraper or a fine-grained, quickly rotating grinding disc. In doing so, be sure that the contours at the scraped or ground edges are smooth, i. e., not frayed.

4.4. Measuring Capacitors Larger than $10 \mu\text{F}$

Using a capacitor C_{aux} whose capacitance is still measurable directly at the upper end of the highest range, 1 to $10 \mu\text{F}$, it is also possible to measure capacitors of 10 to about $100 \mu\text{F}$. For C_{aux} choose a low-loss capacitor of $10 \mu\text{F}$; in this case, C_x may also be an electrolytic capacitor. Connect C_x in series with C_{aux} and determine the capacitance C_s of this series connection. C_x then results from

$$C_x = \frac{C_{\text{aux}} \cdot C_s}{C_{\text{aux}} - C_s}$$

However, if the value of C_x increases, the measurement accuracy decreases very quickly. For example: with $C_{\text{aux}} = 10 \mu\text{F}$, a capacitor of $100 \mu\text{F}$ can be measured only with an accuracy of about $\pm 10\%$.

5. Description

Fig. 1 shows the simplified circuit diagram of the set. Its main components are an oscillator, a test circuit and an indicator section. One system of the duo-triode RÖ1 operates as the oscillator valve. Fundamentally, the circuit operates as follows: The capacitors under test C_x and the test circuit coil L_t contained in the set form a parallel resonant circuit loosely coupled to the oscillator coil L_o through the coupling coil L_k . The inductance of L_t and the capacitance of the zero-setting capacitor C26 (including the wiring capacitances) are fixed. If the frequency of the oscillator is varied until it equals the resonant frequency

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_t (C_x + C26)}}$$

of the test circuit, then

$$C_x = \frac{1}{(2\pi f)^2 L_t} - C26.$$

The scale of the variable capacitor C8 of the oscillator is not calibrated in frequencies but directly in terms of capacitance to permit direct reading of C_x after the adjustment for resonance has been completed. The trimmer C26 serves the zero adjustment (in the lowest measurement range) even with the leads connected or with the test clamps used.

For resonance indication, the resonance voltage developed across the test circuit is applied to a conventional voltage multiplying circuit made up of the two diode sections of RÖ2 while the meter is controlled by the rectified voltage developed across the load resistor R8. The voltage divider R1-R2-R3-R4-R5 has been so adjusted that, with the instrument off resonance and the control INDICATION fully advanced, the needle deflects only up to the beginning of the mark MEASURING.

With increasing resonance voltage and (positive) rectified voltage from R8 applied to the grid of the meter valve, the anode current of the latter rises first linearly within the range of indication MEASURING and subsequently about logarithmically within the range of indication SEARCHING since the positive voltage developed across R8 overcompensates for the negative basic grid bias and produces a grid current. In this way, each position of the control INDICATION covers a relatively wide range of indication while nevertheless a sharp resonance indication is obtained for accurate measurements.

If the range of indication is not sufficient when tuning for resonance, e. g., when checking a capacitor of very low loss it is just necessary to reduce the sensitivity by backing off the control INDICATION until tuning is possible in the range MEASURING.

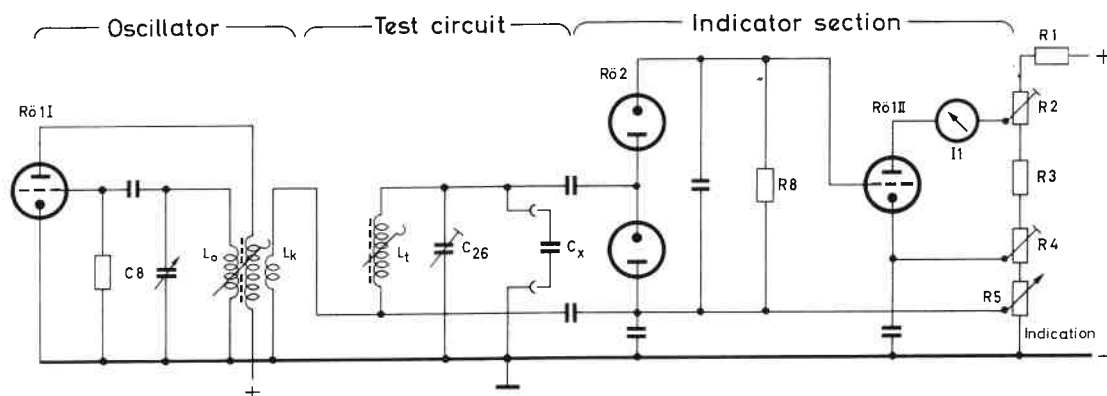


Fig. 1 Simplified circuit diagram of the Capacitance Meter Type KARU

The oscillator possesses a separate tank circuit for each of the six capacitance ranges. See circuit diagram. The change-over switch of these six tank circuits is provided with a segment short-circuiting the five tank circuits that are not cut in. The occurrence of dips due to the natural resonance of the tank circuits that are not cut in is thus eliminated. Pulling effects between the test circuit and oscillator are prevented by loose coupling. The frequency ranges listed under "Specifications" correspond to the six capacitance ranges.

The measuring frequency does not decrease steadily as the capacitance of C_x increases but jumps from 10 to 50 kHz (with $C_x = 10,000$ pF) when one passes from the third to the fourth measurement range. Here, a change-over is made from the test circuit coil L7 to the test circuit coil L8.

A cord drive ensures that the six-scale linear cylinder dial rotates positively with the measurement range switch. The scale window has been made so large only that no scale other than that of the range adjusted for is visible from the outside. Thus the ranges cannot be mixed up. To eliminate backlash the variable capacitor drive is provided with scissors gears. No-parallax reading is ensured by the double hair-line on the glass cursor.

The power section of the set is arranged for the four a-c supply voltages of 115, 125, 220 and 235 V. A selenium rectifier, instead of a valve, is incorporated for the anode supply in order to produce as little heat as possible, i. e., to achieve maxi-

mum frequency stability. This precaution as well as high-grade r-f components in part subjected to artificial aging guarantee that the frequency is maintained at $\pm 0.5\%$ over a long period of operation and, consequently, that the accuracy of the capacitance measurement remains $\pm 1\%$. The power drain from the a-c supply is about 10 VA only. Thus it is possible, e.g. for outdoor work, to feed the set also from a battery by means of a small vibrator pack. The waveform does not affect the accuracy if the level is maintained.

The cabinet of the set is of steel. The set has a hinged carrying handle on its top; a steel lid is put over the front panel for its protection. The four little cups on the top prevent a set which has the same bottom dimensions and is put on the Type KARU from sliding off.

6. Replacement of Valves

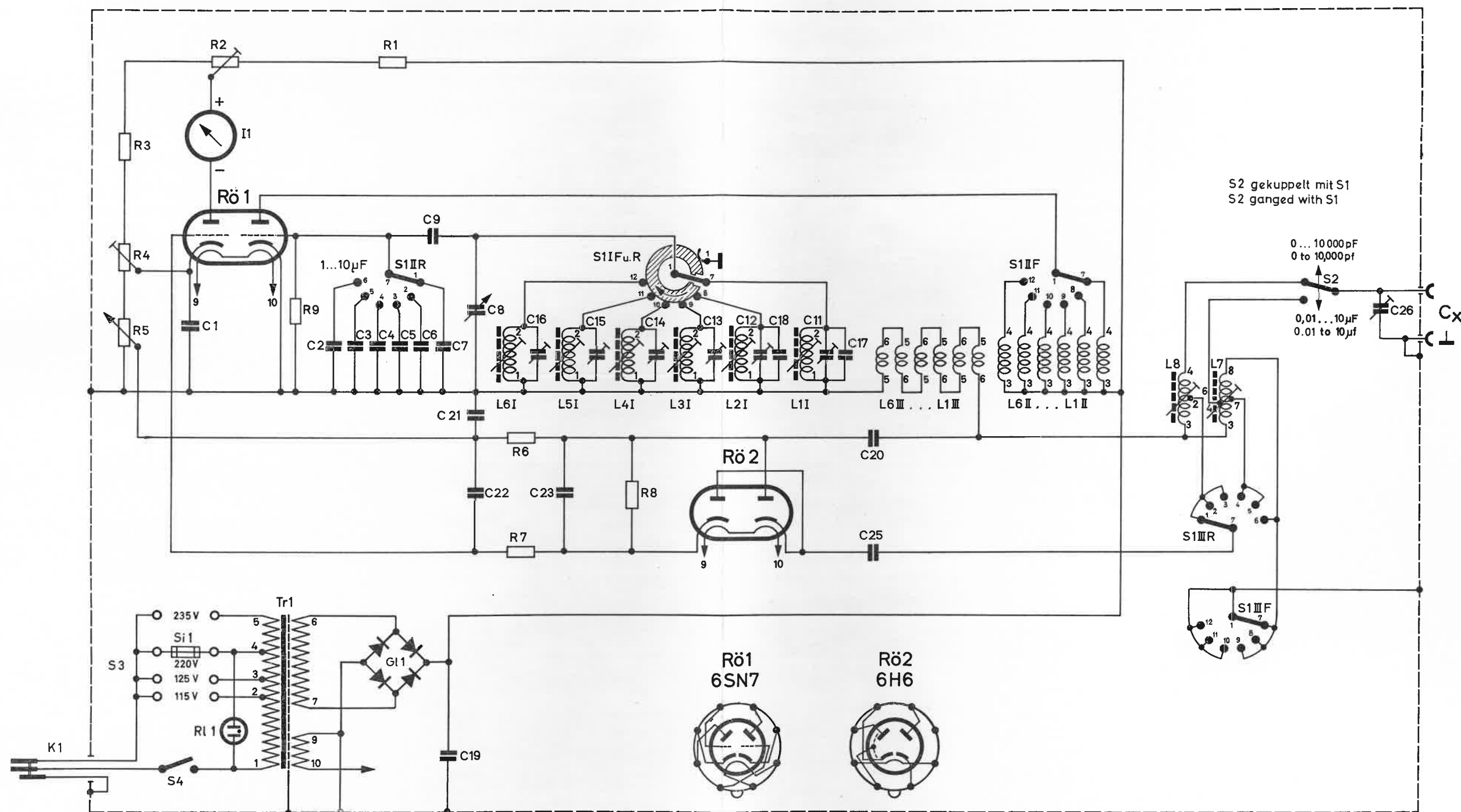
The two valves are readily accessible after the chassis has been removed from its cabinet, and they can be replaced without affecting the measurement accuracy. After replacement of the valve R61 (6 SN 7) it may become necessary to readjust the indicator section until the instrument pointer deflects roughly up to the beginning of the range MEASURING with the control INDICATION against the right stop.

To correct the adjustment, disconnect the line running from R7/C22 to the grid from the latter and insert a d-c voltage source (e.g. a battery) of 25 V between R7 and the grid, connecting the positive terminal to the grid. Now turn the control INDICATION against the right stop and rotate the control R2 for a pointer deflection to the arrow-head of the scale. Next remove the d-c voltage source, reconnect the grid lead and, adjusting the control R4, bring the pointer to the beginning of the range MEASURING. There is interaction between these two adjustments; hence it will be necessary to repeat the entire adjustment once or twice. The final adjustment is the one with R4. The two slotted-shaft controls are accessible in the interior of the set.

7. Table of Replaceable Parts

Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
C 1	Capacitor, synth. foil	10,000 pF/250 V	CKS 10 000/250
C 2	Capacitor, synth. foil	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 3	Capacitor, synth. foil	1250 pF/500 V	CKS 1250/500
C 4	Capacitor, synth. foil	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 5	Capacitor, synth. foil	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 6	Capacitor, synth. foil	750 pF/500 V	CKS 750/500
C 7	Capacitor, synth. foil	500 pF/500 V	CKS 500/500
C 8	Capacitor, variable	$\Delta C = 1030 \text{ pF}$	CD 8527
C 9	Capacitor, ceramic	20 pF	CTR 20
C 11	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 12	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 13	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 14	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 15	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 16	Trimmer, disc	4 to 20 pF	CV 924
C 17	Capacitor, ceramic	160 pF	CTR 160
C 18	Capacitor, ceramic	30 pF	CTR 30
C 19	Capacitor, MP	4 μF /160 V	CMR 4/160
C 20	Capacitor, synth. foil	10,000 pF/125 V	CKS 10 000/125
C 21	Capacitor, synth. foil	10,000 pF/125 V	CKS 10 000/125
C 22	Capacitor, synth. foil	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 23	Capacitor, synth. foil	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 25	Capacitor, synth. foil	1000 pF/500 V	CKS 1000/500
C 26	Capacitor, air	3 to 13 pF	CV 61110
Gl 1	Rectifier, power	250 V/30 mA	GNB 14/250/30
I 1	Ammeter, moving-coil	1 mA	IP 072/1 mA
K 1	Cable, connection		LK 303
L 1	Coil		F 510 - 3.2
L 2	Coil		F 510 - 3.3
L 3	Coil		F 510 - 3.4/1
L 4	Coil		F 510 - 3.5/1
L 5	Coil		F 510 - 3.6/1
L 6	Coil		F 510 - 3.7/1
L 7			F 510 - 3.8/1
L 8			F 510 - 3.9
R 1	Resistor, depos. carbon	12.5 k Ω /2 W	WF 12,5 k/2
R 2	Resistor, depos. carbon, variable	2.5 k Ω lin.	WS 9122 F/2,5 k

Ref. No.	Designation	Ratings	R&S Stock No.
R 3	Resistor, depos. carbon	1.6 k Ω /0.5 W	WF 1,6 k/0,5
R 4	Resistor, depos. carbon, variable	1 k Ω lin.	WR 4 F/1 k
R 5	Resistor, depos. carbon, variable	5 k Ω lin.	WS 7126/5 k
R 6	Resistor, depos. carbon	100 k Ω /0.5 W	WF 100 k/0,5
R 7	Resistor, depos. carbon	5 M Ω /0.5 W	WF 5 M/0,5
R 8	Resistor, depos. carbon	10 M Ω /0.5 W	WF 10 M/0,5
R 9	Resistor, depos. carbon	5 M Ω /0.5 W	WF 5 M/0,5
RI 1	Lamp, glow, miniature	220 V	RL 210
Rö 1	Duo-triode		6 SN 7
Rö 2	Duo-diode		6 H 6
S 1	Swatch, wafer		SRN 3351/32
S 2	Switch		according to F 510 Bl. 2
S 3	Fuse strip		FD 603/2
S 4	Switch, toggle		SR 122/3
Si 1	Fuse	100 mA	0,1 C DIN 41571
Tr 1	Transformer, power		F 610 - 4.2



Stromlauf
 Circuit Diagram
 Type KARU