



TESLA

**VYSOKOFREKVENČNÍ MOST
VHF BRIDGE**

BM 431E

TESLA BM 431E

NÁVOD K OBSLUZE

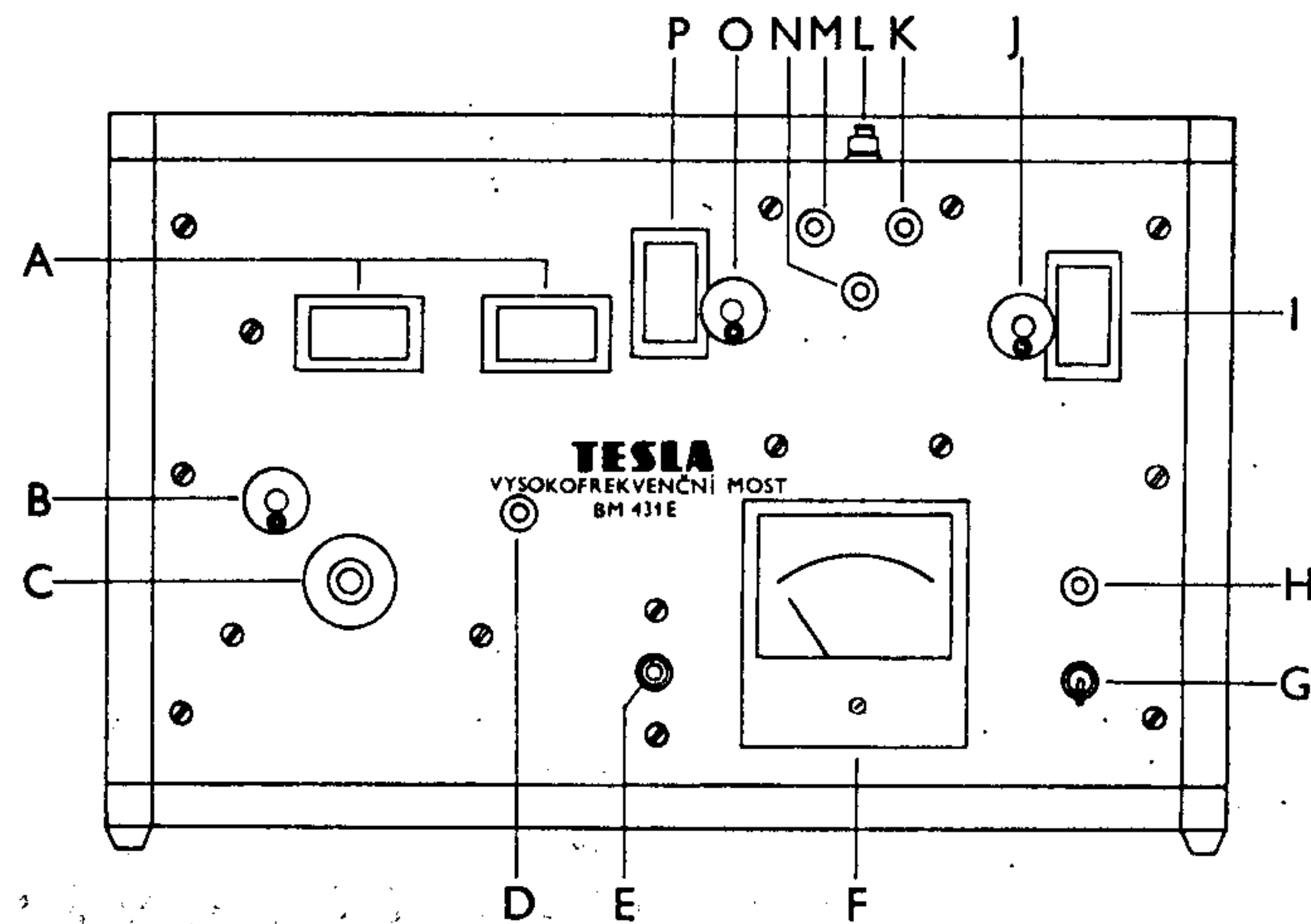
VYSOKOFREKVENČNÍ MOST

INSTRUCTIONS FOR USE

VHF BRIDGE

ČÍSLO DOKUMENTACE

618a



Obr. 1 – Fig. 1

- A – kmitočtová stupnice
- B – regulátor jemného dostavení kmitočtu
- C – přepínač kmitočtových rozsahů
- D – doladění indikátoru
- E – regulátor vf napětí
- F – indikátor nuly
- G – síťový vypínač
- H – kontrolní žárovka
- I – odporová stupnice

- A – Frequency scale
- B – Frequency fine setting
- C – Frequency range selector
- D – Balance indicator tuning
- E – RF voltage control
- F – Balance indicator
- G – Mains switch
- H – Pilot lamp
- I – Resistance scale

- J – ovládání odporové stupnice
- K – regulátor odporového vyrovnání mostu (jemně)
- L – měřicí svorky mostu
- M – regulátor odporového vyrovnání mostu (hrubě)
- N – regulátor kapacitního vyrovnání mostu
- O – ovládání kapacitní stupnice
- P – kapacitní stupnice

POUŽITÍ

Vysokofrekvenční most Tesla BM 431E je přístroj, určený ke zjišťování vysokofrekvenčních vlastností součástí i celých obvodů.

Přímým čtením lze zjišťovat náhradní paralelní odpory a ekvivalentní paralelní kapacity měřených součástí.

Vzhledem k rozsahům měřitelných činných a reaktančních složek je přístroj zvláště vhodný pro měření prvků, jejichž hodnota Q je velmi nízká.

Pomocí přístroje BM 431E lze zjišťovat:

- a) Vysokofrekvenční vlastnosti odporů
- b) Vysokofrekvenční vlastnosti cívek: indukčnost, ztrátový odpor, vlastní kapacitu a vlastní rezonanci, kritickou vazbu a vzájemnou indukčnost
- c) Vysokofrekvenční vlastnosti feritů
- d) Vysokofrekvenční vlastnosti kondenzátorů: kapacitu, ztrátový odpor (zvláště u kondenzátorů s vyšším tgδ)
- e) Vysokofrekvenční vlastnosti celých obvodů: náhradní činné a reaktanční složky

- J – Resistance scale control
- K – Resistance bridge balancing (fine)
- L – Measuring binding posts
- M – Resistance bridge balancing (coarse)
- N – Capacitance bridge balancing
- O – Capacitance scale control
- P – Capacitance scale

APPLICATION

The TESLA BM 431E VHF bridge is a laboratory measuring instrument designed for the ascertainment of the RF properties of electronic components and whole circuits.

Equivalent parallel resistances and capacitances of the components under test can be read directly.

With regard to its measuring ranges of real and imaginary components, the bridge is especially suitable for the testing of components, the Q factors of which are very low.

The TESLA BM 431E VHF bridge serves for the ascertainment of the following data:

- a) RF properties of resistors
- b) RF properties of coils: inductance, equivalent series resistance, self-capacitance, natural resonance, critical coupling and mutual inductance.
- c) RF properties of ferrites
- d) RF properties of capacitors: capacitance, loss resistance (especially of capacitors with higher tanδ values)
- e) RF properties of whole circuits: equivalent real and imaginary components

- f) Vysokofrekvenční vlastnosti tranzistorů (pomocí přípravků BP 4310, BP 4311): vstupní a výstupní admitance
- g) Vysokofrekvenční vlastnosti polovodičových kondenzátorů (pomocí přípravků BP 4310, BP 4311): závislost kapacity a ztrátového odporu na stejnosměrném napětí
- h) Vysokofrekvenční vlastnosti elektronek
- i) Vysokofrekvenční vlastnosti vf vedení: rychlost šíření, charakteristické impedance, útlum
- j) Impedance antén
- k) Přizpůsobení zátěže k napájecí

POPIS

Přístroj sestává z napájecího vf generátoru (kmitočet 1 až 250 MHz), který slouží k napájení mostu. Vf napětí z výstupu mostu se přivádí do směšovače. V souběhu s napájecím generátorem je pomocný generátor, dodávající směšovači napětí, jehož kmitočet je o 0,1 MHz nižší. Napětí rozdílového kmitočtu 0,1 MHz se přivádí ze směšovače do zesilovače a po detekci k ručkovému indikátoru.

Napájecí vf generátor

Používá symetrický oscilátor s dvojitou triodou ECC85. Celé kmitočtové pásmo je rozděleno na 8 přepínatelných rozsahů. Oscilační cívky jednotlivých rozsahů jsou uloženy na jednodeskovém karuselu. Každá oscilační cívka má vlastní

- f) RF properties of transistors (with the aid of the BP 4310 and BP 4311 jigs): input and output admittances
- g) RF properties of semiconductor capacitors – varicaps – (with the aid of the BP 4310 and BP 4311 jigs): dependence of the capacitance and loss resistance on the DC voltage
- h) RF properties of electron tubes
- i) RF properties of lines: propagation velocity, characteristic impedance, attenuation
- j) Impedance of aeriels
- k) Matching of loads to sources

DESCRIPTION

The TESLA BM 431E VHF bridge is composed of an RF generator (supplying frequencies from 1 to 250 MHz) which powers the VHF bridge. The RF voltage from the bridge output is applied to a mixer. Ganged with the powering RF generator is an auxiliary generator which supplies mixer voltage, the frequency of which is lower by 0.1 MHz than that of the RF generator. The voltage of the frequency difference of 0.1 MHz derived from the mixer is applied to an amplifier and after detection to an indicator.

Powering RF generator

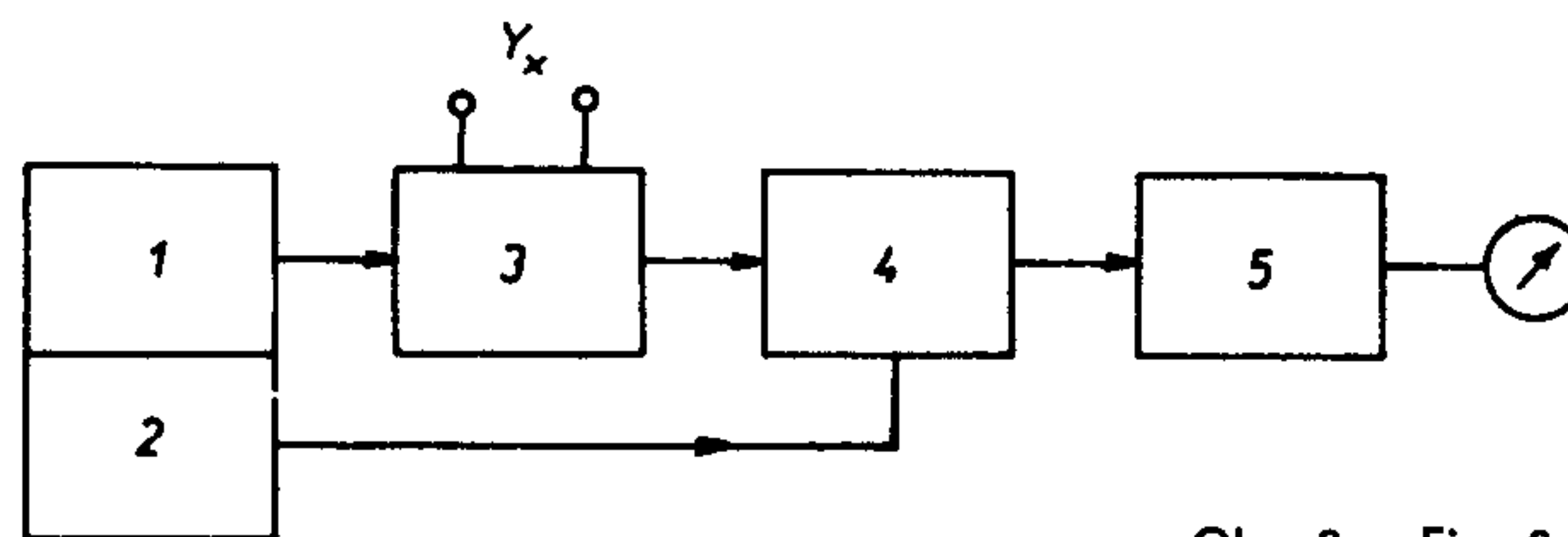
A symmetrical oscillator with a twin triode ECC85 is employed. The whole frequency band to be covered is subdivided into 8 switch-controlled ranges. The oscillator coils of these individual ranges are mounted on a single-

vazební cívku, která dodává vf napětí pro most. Ladicí kondenzátor oscilačního obvodu je dvojitý se spojenými rotorovými deskami (split).

Pomocný generátor

Je mechanicky i elektricky shodný s napájecím vf generátorem. Karusely obou generátorů jsou upevněny na společném hřídeli, a také ladicí kondenzátory jsou mechanicky vázané. Kmitočet pomocného generátoru je v souběhu s kmitočtem napájecího generátoru. Pro přesné nastavení rozdílového kmitočtu 0,1 MHz je pomocný generátor vybaven doladovacím kondenzátorem C15 (regulátor D – obr. 1). Oba generátory jsou uspořádány navzájem odděleně v jedné skříni. Skříň je tvořena hliníkovým odlitkem zaručujícím dostatečné odstínění generátorů vzhledem k indikátoru a mostu.

BLOKOVÉ SCHÉMA



Obr. 2 – Fig. 2

disc turret. Each coil has its own coupling coil which supplies the bridge with RF voltage. The tuning capacitor of the oscillator circuit is a twin with split rotor.

Auxiliary generator

This generator is identical to the powering generator in its mechanical and electrical design. The turrets of both are mounted on the same shaft and also the tuning capacitors are mechanically ganged. Consequently, the frequency of the auxiliary generator tracks that of the powering generator. For exact setting of the difference of 0.1 MHz, the auxiliary generator is provided with a tuning capacitor C15 (D – indicator tuning, Fig. 1).

The two generators are arranged separately and mounted in a common casing made from cast aluminium which ensures adequate screening of the generators from the indicator and bridge.

BLOCK SCHEMATIC DIAGRAM

- 1 – napájecí vf generátor
- 2 – pomocný vf generátor
- 3 – most
- 4 – směšovač
- 5 – zesilovač 0,1 MHz

- 1 – Powering RF generator
- 2 – Auxiliary RF generator
- 3 – Bridge
- 4 – Mixer
- 5 – Amplifier of 0.1 MHz

Most

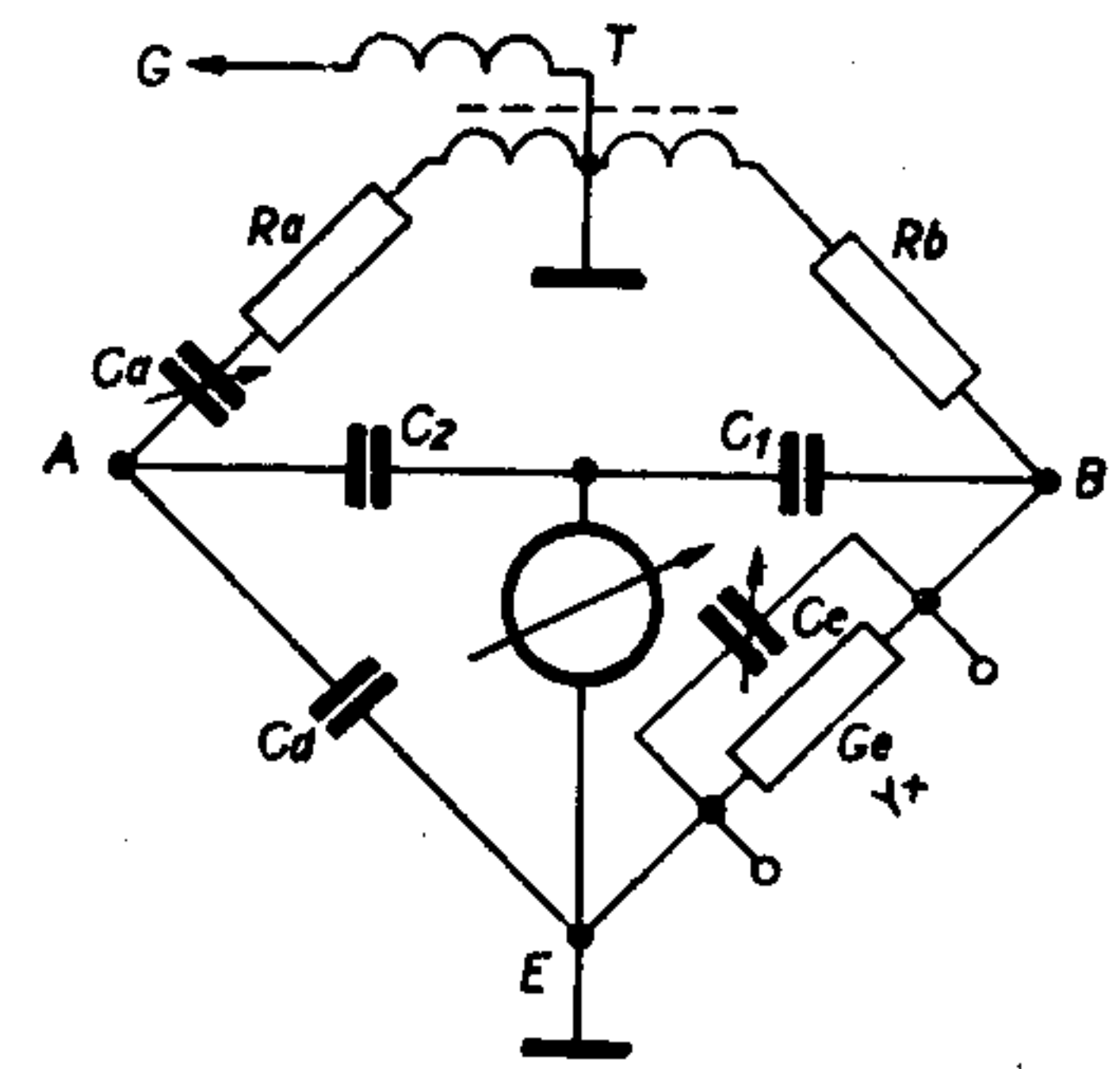
Samotný most je zvláštní modifikace Scheringova mostu, jehož principiální zapojení je na obr. 3.

Bridge

The bridge proper is a modified Schering bridge, the basic circuitry of which is in Fig. 3.

G – VF generátor

G – HF Generator



Obr. 3 – Fig. 3

Most je rozdělen na dvě části, přičemž každá část je napájena ze zvláštního sekundárního vinutí vstupního transformátoru T. Obě sekundární vinutí jsou symetrická vůči zemi. Vazba mezi primárním a sekundárním vinutím a zvláště vzájemná vazba mezi oběma sekundárními vinutími je velmi těsná. Primární vinutí i sekundární vinutí je uzemněno. Obě

The bridge has two parts, each powered from a separate secondary of the input transformer T. The two secondary coils are symmetrical to earth. The coupling between the primary and the secondaries and especially between the two secondary coils, is very tight. The primary as well as the secondary are earthed. The two

sekundární vinutí mají stejný počet závitů, ale jejich napětí vzhledem k uzemněným koncům mají navzájem opačnou polaritu. Při vyrovnaní mostu mají body A a B proti zemi stejná napětí opačné polarity. Na středu děliče, vytvořeného ze dvou stejných kapacit C1, C2, připojených mezi body A a B, je pak střed těchto napětí, který odpovídá nulovému potenciálu vůči zemi. Vysokoohmový vstup směšovače je připojen mezi střed děliče a zem.

Podmínky rovnováhy mostu:

$$G_e = \frac{C_d}{R_b \cdot C_a} \quad C_e = \frac{C_d \cdot R_a}{R_b}$$

Při měření postupujeme takto:

Most vynulujeme bez připojení neznámé admitance. Nulové výchylky indikátoru dosáhneme nastavením kondenzátorů C_a a C_e na hodnoty C_{a1} a C_{e1}, čímž jsou splněny podmínky rovnováhy.

Připojíme neznámou admitanci Y_x. Činnou složku vyrovnáme zmenšením kapacity kondenzátoru C_a na hodnotu C_{a2}. Reaktanční složku vyrovnáme substitucí kondenzátorem C_e, nastavená kapacita je C_{e2}.

Pro neznámou paralelní činnou složku platí:

$$G_x = \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a2}} - \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a1}} = \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a1}} \cdot \frac{\Delta C_a}{C_{a1} - \Delta C_a},$$

přičemž $\Delta C_a = C_{a1} - C_{a2}$.

secondaries are identical, but their voltages are of opposite polarities to the earthed terminals. When the bridge is being balanced, the points A and B have the same voltage to earth of opposite polarity. The centre of these voltages, i. e. zero potential to earth, is on the centre of a divider formed by two equal capacitors C1, C2 which are connected between points A and B. The high-impedance input of the mixer is connected between the centre of the divider and earth.

Bridge balance conditions:

$$G_e = \frac{C_d}{R_b \cdot C_a} \quad C_e = \frac{C_d \cdot R_a}{R_b}$$

Measuring procedure:

The bridge is set to zero without the unknown admittance being connected. Zero deflection of the indicator can be adjusted by setting the capacitors C_a and C_e to the values C_{a1} and C_{e1}; thus the balance conditions of the bridge are met. After the connection of the unknown admittance Y_x, the real component is balanced by reducing the capacitance of C_a to C_{a2}. Then the imaginary component is balanced by replacing it by the capacitance C_e, which is set to C_{e2}.

The unknown parallel real component is given as follows:

$$G_x = \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a2}} - \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a1}} = \frac{C_d}{R_b \cdot C_{a1}} \cdot \frac{\Delta C_a}{C_{a1} - \Delta C_a},$$

where $\Delta C_a = C_{a1} - C_{a2}$.

Stupnice I (obr. 1) kondenzátoru C_a (C44) je ocejchována přímo v hodnotách $R_x = \frac{1}{G_x}$ a je ovládána regulátorem J. Reaktanční složka je určena paralelní kapacitou:

$$C_x = C_{e1} - C_{e2}$$

Je-li výsledek kladný, jedná se o složku kapacitní, v opačném případě je složka induktivní. Odpovídající paralelní indukčnost je:

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 C_x}$$

Kondenzátor C_e (C49) je lineární kondenzátor se stupnicí P ocejchovanou přímo v hodnotách neznámé ekvivalentní kapacity. K nulování činné složky mostu jsou určeny dva proměnné odpory R27, R29, ovládané regulátory M a K.

K nulování reaktanční složky mostu slouží doladovací kondenzátor C48 ovládaný regulátorem N.

Celý most je uspořádán v hliníkové skříni, která zaručuje dobré stínění a mechanickou stabilitu. Všechny elektrické prvky mostu jsou konstruovány tak, aby zbytkové parametry byly omezeny na minimum.

Výhody použitého mostového zapojení:

a) Je uzemněno nejen primární a sekundární vinutí vstupního transformátoru, ale také jeden pól indikátoru (smě-

The resistance scale I (Fig. 1) of the capacitor C_a (C44) is calibrated directly in terms of $R_x = \frac{1}{G_x}$ and is adjustable with the control J.

The imaginary component is determined by the parallel capacitance:

$$C_x = C_{e1} - C_{e2}$$

If the result is positive, then the component is capacitive; in the opposite case, the component is inductive and the respective parallel inductance is:

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 C_x}$$

The capacitor C_e (C49) is a linear capacitor fitted with the scale P (Fig. 1) which is calibrated directly in terms of the unknown equivalent capacitance.

Two variable resistors R27 and R29 controllable with the knobs M and K serve for zero setting the real component of the bridge.

For zero setting the imaginary component of the bridge serves the capacitor C48 which is adjustable with the control N.

The whole bridge is mounted in an aluminium case which ensures adequate screening and mechanical stability. All the electrical components of the bridge are specially designed for the purpose so that minimum residual parameters are ensured.

Advantages of the employed bridge circuitry:

a) Not only the primary and secondary of the powering transformer are earthed, but also one pole of the indi-

šovače). Vstupní transformátor s uzemněným primárem i sekundárem lze použít pro velmi široký rozsah kmitočtů.

- b) Činná i reaktanční složka se vyrovnává cejchovanými kondenzátory.
- c) Většina rozptylových kapacit se neuplatňuje, poněvadž způsobuje buď paralelní zátěž sekundáru napájecího transformátoru nebo paralelní zátěž kapacitních větví mostu, kterou lze do těchto větví zacejchovat.
- d) Vyrovnání mostu je nezávislé na kmitočtu.

Směšovač

Střed kapacitního děliče mostu je přiveden přímo na mřížku elektronky ECC84. Jedna trioda této elektronky je použita jako směšovač. Vstup tohoto směšovače má svodový odpor $3,3 \text{ M}\Omega$ a zaručuje vysokou vstupní impedanci. V napětí pomocného generátoru se přivádí do katody, což umožňuje dobré oddělení mostu od tohoto generátoru. Výstup z anody triody ECC84 je spojen kabelem se zesilovačem. Celý směšovač je umístěn ve skříni mostového obvodu, od kterého je dobře odstíněn.

Selektivní zesilovač

Zesilovač kmitočtu 0,1 MHz má dva stupně osazené elektronkami EF80. Šířka propouštěného pásma je asi 6 kHz. Zesilovač má automatické řízení citlivosti, aby při nevy-

cator (mixer). Such an input transformer with earthed primary and secondary is suitable for a very wide range of frequencies.

- b) The real and imaginary components are balanced with capacitors.
- c) Most stray capacitances have no influence, as they act either as a parallel load of the powering transformer secondary or of the bridge capacitance branch which can be calibrated together with the appropriate bridge branches.
- d) Bridge balancing is independent of the frequency.

Mixer

The centre of the capacitive divider of the bridge is connected directly to the grid of the ECC84 tube. One triode of this tube is employed as a mixer, the input circuit of which uses a grid-leak resistor of $3.3 \text{ M}\Omega$ and has a large input impedance. The RF voltage of the auxiliary generator is applied to the cathode, thus perfect separation of the bridge from this generator is achieved. The output of the anode of the ECC84 tube is applied to the amplifier over a cable. The mixer is housed in the case of the bridge circuitry, from which it is well screened.

Selective amplifier

The amplifier of the frequency of 0.1 MHz has two stages employing EF80 tubes. The passed bandwidth is 6 kHz. The amplifier operates with automatic sensitivity control in or-

rovnaném mostovém obvodu, kdy je výstupní napětí mostu velké, nedocházelo k přetěžování ručkového měřidla indikátoru a zvláště proto, aby všechny výchylky ručky indikátoru byly sledovatelné. Proto je provedeno další elektrické omezení výchylky ručkového indikátoru. Toto omezení zajišťuje germaniová dioda E7 spolu s odpory R48 a R49. Maximální citlivost celého zesilovače je na počátku stupnice, kde je minimální indikovatelná hodnota asi $1 \mu\text{V}$.

Napájecí zdroj

Zdroj tvoří samostatnou část, od níž je vlastní přístroj odpojitelý. Všechna anodová napětí 230 V jsou stabilizována elektronkovým stabilizátorem s elektronkami EL86, EF80, StR75/60. Žhavicí napětí 6,3 V pro žhavení elektronek generátoru (2×ECC85) a první elektronky zesilovače (EF80) je stabilizováno variátorem. Ostatní žhavicí napětí 6,3 V nejsou stabilizována. Pro dosažení malého napětí na měřicích svorkách, zvláště při měření admitancí tranzistorů, je anodové napětí napájecího generátoru možno zmenšit potenciometry R61, R62, které jsou na společném hřídeli (regulátor E). V levé krajní poloze je anodové napětí na generátoru nulové, v pravé krajní poloze je napětí maximální. Při použití sníženého napětí klesá citlivost měření.

der to prevent overloading of the indicating instrument when the bridge is unbalanced and the bridge output voltage is high. This method, together with a further deflection limitation ensures perfect readability of the indicator deflections. The limitation is caused by the germanium diode E7 together with the resistors R48 and R49. Maximum sensitivity of the whole amplifier is in the vicinity of zero, where the lowest value still indicated is $1 \mu\text{V}$.

Power supply

The VHF bridge is powered by a separate power supply which can be disconnected. All the produced 230 V anode voltages are stabilized by an electronic stabilizer fitted with EL86, EF80 and StR75/60 tubes. The heater voltage of 6.3 V for the generator tubes (2×ECC85) and for the first amplifying tube (EF80) is stabilized by a barretter. The remaining heater voltage of 6.3 V is unstabilized. In order to obtain a low voltage on the measuring terminals, especially during transistor measurements, the anode voltage of the powering generator can be reduced with the potentiometers R61, R62 which form a tandem (control E). In the extreme counterclockwise position the anode voltage is zero; in the extreme clockwise position it is maximum. When a reduced voltage is employed, the sensitivity of the measurement is reduced proportionally.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Kmitočtový rozsah: 1 až 250 MHz v osmi rozsazích

Přesnost: $\pm 1\%$

Rozsah činné
paralelní složky: $R_p = 15 \Omega$ až $100 \text{ k}\Omega$ v jednom rozsahu

Přesnost:
$$\pm \left(3 + \frac{R_p \left(1 + \frac{f}{200} \right)}{5000} + \frac{f}{200} \right) \%$$

$$\pm 0,2 \Omega \quad (\Omega, \text{ MHz})$$

Rozsah reaktančních složek je určen paralelní kapacitou

C_p : $+35 \text{ pF}$ až -165 pF

Přímo nacejchovaný rozsah 0 až 165 pF pro měření indukčností lze vnějším připojením kapacity 35 pF rozšířit až na hodnotu 0 až 200 pF.

Měřená indukčnost se vypočte ze vztahu:

Přesnost cejchování
stupnice:
$$L_p = \frac{1}{\omega^2 C_p}$$

$$\pm 1\% \pm 0,2 \text{ pF}$$

Při měření reaktančních složek, zvláště na kmitočtech vyšších než 100 MHz, nutno respektovat opravné výpočty a grafy.

TECHNICAL DATA

Frequency
coverage: 1 to 250 MHz in eight ranges

Accuracy: $\pm 1\%$

Real parallel
component range: $R_p = 15 \Omega$ to $100 \text{ k}\Omega$ in one range

Accuracy:
$$\pm \left(3 + \frac{R_p \left(1 + \frac{f}{200} \right)}{5000} + \frac{f}{200} \right) \%$$

$$\pm 0.2 \Omega \quad (\Omega; \text{ MHz})$$

The imaginary
component range is
determined by the
parallel capacitance

C_p : $+35 \text{ pF}$ to -165 pF

Directly calibrated range 0 to 165 pF for direct inductance measurements can be increased to 0 to 200 pF by an externally connected capacitor of 35 pF.

The measured inductance is computed from the formula:

Accuracy of scale
calibration:
$$L_p = \frac{1}{\omega^2 C_p}$$

$$\pm 1\% \pm 0.2 \text{ pF}$$

During imaginary component measurement, especially with frequencies above 100 MHz employed, correction computation and diagrams must be employed.

Vf napětí na měřicích svorkách: asi 0,05 V až 1 V podle nastaveného kmitočtu

Při snížení vf napětí na měřicích svorkách pomocí regulátoru E je přesnost nastaveného kmitočtu horší než ±1 %.

Osazení: 2×ECC85, ECC84, 3×EF80, EL86, EZ81, StR75/60, 2×GAZ51, variátor 1AN 111 25

Napájení a příkon: 220/120 V ±10 %, 50 Hz: 85 VA
Jištění: pojistka 0,5 A pro 220 V
1 A pro 120 V
anodová pojistka 0,16 A

Rozměry a váha: 540×340×340 mm; asi 25 kg
Příslušenství: síťová šňůra, sáček s náhradními pojistkami, variátor (2 ks), návod k obsluze

Teplotní rozsah: +10 °C až +35 °C

PŘIPOJENÍ A PŘEPÍNÁNÍ SÍŤOVÉHO NAPĚTÍ

Před připojením přístroje na síť se přesvědčíme, zda je přístroj přepojen na správné síťové napětí. Přepojení se provádí kotoučkem voliče napětí, který je umístěn na zadní straně přístroje. Vyšroubujeme šroub uprostřed voliče napětí, kotouč voliče vytáhneme a natočíme tak, aby číslo udá-

RF voltage on the measuring terminals: Approx. 0.05 V to 1 V depending on the selected frequency

When the RF voltage on the measuring terminals is reduced with control E, the accuracy of the selected frequency drops below ±1 %.

Complement: 2×ECC85, ECC84, 3×EF80, EL86, EZ81, StR75/60, 2×GAZ51, barretter 1AN 111 25

Powering and power consumption: 220/120 V ±10 %, 50 Hz: 85 VA
Protection: Fuse 0.5 A for 220 V
1 A for 120 V
Anode fuse 0.16 A

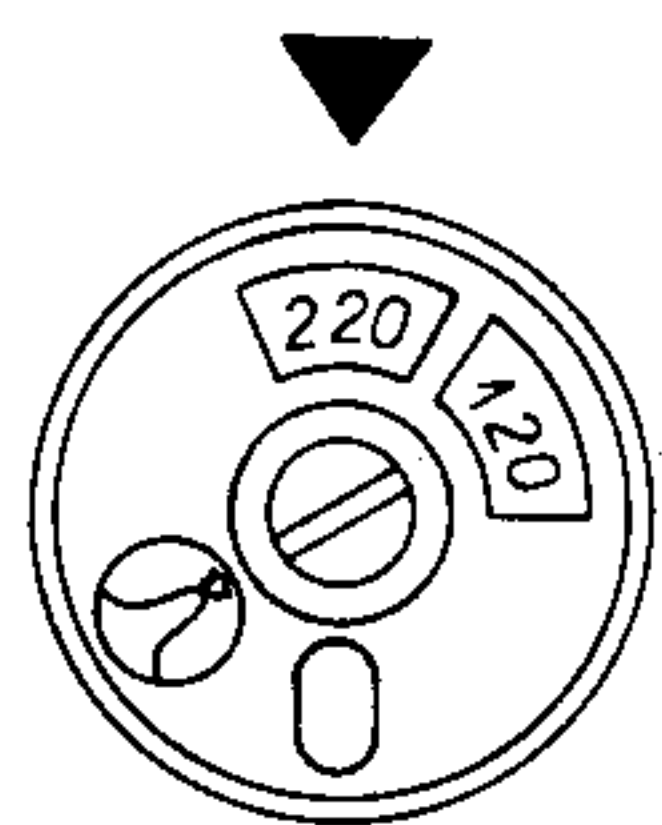
Dimensions and weight: 540×340×340 mm; approx. 25 kg
Accessories: Mains cord, bag of spare fuse cartridges, barretter (2 pcs.), Instructions for Use

Temperature range: +10 °C to +35 °C

CONNECTION TO THE MAINS AND VOLTAGE SELECTION

Before connecting the VHF bridge to the mains it is necessary to ensure that it is switched to the available mains voltage. If necessary, its mains voltage setting can be altered with the voltage selector mounted on the back panel. First of all, the screw in the centre of the voltage

vající správné síťové napětí bylo pod trojúhelníkovou značkou. Šroub potom opět zašroubujeme. Je-li volič napětí v poloze naznačené na obr. 4, je přístroj připojen na síťové napětí 220 V. Při přepojení přístroje na jiné síťové napětí je nutno zkontrolovat hodnotu síťové pojistky, která je umístěna vedle voliče napětí. Hodnoty pojistek pro napětí 120 V a 220 V jsou uvedeny v odstavci „Technické údaje“.



Obr. 4 – Fig. 4

Přístroj je konstruován v bezpečnostní třídě I podle ČSN 35 6501 – revidované vydání. (Kovové části, přístupné dotyku, jsou určeny k připojení na ochranný vodič a izolace částí pod síťovým napětím vyhovuje uvedené normě.)

PŘÍPRAVA K MĚŘENÍ

Před zapnutím přístroje kontrolujeme mechanickou nulu měřidla. Případnou odchylku odstraníme šroubkem na měřidle.

Přístroj zapneme vypínačem G, přičemž se rozsvítí kontrolní žárovka H. Přepínačem C nastavíme vhodný kmitočtový rozsah. Každému rozsahu přísluší číslo, které se při přepínání přepínače C objeví v kruhovém výřezu nad tímto přepínačem. Regulátorem B nastavíme na stupnici A žádaný kmitočet. Odporovou stupnici I nastavíme pomocí knoflíku J do základní polohy „∞“. Kapacitní stupnici P nastavíme rovněž

selector has to be unscrewed, then the disc pulled out and turned so that the marking of the available mains voltage appears below the triangular mark, after which it has to be pushed home again and secured with the centre screw. With the voltage selector adjusted as shown in Fig. 4, the bridge is set for powering by a mains voltage of 220 V. Whenever the voltage setting is altered, it is necessary to check the mains fuse which is next to the mains voltage selector. The correct fuse data for 120 V and 220 V are listed in the section „Technical data“.

The design of the instrument responds to safety class I, according to IEC. (Metal parts accessible to the touch are connected to the protective conductor and the insulation of mains voltage carrying parts responds to IEC recommendations).

PREPARATIONS FOR MEASUREMENT

Before switching on the VHF bridge it is necessary to check the mechanical zero position of the indicating instrument and to correct the deviation, if any, with the zero setting screw.

The VHF bridge is switched on with switch G. The pilot lamp H indicates correct powering. The required frequency range is set with selector C. Each range is marked with a number which appears in a circular window in the panel above selector C when the latter is operated. The required frequency is set on scale A with control B. The resistance

do základní polohy „0“ regulátorem N. Přístroj necháme alespoň 15 minut zapnutý. Pro vyladění výchylky indikátoru je vhodné rozladit poněkud kapacitní vyrovnání nebo rozladit most položením prstu na živou svorku.

Při vyšších kmitočtech rozsahu lze laděním regulátorem D nastavit více výchylek. Správné výchylky, odpovídající nastavenému kmitočtu, jsou vždy na okrajích této soustavy výchylek a odpovídají kmitočtům pomocného VF generátoru o 0,1 MHz nižším a vyšším než je kmitočet napájecího VF generátoru. Ostatní vnitřní výchylky odpovídají rozdílům vyšších harmonických obou generátorů a většinou je nulováním mostu nelze vyrovnat.

Správné okrajové výchylky jsou vždy podstatně větší. Po nastavení indikátoru vynulujeme most nejprve regulátorem N (kapacita), pak K a M (odpor), tj. nastavíme nejmenší možnou výchylku měřidla F.

Přesvědčíme se, zda mírným rozladěním mostu knoflíky J a O a po opětovném vynulování těmito prvky zůstává nastavení stupnic P a I v základních polohách (0 a ∞).

scale I is set to the basic position marked " ∞ " with control J. Similarly the capacitance scale P is set to "0" with control N. Then the VHF bridge is left switched on for approximately 15 minutes and the indicator is tuned to maximum deflection with control D. For adjusting this basic deflection of the indicator it is advisable to mistune the capacitive balancing slightly or to throw the bridge out of balance by touching the live binding post.

At the higher frequencies of each frequency band more than one maximum deflection can be obtained with the indicator tuning control D. The correct deflections which correspond to the selected frequency are always the two extreme deflections and are given by the frequencies of the auxiliary RF generator which are lower and higher by 0.1 MHz than the frequency of the powering RF generator. All other deflections which lie between these two are given by the differences between the higher harmonics of the two generators and usually cannot be balanced with the bridge. The two correct extreme deflections are always considerably larger. After tuning the indicator with control D, the bridge is set to zero (i. e. minimum deflection of the indicator F is adjusted) first with knob N (capacitance) then with knobs K and M (resistance).

By slightly mistuning the bridge with controls J and O and repeated zero setting with the same controls, it is necessary to ensure that the scales P and I remained in the basic positions (0 and ∞ respectively).

ZÁKLADNÍ MĚŘENÍ

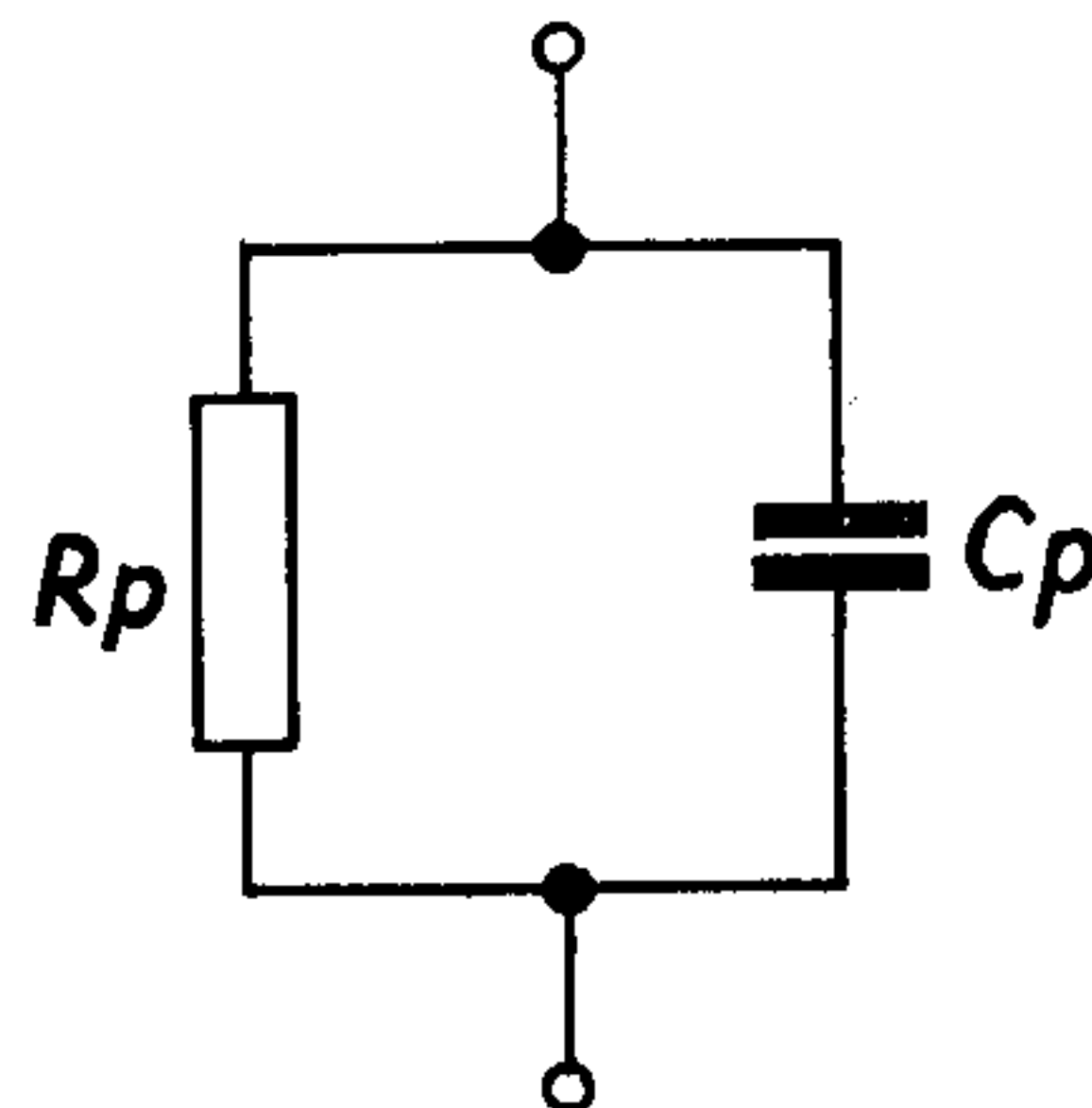
Po uvedení do chodu a nastavení indikátoru podle předchozího odstavce připojíme neznámý prvek na měřicí svorky L. Most vyrovnáme nastavením stupnice P (kapacita C_p) a I (odpor R_p) tak, aby indikátor ukazoval opět minimální výchylku. Hodnotu neznámé paralelní činné složky R_p odečteme ze stupnice I. Neznámá reaktanční složka je určena paralelní kapacitou C_p odečtenou ze stupnice P.

Je-li odečítaná hodnota C_p kladná, je neznámá reaktanční složka kapacitní. Náhradní zapojení neznámého měřeného prvku je pak:

BASIC MEASUREMENT

After completing the preparations, i. e. tuning the indicator as described in the foregoing sections, the unknown element is connected to the measuring binding posts L. The bridge is balanced by setting the scales P (capacitance C_p) and I (resistance R_p) so as to obtain again the basic minimum deflection. The value of the unknown parallel real resistance component R_p is read on scale I. The unknown imaginary component is determined by the equivalent capacitance C_p read on scale P.

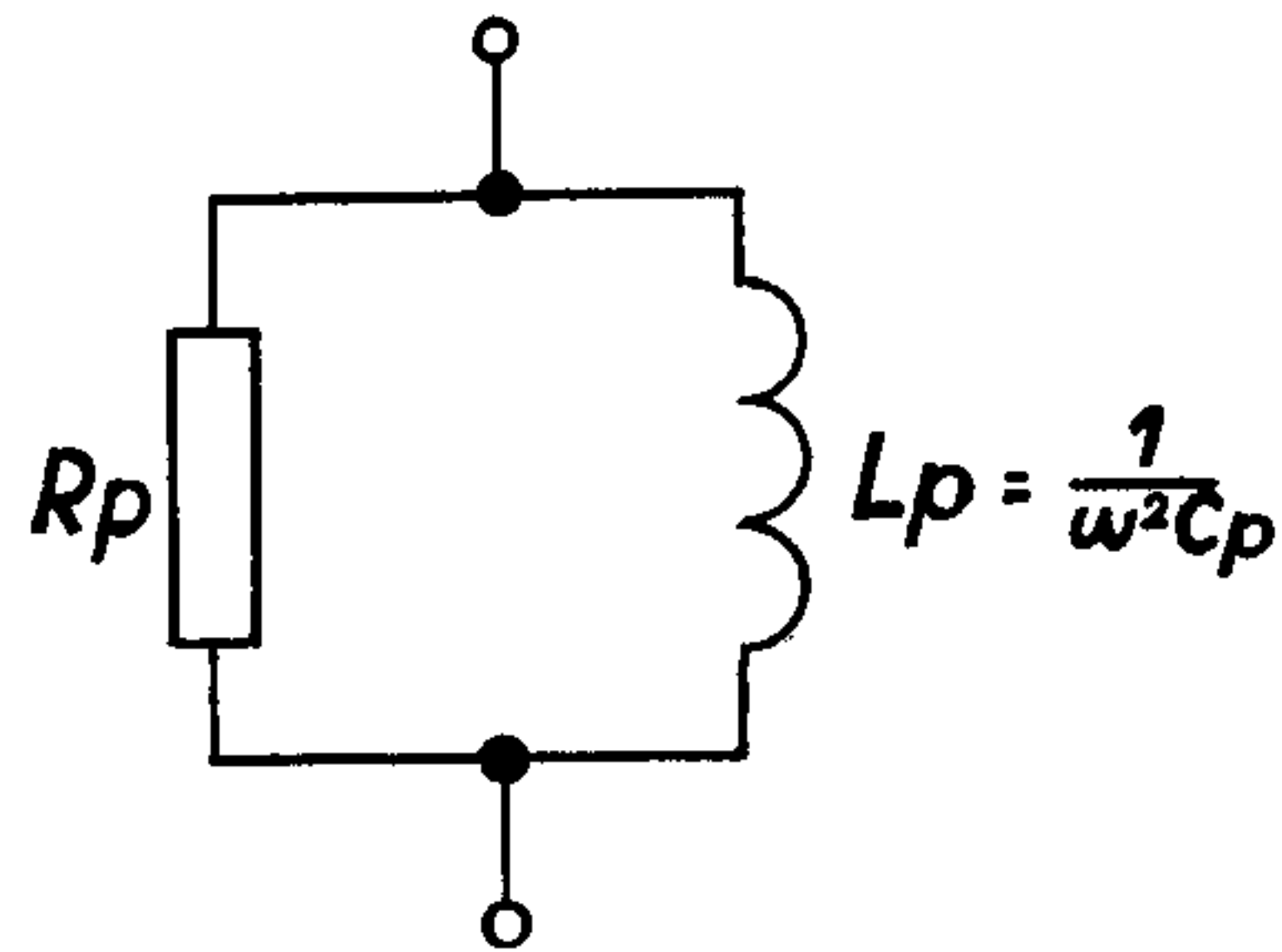
If the resulting C_p value is positive, then the unknown imaginary component is capacitive. The equivalent circuit of the element under test is as follows (Fig. 5):



Obr. 5 – Fig. 5

Je-li odečítaná hodnota C_p záporná, je neznámá reaktanční složka induktivní a náhradní zapojení neznámého měřeného prvku odpovídá obr. 6.

If the resulting value of C_p is negative, then the unknown imaginary component is of inductive character and the equivalent circuit of the element under test is as follows (Fig. 6):



Obr. 6

Fig. 6

Rozšíření rozsahu C_p pro měření kapacit 0 – 200 pF

Po naladění indikátoru připojíme k měřicím svorkám pomocnou cívku, jejíž indukčnost odpovídá hodnotě asi:

$$L \doteq \frac{1}{\omega^2 \cdot 1,65 \cdot 10^{-10}} \quad (\text{H; sec}^{-1})$$

V zájmu dobré přístupnosti svorek je žádoucí, aby geometrické rozměry této cívky byly minimální.

Nyní vyrovnáme most tak, aby na stupnici P byla nastavena hodnota – 165 pF. Stupnici I na hodnotu „∞“. Po připojení neznámé kapacity a vyrovnaní mostu odečteme ze stupnice P hodnotu C1.

Neznámou činnou složku určíme stejným způsobem jako v odstavci „Základní měření“.

C_p range extension for 0 to 200 pF capacitance measurement

After tuning the balance indicator, a coil is connected to the measuring binding posts. The inductance of the coil has to be approximately:

$$L \doteq \frac{1}{\omega^2 \cdot 1.65 \cdot 10^{-10}} \quad (\text{H; sec}^{-1})$$

In order to maintain good accessibility of the binding posts it is necessary to keep the dimensions of the coils as small as possible.

The bridge is balanced by setting scale P to – 165 pF and scale I to “∞”. After connecting the unknown capacitance and balancing the bridge, the result is read on scale P and marked down as C1.

The unknown real component is ascertained in the same manner as described in the section “Basic measurement”.

Neznámou kapacitu vypočítáme ze vztahu:

$$C_p = 165 + C_1 \quad (\text{pF})$$

přičemž kapacitu C_1 dosadíme do vzorce i se znaménkem odečteným ze stupnice P. V případě, že po připojení pomocné indukčnosti nelze most nulovacími prvky K a M vyrovnat při poloze stupnice I na „∞“, nastavíme na stupnici I takovou hodnotu, aby vyrovnání bylo možné. Po vyrovnání odečteme hodnotu R_{p1} . Po připojení neznámé kapacity a opětovném vyrovnání mostu odečteme hodnotu kapacity ze stupnice P a hodnotu odporu R_{p2} ze stupnice I.

Neznámou činnou paralelní složku vypočteme ze vztahu:

$$R_{px} = \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

Vyhodnocení kapacitní složky je stejné jako v předešlém případě.

Měření vř nesymetrických vedení

Měření rychlosti šíření.

Vedení délky asi $\lambda/4$ na konci zkratované nebo $\lambda/2$ na konci otevřené připojíme ke svorkám vyrovnaného mostu. Kmitočet generátoru musí být přitom nastaven tak, aby měřené vedení se projevovalo jako pouze činná složka (údaj kapacitní stupnice je 0 pF). Nastavený kmitočet, vyhovující tomuto požadavku, je rezonanční kmitočet f_0 připojené délky vedení. Rychlost šíření c_0 je:

The unknown capacitance is computed from the relation:

$$C_p = 165 + C_1 \quad (\text{pF})$$

The value of C_1 has to be applied in the above formula with the mathematical sign as read on scale P. Should it be impossible to balance the bridge with knobs K and M with the auxiliary coil connected and scale I set to „∞“, then such a value is set on scale I which enables balancing. After balancing, the value R_{p1} is read. After connecting the capacitor to be tested and rebalancing the bridge, the resulting capacitance is read on scale P and the resistance R_{p2} on scale I.

The unknown real parallel component is given as follows:

$$R_{px} = \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

The capacitance component can be interpreted in the same manner as described in the previous case.

Measurement of asymmetrical RF lines

Propagation velocity measurement.

A line of $\lambda/4$ length with short-circuited end, or of $\lambda/2$ length with open end is connected to the binding posts of the bridge. The frequency of the generator must be set so that the line under test acts only as a real component (i. e. the reading on the capacitance scale must be 0 pF). The frequency which meets this condition is the resonance frequency f_0 of the connected length of line (section). The propagation velocity c_0 is:

$c_0 = f_0 \cdot 4l$ (m/sec; Hz; m) pro měřený úsek $\lambda/4$

$c_0 = f_0 \cdot 2l$ (m/sec; Hz; m) pro měřený úsek $\lambda/2$

l = je geometrická délka měřeného úseku vedení $\lambda/4$ nebo $\lambda/2$ v metrech.

Měření charakteristické impedance

a) Pro zjištění charakteristické impedance je možno použít vztahu:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \frac{1}{c_0 \cdot C} \quad (\Omega; \text{m/sec}; \text{F})$$

C je kapacita otevřeného vedení na 1 m délky. Tato kapacita se určí změřením kapacity kratšího úseku vedení (např. 10 až 20 cm) na některém nižším kmitočtu (1 až 3 MHz) a přepočte se na délku 1 m.

b) Jiný vhodný způsob používá transformačního vztahu pro čtvrtvlnné vedení:

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$$

Při kmitočtu odpovídajícím elektrické délce vedení $\lambda/4$ změří se nejprve hodnota Z_1 pomocného zakončovacího odporu. Tento odpor se připojí na jeden konec měřeného vedení $\lambda/4$. Druhý konec vedení se připojí ke svorkám přístroje. Naměřenou impedanci kabelu se zakončovacím odporem označíme Z_2 .

$c_0 = f_0 \cdot 4l$ (m/sec; Hz; m) for the measured section of $\lambda/4$ length

$c_0 = f_0 \cdot 2l$ (m/sec; Hz; m) for the measured section of $\lambda/2$ length

l = the geometrical length of the $\lambda/4$ or $\lambda/2$ section in metres.

Measurement of characteristic impedance

a) The following relation is applicable:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{LC}}{C} = \frac{1}{c_0 \cdot C} \quad (\Omega; \text{m/sec}; \text{F})$$

C is the capacitance of an open line of 1 m length. This capacitance is determined by measuring the capacitance of a certain shorter section (e. g. of 10 to 20 cm length) at a lower frequency (e. g. 1 to 3 MHz) and applying the result to the length of 1 m.

b) Another method consists in the application of the transformation relation for a quarter-wave line:

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$$

At a frequency corresponding to the electrical length of $\lambda/4$ first the value Z_1 of an auxiliary terminating resistor is measured. Then this resistor is connected to one end of the measured $\lambda/4$ line and the other end of the line is connected to the binding posts of the VHF bridge. The resulting impedance of the cable with the terminating resistor applied is read and noted as Z_2 .

Charakteristická impedance vedení je:

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$$

Vhodná velikost zakončovacího odporu je hodnota předpokládané charakteristické impedance. Pro zjednodušení výpočtu je žádoucí, aby odpor měl zanedbatelnou reaktanční složku.

Měření útlumu vedení

Měrný útlum se vypočte ze vztahu:

$$\alpha = \frac{Z_0}{R_0 \cdot l} \quad (\text{Nep/m; } \Omega; \text{ m})$$

nebo

$$\alpha = \frac{Z_0 \cdot 8,68}{R_0 \cdot l} \quad (\text{dB/m; } \Omega; \text{ m})$$

R_0 – rezonanční odpor měřeného úseku $\lambda/4$ nebo $\lambda/2$, který se odečte ze stupnice I při měření rezonujícího úseku vedení.

Z_0 – charakteristická impedance

l – geometrická délka použitého vedení.

Měření vzdálených nebo zabudovaných prvků

Je-li nutno měřit prvky, případně celé obvody, které nelze připojit přímo ke svorkám přístroje, lze k jejich připojení použít nízkoztrátového vf kabelu o délce $\lambda/2$. V tomto při-

The characteristic impedance of the line is:

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$$

It is suitable to select the value of the terminating resistance Z_1 to equal the expected characteristic impedance. To simplify the computation it is desirable for the employed resistor to have a negligible imaginary component.

Measurement of line attenuation

The specific attenuation can be ascertained from the relation:

$$\alpha = \frac{Z_0}{R_0 \cdot l} \quad (\text{Np/m; } \Omega; \text{ m})$$

or

$$\alpha = \frac{Z_0 \cdot 8,68}{R_0 \cdot l} \quad (\text{dB/m; } \Omega; \text{ m})$$

R_0 – Resonance resistance of the measured $\lambda/4$ or $\lambda/2$ section which is read on scale I when measuring a resonance section of the line.

Z_0 – Characteristic impedance.

l – Geometrical length of the employed line.

Measurement of distant or built-in elements

If it is necessary to measure an element or a whole circuit which cannot be connected directly to the binding posts of the VHF bridge, then a low-loss coaxial RF cable of $\lambda/2$

padě transformuje vedení $\lambda/2$ zakončovací impedanci na vstupní konec v poměru 1 : 1.

Postup při měření

Nastavíme požadovaný kmitočet, vyrovnáme most a připojíme vedení $\lambda/2$. Údaj kapacity musí být 0 pF, údaj činné složky je R_{p1} . Na volný konec vedení připojíme neznámý prvek. Vyrovnáme most a odečteme údaje C_p a R_{p2} . Paralelní činnou složku měřeného neznámého objektu vypočteme ze vzorce

$$R_{px} = \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

Reaktanční složka měřeného prvku je určena paralelní kapacitou C_p .

Symetrická měření

Pro měření symetrických objektů je nutno použít vhodný symetrizační člen. Nejsnáze realizovatelné je použití symetrizační smyčky délky $\lambda/2$.

Provedení symetrizační smyčky a připojení neznámého symetrického prvku Y_x je na obr. 7.

Postup měření.

Nastavíme požadovaný kmitočet, vyrovnáme most a připojíme symetrizační smyčku. Vyrovnáme most, přičemž údaj

length can be employed. In such a case the $\lambda/2$ line terminating impedance is transformed to the input end at a ratio of 1 : 1.

Measuring procedure.

The required frequency is set and the bridge balanced. The $\lambda/2$ section is connected. The reading of the imaginary component must be 0 pF, that of the real component is R_{p1} . The unknown element is connected to the free end of the line. The bridge is balanced and the resulting values C_p and R_{p2} read. The parallel real components of the measured object is computed from the formula:

$$R_{px} = \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

The imaginary component of the measured element is determined by the parallel capacitance C_p .

Symmetrical measurements

For the measurement of symmetrical objects a suitable symmetrizing element must be employed. The simplest is to employ a symmetrizing loop of $\lambda/2$ length.

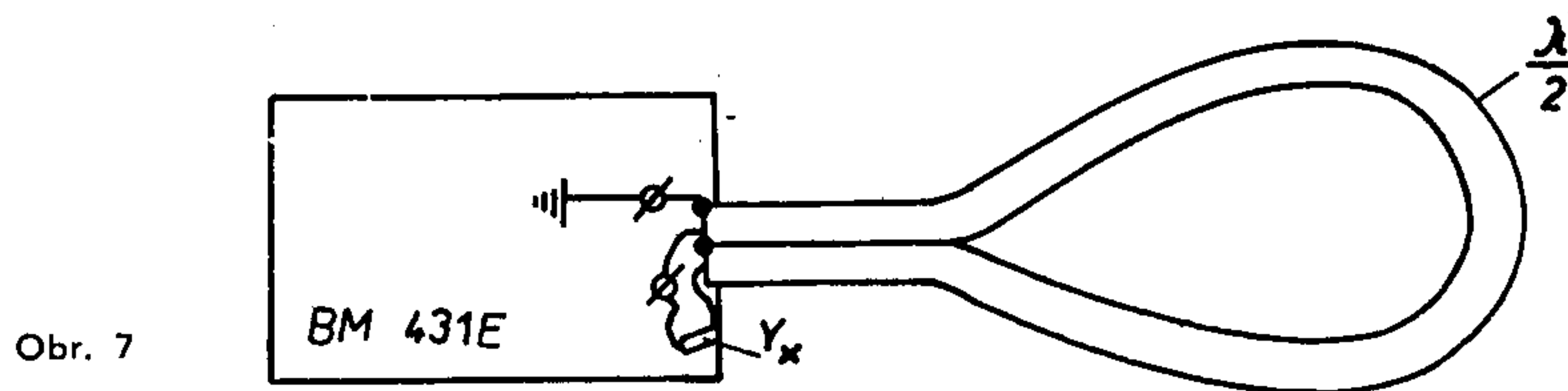
The design of such a loop and the connection of the unknown symmetrical element Y_x is shown in Fig. 7.

Measuring procedure.

The required frequency is set, the bridge is balanced and the symmetrizing loop connected. Then the bridge is ba-

kapacity musí být 0 pF. Odečtený údaj činné složky označíme R_{p1} .

lanced with the imaginary component = 0 pF. The resulting real component is read and noted as R_{p1} .



Připojíme neznámý symetrický objekt, vyrovnáme most a odečteme údaje C_p a R_{p2} .

The unknown symmetrical element is connected and the bridge balanced anew. The components C_p and R_{p2} are read and noted.

Poněvadž symetrizační smyčka $\lambda/2$ transformuje měřené symetrické admittance Y_x na nesymetrický vstup smyčky v poměru 1 : 4, je nutné naměřenou admitanci 4 krát zmenšit.

As the symmetrizing loop $\lambda/2$ transforms the measured symmetrical admittance Y_x to the asymmetrical input of the loop with the ratio of 1 : 4, the resulting admittance must be divided by 4.

Neznámá paralelní činná složka měřeného symetrického objektu je určena vztahem:

The unknown real parallel component of the measured symmetrical object is given by the relation:

$$R_{px} = 4 \cdot \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

$$R_{px} = 4 \cdot \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

Neznámá paralelní reaktanční složka je určena kapacitou

The unknown imaginary component is determined by the capacitance

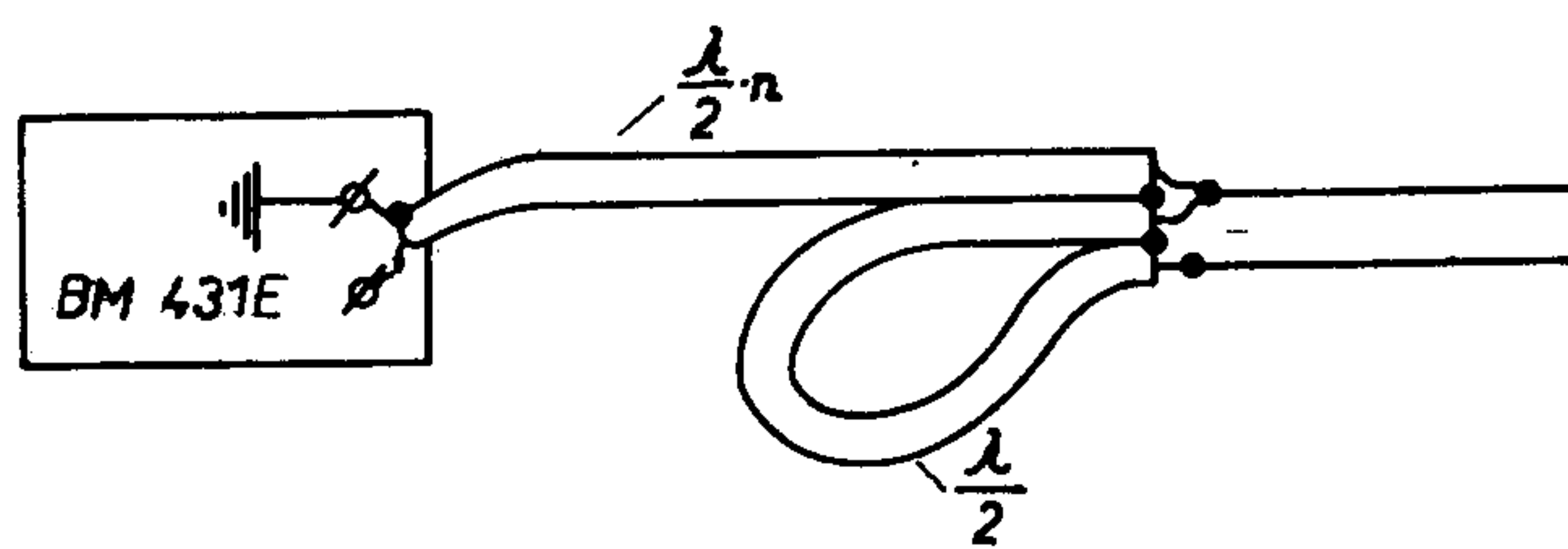
$$C_{px} = \frac{C_p}{4}$$

$$C_{px} = \frac{C_p}{4}$$

Měření vzdálených symetrických prvků, zvláště antén

Pro tato měření je možno použít způsobu podle kapitol „Měření vzdálených nebo zabudovaných prvků“ a „Symetrická měření“.

Připojení neznámého vzdáleného symetrického prvku, tj. například antény, je uvedeno na obr. 8.



Obr. 8

Fig. 8

Measurement of distant symmetrical objects, especially aeriels

The method is applicable which is described in the sections "Measurement of distant or built-in elements" and "Symmetrical measurements".

The connection of a distant unknown symmetrical object, e. g. an aerial, is shown in Fig. 8.

Postup měření

Vyrovnáme most při nezatížených měřicích svorkách L. Připojíme prodlužovací nízkoztrátové vedení délky $\lambda/2$ nebo n -krát $\lambda/2$ ($n = \text{celé číslo}$) a vyrovnáme most. Údaj mostu nesmí vykazovat reaktanční složku. Na konec prodlužovacího vedení připojíme symetrizační smyčku a opět vyrovnáme most. (Údaj kapacity musí být opět $C_p = 0$.) Odečteme údaj činné složky R_{p1} . Připojíme symetrický neznámý prvek, vyrovnáme most a odečteme hodnoty C_p a R_{p2} .

Measuring procedure

The bridge is balanced with the measuring binding posts L open. The extending low-loss line, the length of which is $\lambda/2$ or an n th multiple of $\lambda/2$ (n is an integer), is connected and the bridge balanced. The reading on the capacitance scale (imaginary component) must be zero. To the end of the line is connected the symmetrizing loop and the bridge is balanced anew. (The imaginary component, i. e. the reading of C_p must be again zero.) The real component is read and noted as R_{p1} . After the connection of the unknown object, the data C_p and R_{p2} are read.

Neznámou paralelní činnou složku vypočteme ze vztahu:

$$R_{px} = 4 \cdot \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

Neznámá reaktanční složka je určena paralelní kapacitou:

$$C_{px} = \frac{C_p}{4}$$

Při měření rychlosti šíření, charakteristické impedance a útlumu symetrických vedení použijeme v zásadě stejného způsobu, jak je popsán v kapitole „Měření v nesymetrických vedení“, avšak s použitím symetrizační smyčky podle kapitoly „Symetrická měření“.

Přizpůsobení zátěže k napáječi

Vf vedení, zakončené na výstupním konci zátěží, připojíme vstupním koncem k měřicím svorkám vyrovnaného mostu. Provedeme vyrovnaní mostu a odečteme hodnoty R_p a C_p . Poněvadž k dalšímu vyhodnocení použijeme Smithova kruhového diagramu, vypočítáme redukované susceptanční a konduktanční složky ze vzorců:

$$B_p \cdot Z_0 = \omega C_p Z_0; \quad G_p \cdot Z_0 = \frac{Z_0}{R_p}$$

přičemž Z_0 je charakteristická impedance vedení.

The unknown real component is given as follows:

$$R_{px} = 4 \cdot \frac{R_{p1} \cdot R_{p2}}{R_{p1} - R_{p2}}$$

The imaginary component determined by the parallel capacitance is:

$$C_{px} = \frac{C_p}{4}$$

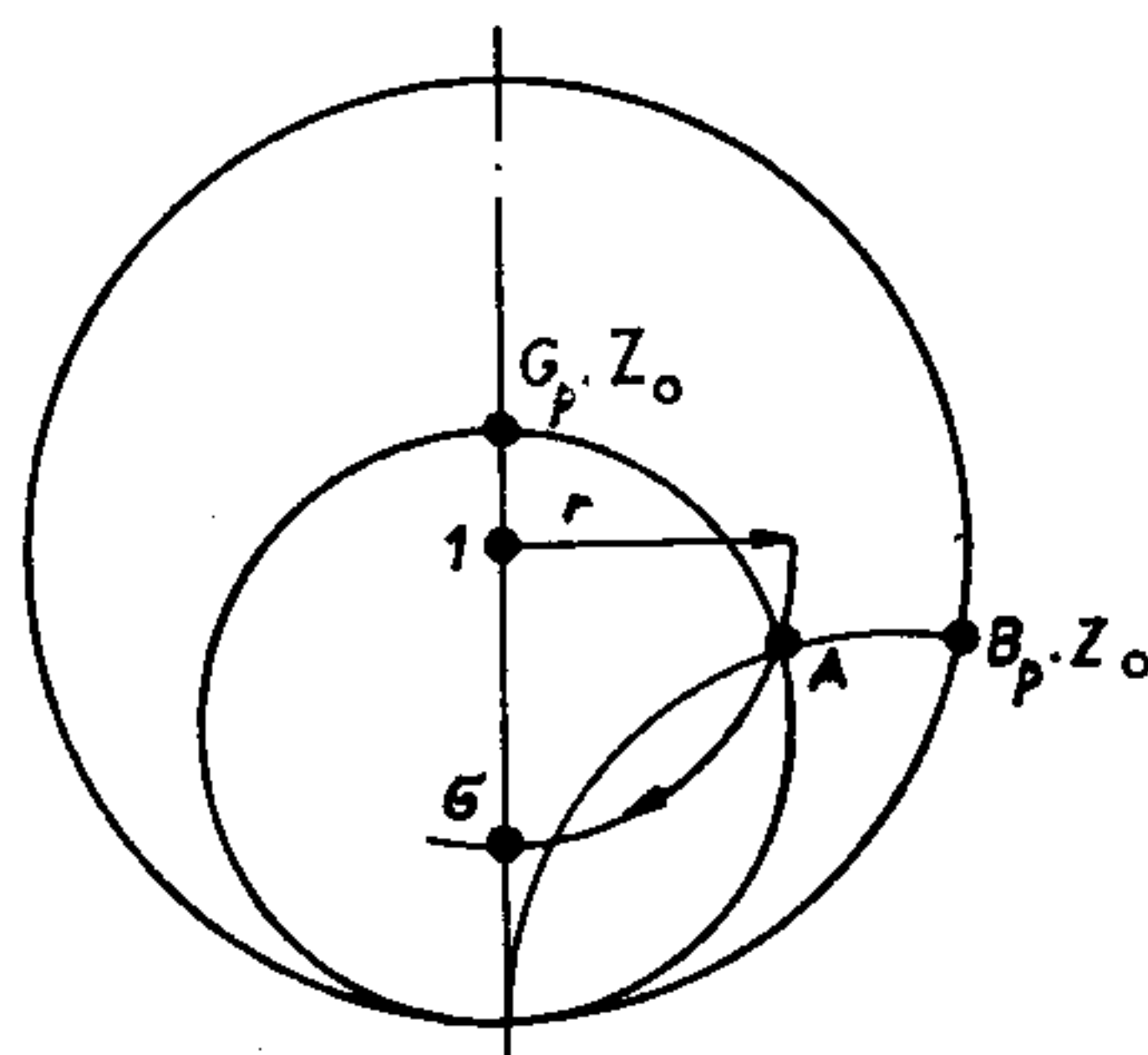
When the propagation velocity, characteristic impedance and attenuation of a symmetrical line is measured, then basically the same method is applicable as described in the section “Measurement of asymmetrical RF lines”, provided the symmetrizing loop, as described in the section “Symmetrical measurements”, is employed.

Matching of loads to sources

An RF line terminated across the output end by a load is connected by its input end to the measuring binding posts of the VHF bridge which has been previously balanced. Then the bridge is balanced and the data R_p and C_p ascertained. As a Smith chart must be used for further evaluation, the reduced susceptance and conductance components are computed from the formulae:

$$B_p \cdot Z_0 = \omega C_p Z_0; \quad G_p \cdot Z_0 = \frac{Z_0}{R_p}$$

where Z_0 is the characteristic impedance of the line.



Obr. 9

Fig. 9

V síti souřadnic Smithova diagramu určíme bod (A), odpovídající vypočteným redukovaným admitančním složkám. Kružnicí, jejíž střed odpovídá středu kruhového diagramu (bod 1 na reálné ose), spojíme bod A se svislou osou reálných složek. Průsečík kružnice s touto osou udává poměr stojatých vln σ .

Point A, corresponding to the computed reduced admittance components, is found in the Smith chart. Then a circle, the centre of which (point marked 1 on the axis of real components) tallies with that of the Smith chart, is drawn through point A and where this circle intersects the axis of real components, is found σ , i. e. the standing wave ratio.

Korekce naměřených výsledků

Poněvadž i při pečlivé konstrukci mostového obvodu nebylo možné zcela odstranit všechny zbytkové parametry prvků měrného obvodu, je v zájmu přesnosti naměřených údajů nutné respektovat následující korekční vztahy. Zbytkové parametry ovlivňující naměřené výsledky jsou uvedeny na obr. 10.

$L_c \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ H}$ – zbytková sériová indukčnost substitučního kondenzátoru C49.

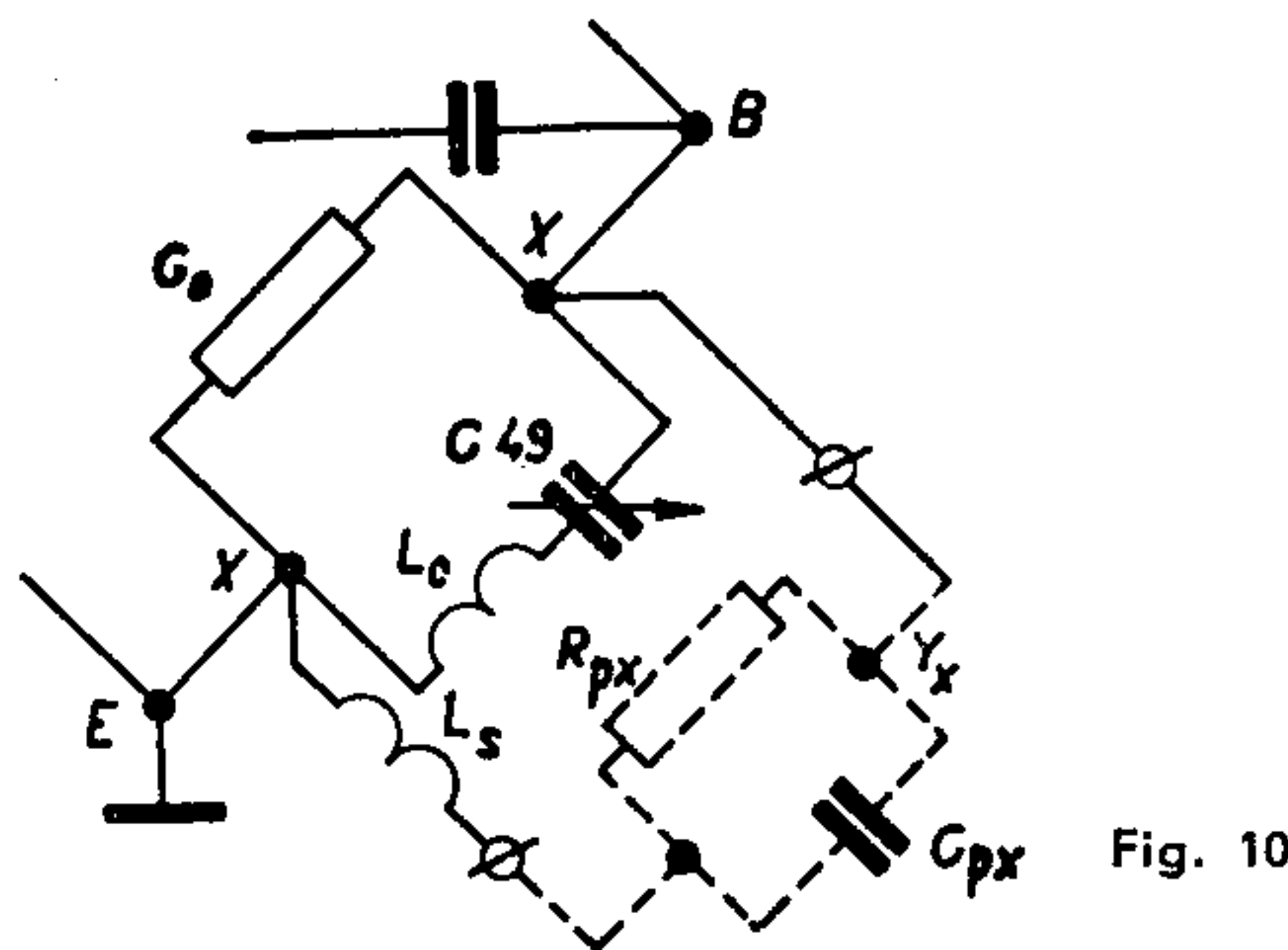
Correction of the result of measurements

As even in spite of most careful design it is quite impossible to remove completely all residual parameters of the measuring circuit components, it is necessary to apply correction if exact results are required. The residual parameters which affect the results of measurements are indicated in Fig. 10.

$L_c \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ H}$ – Residual series inductance of the substitution capacitor C49.

$L_s \approx 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ H}$ – zbytková sériová indukčnost připojovacích svorek.

$L_s \approx 2.2 \cdot 10^{-9} \text{ H}$ – Residual series inductance of the binding posts.



a) Zbytková indukčnost L_c :

způsobuje, že při vyšších kmitočtech a při větších měřených kapacitách jsou skutečné hodnoty kapacit $\pm C_{px}$ větší než hodnoty $\pm C_p$ odečtené ze stupnice P (obr. 1).

a) Residual inductance L_c :

At higher frequencies and at larger measured capacitances this inductance influences the measurement so that the real capacitance values $\pm C_{px}$ are larger than the values $\pm C_p$ read on scale P (Fig. 1).

Skutečná hodnota C_{px} paralelní kapacity je při měření kladných kapacit (kondenzátory):

The real value C_{px} of the parallel capacitance in the measurement of positive capacitances (capacitors) is as follows:

$$C_{px} = \frac{C_p}{1 - \omega^2 L_c (2C_v - C_p)} \quad (\text{F; sec}^{-1}; \text{H}) \quad (1)$$

$$C_{px} = \frac{C_p}{1 - \omega^2 L_c (2C_v - C_p)} \quad (\text{F; sec}^{-1}; \text{H}) \quad (1)$$

Skutečná hodnota $-C_{px}$ paralelní kapacity při měření záporných kapacit (indukčností) se vypočte ze stejného vzorce, avšak za C_p se dosadí hodnota záporná.

$\pm C_p$ je hodnota odečtená ze stupnice P (obr. 1).
 $C_v = 40 \text{ pF}$ je vnitřní hodnota kapacity kondenzátoru C49 při nulové poloze stupnice P.

b) Indukčnost L_s :

způsobuje, že měřená admitance Y_x tvořená paralelní kombinací C_{px} a R_{px} se jeví na měřicích bodech x-x (obr. 10) jako změněná admitance Y :

$$Y = \frac{1}{R_{px}} + j\omega \left[C_{px} (1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px}) - \frac{L_s}{R_{px}^2} \right] \\ (1 - \omega^2 L_s C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}$$

Naměřené hodnoty R_p a C_p odpovídají tedy výrazům:

$$R_p = R_{px} \left[(1 - \omega^2 L_s C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2} \right]$$

$$C_p = C_{px} \cdot \frac{(1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px}) - \frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2}}{(1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}}$$

The real value $-C_{px}$ of the parallel capacitance in the measurement of negative capacitances (inductances) can be computed from the same formula, of course the value C_p will be negative.

$\pm C_p$ is the value read on scale P (Fig. 1).
 $C_v = 40 \text{ pF}$ is the capacitance value of capacitor C49 in the zero position of scale P.

b) Inductance L_s :

This inductance causes the measured object of the admittance Y_x , formed by the parallel combination C_{px} and R_{px} , to act across the measuring points x-x (Fig. 10) as if it had an admittance of the value Y which differs from Y :

$$Y = \frac{1}{R_{px}} + j\omega \left[C_{px} (1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px}) - \frac{L_s}{R_{px}^2} \right] \\ (1 - \omega^2 L_s C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}$$

The measured values R_p and C_p correspond to the expressions:

$$R_p = R_{px} \left[(1 - \omega^2 L_s C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2} \right]$$

$$C_p = C_{px} \cdot \frac{(1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px}) - \frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2}}{(1 - \omega^2 L_s \cdot C_{px})^2 + \frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}}$$

Činitel $\frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}$ možno ve většině případů zanedbat.

(Pro nejnepříznivější případ $f = 250$ MHz, $R_{px} = 15 \Omega$ platí:

$$\frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2} = 4,38 \cdot 10^{-2}.)$$

Činitel $\frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2}$ možno zanedbat jen při měření větších C_{px} a R_{px} .

(Pro $C_{px} = 10$ pF, $R_{px} = 100 \Omega$ platí:

$$\frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2} = 2 \cdot 10^{-2}.)$$

Zanedbáním výše uvedených výrazů můžeme zjednodušit korekční vzorce následovně:

$$C_{px} \doteq C_p \cdot \frac{1}{1 + \omega^2 L_s C_p} \quad (\text{H; F; s}^{-1}) \quad (2)$$

$$R_{px} \doteq R_p (1 + \omega^2 L_s C_p)^2 \quad (\Omega; \text{H; F; s}^{-1}) \quad (3)$$

C_{px}, R_{px} – skutečné hodnoty neznámé měřené admitance

C_p, R_p – hodnoty odečtené ze stupnic

$$L_s \doteq 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ H}$$

The factor $\frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2}$ can be usually ignored.

(In the most disadvantageous case, at $f = 250$ MHz and $R_{px} = 15 \Omega$ the following is valid:

$$\frac{\omega^2 L_s^2}{R_{px}^2} = 4,38 \cdot 10^{-2}.)$$

The factor $\frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2}$ can be ignored only when larger C_{px} and R_{px} values are being measured.

(At $C_{px} = 10$ pF and $R_{px} = 100 \Omega$, then

$$\frac{L_s}{C_{px} \cdot R_{px}^2} = 2 \cdot 10^{-2}.)$$

By ignoring the above two factors, the correction formulae can be simplified as follows:

$$C_{px} \doteq C_p \cdot \frac{1}{1 + \omega^2 L_s C_p} \quad (\text{H; F; s}^{-1}) \quad (2)$$

$$R_{px} \doteq R_p (1 + \omega^2 L_s C_p)^2 \quad (\Omega; \text{H; F; s}^{-1}) \quad (3)$$

C_{px}, R_{px} – Correct data of the unknown measured admittance

C_p, R_p – Data read on the scales

$$L_s \doteq 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ H}$$

Je-li odečtená kapacita záporná (induktivní charakter měřené admittance), dosadíme za hodnotu C_p nebo C_{px} hodnotu zápornou, takže výrazy $\omega^2 L_s C_p$ nebo $\omega^2 L_s C_{px}$ změni znaménko.

Použití korekčních grafů

Pro značnou část měření lze použít korekčních grafů č. 1 a č. 2. Oba grafy lze použít pro ta měření, pro která platí zanedbatelnost členů, uvedených v kapitole „Korekce naměřených výsledků“ – bod b).

Prakticky to znamená, že musí platit:

$$\frac{\omega^2 L_s^2}{R_p^2} \ll 1 \quad \text{a} \quad \frac{L_s}{C_p R_p^2} \ll 1$$

Korekční graf č. 1 zahrnuje korekce podle vzorců (1) a (2) kapitoly „Korekce naměřených výsledků“.

Korekční graf č. 2 uvádí korekce podle vzorců (3) a (1) kapitoly „Korekce naměřených výsledků“.

Graf č. 1 – korekce údajů kapacit C_p

Na vodorovné ose jsou uvedeny použité kmitočty a na svislé ose jsou kapacity C_p odečtené ze stupnice P (obr. 1). Soustava šikmých čar uvádí korekční násobící koeficienty – a.

Správná hodnota kapacity se vypočte ze vztahu:

If the read capacitance value is negative (inductive character of the measured admittance) the value C_p or C_{px} must be negative; consequently, the expression $\omega^2 L_s C_p$ or $\omega^2 L_s C_{px}$ changes its mathematical sign.

Application of the correction diagrams

For many measurements, for which certain factors can be ignored, as described in item b of the section “Correction of the results of measurements”, the correction diagrams Nos. 1 and 2 can be used.

In actual practice this means that the following conditions must be met:

$$\frac{\omega^2 L_s^2}{R_p^2} \ll 1 \quad \text{and} \quad \frac{L_s}{C_p R_p^2} \ll 1$$

The correction diagram No. 1 contains the corrections according to the formulae (1) and (2) mentioned in the section “Correction of the results of measurements”, whereas diagram No. 2 contains the corrections according to the formulae (3) and (1).

Diagram No. 1 – Correction of the capacitances C_p

On the horizontal axis are the applied frequencies, on the vertical axis the capacitances C_p as read on scale P (Fig. 1) of the VHF bridge. The family of tilted curves indicates the multiplication (correction) factors a. The correct capacitance value is given as follows:

$$C_{px} = C_p \cdot a$$

Graf č. 2 – korekce údajů odporů R_p

Na vodorovné ose jsou uvedeny použité kmitočty, na svislé ose jsou kapacity C_p odečtené ze stupnice P (obr. 1). Soustava šikmých čar uvádí korekční násobící koeficienty b .

Správná hodnota odporu se vypočte ze vztahu:

$$R_{px} = R_p \cdot b,$$

přičemž R_p je hodnota odečtená ze stupnice I (obr. 1).

Upozornění

Při měření vysokých admitancí na kmitočtech 200 až 250 MHz a zvláště při měření vstupních admitancí tranzistorů (s přípravkem BP 4310) při sníženém vf napětí může být v některých případech vyrovnání mostu obtížné.

Obtíž spočívá v tom, že při vyrovnávání mostu v těchto podmínkách dochází k malému ovlivnění kmitočtu vf generátoru. Tato nežádoucí změna kmitočtu způsobí pokles výchylky ručkového měřidla, který může být mylně považován za pokles výchylky následkem vyrovnání mostu. Nesprávné minimum výchylky ručkového měřidla lze poznat takto:

1. Při dostavení kmitočtu pomocného generátoru regulátorem D (obr. 1) vzroste podstatně původní chybová minimální výchylka ručkového měřidla a most po dalším vy-

$$C_{px} = C_p \cdot a$$

Diagram No. 2 – Correction of the resistances R_p

On the horizontal axis are the employed frequencies, on the vertical axis the capacitances C_p as read on scale P (Fig. 1) of the VHF bridge. The family of tilted curves, indicates the multiplication (correction) factors b . The correct resistance value is given as follows:

$$R_{px} = R_p \cdot b,$$

where R_p is the value read on scale I (Fig. 1).

Note:

When high admittances are measured at frequencies between 200 and 250 MHz especially in the measurement of input admittances of transistors (by using the BP 4310 jig), at reduced RF voltage in certain cases bridge balancing can be difficult.

This difficulty is caused by the fact that when the bridge is being balanced under such conditions the frequency of the generator is slightly affected resulting in a change which reduces the deflection of the indicator. The deflection drop can be mistaken for balancing. This incorrect deflection drop (minimum) can be recognized as follows:

1. When the auxiliary generator is being adjusted with control D (Fig. 1) the original error-caused minimum deflection increases considerably and the bridge indicates new

rovnání dosahuje minimální výchylky ručkového měřidla opět při jiných polohách stupnic I a P.

2. Chybné minimum výchylky ručkového měřidla je „neostré“ vzhledem k pohybu stupnic I a P.

Pro rychlé a správné vynulování mostu je vhodné:

- a) Vyrovnat nejprve tu složku admitance, která je převažující. Je-li tedy předpokládané $G = \frac{1}{R_p} > \omega C_p$, vyrovnáme most nejprve stupnicí I a naopak.
- b) Je-li možné předpokládat přibližné hodnoty měřeného prvku, vyrovnáme most v oblasti těchto hodnot.
- c) Po vyrovnání mostu zkontrolujeme správnost poloh stupnic I a P malou změnou polohy regulátoru D. V případě, že lze tímto dostavením zvětšit původní minimální výchylku, nesmí regulátory O a J po opětovém dostavení změnit podstatně svou polohu. Vzhledem k pohybu stupnic I a P je minimum „ostré“.

DOSTAVENÍ A OPRAVY

Po dlouhodobém použití, při demontáži horního krytu přístroje nebo demontáži horní svorkové desky měrného obvodu může po opětovém sestavení přístroje dojít k případu, že při základní poloze stupnic I a P a při nejvyšších kmitočtech nelze vyrovnat most pomocí regulátorů M a K.

minimum deflection at other positions of scales I and P.

2. The erroneous deflection of the indicator is not distinct (sharp) with regard to the movement of scales I and P.

For speedy and correct bridge balancing it is advantageous to proceed as follows:

- a) To balance first that admittance component which is prevailing. If it is expected that $G = \frac{1}{R_p} > \omega C_p$, then first I scale is operated – and vice versa.
- b) If it is possible to assess the approximate values of the measured object, the bridge is balanced in their region.
- c) After the bridge has been balanced, the correct setting of scales I and P is checked by slightly altering the position of control D. If it is possible to increase the minimum deflection of the indicator in this manner, then controls O and J must not change their positions considerably when rebalancing is attempted. The minimum deflection must be “sharp” with regard to the movement of scales I and P.

ADJUSTMENT AND REPAIRS

After lengthy operation, when the top cover of the VHF bridge or the board with the binding posts has been removed, it can happen that the bridge cannot be balanced at the highest frequencies with knobs M and K when scales I and P are set to their basic positions.

K nápravě tohoto nedostatku je nutné vyšroubovat krycí šroub s modrým označením (horní svorková deska přístroje) a pomocí vhodného šroubováčku otočit v malém rozsahu (asi $\frac{1}{2}$ otáčky) šroub vnitřního nastavovacího kondenzátoru C45. Přitom je nutné zkontrolovat, zda je nulování pomocí regulátorů M a K možné v celém kmitočtovém rozsahu.

Po tomto dostavení opět zašroubujeme šroub s modrým označením.

Výměna variátoru E9

Pro stabilizaci žhavicího napětí elektronek E1, E2, E4 je použit variátor 1AN 111 25 3 V \div 9 V, 1,4 A.

V případě, že po dlouhodobém použití přístroje se vlákno variátoru přeruší, lze tuto závadu určit takto: při jakémkoliv kmitočtu nelze ovládacím prvkem D (obr. 1) nastavit výchylku ručkového měřidla, ručka měřidla je stále v nulové poloze, elektronka E4 nežhaví – lze zjistit průhledem přes perforaci horního krytu přístroje.

Při výměně variátoru se postupuje takto:

1. Odstranit horní perforovaný kryt přístroje.
2. Vyměnit variátor E9 – náhradní variátor je dodáván s přístrojem jako příslušenství.

To remedy this fault the covering screw marked blue (on the binding post board) has to be removed and by using a suitable screwdriver the control of the trimmer capacitor C45 (which thus becomes accessible) has to be adjusted within narrow limits (about $\frac{1}{2}$ a revolution). Then it is necessary to ensure that the operation of knobs M and K results in correct balancing within the whole frequency range of the VHF bridge.

After adjustment the covering screw marked blue must be replaced and tightened.

Exchange of the barretter E9

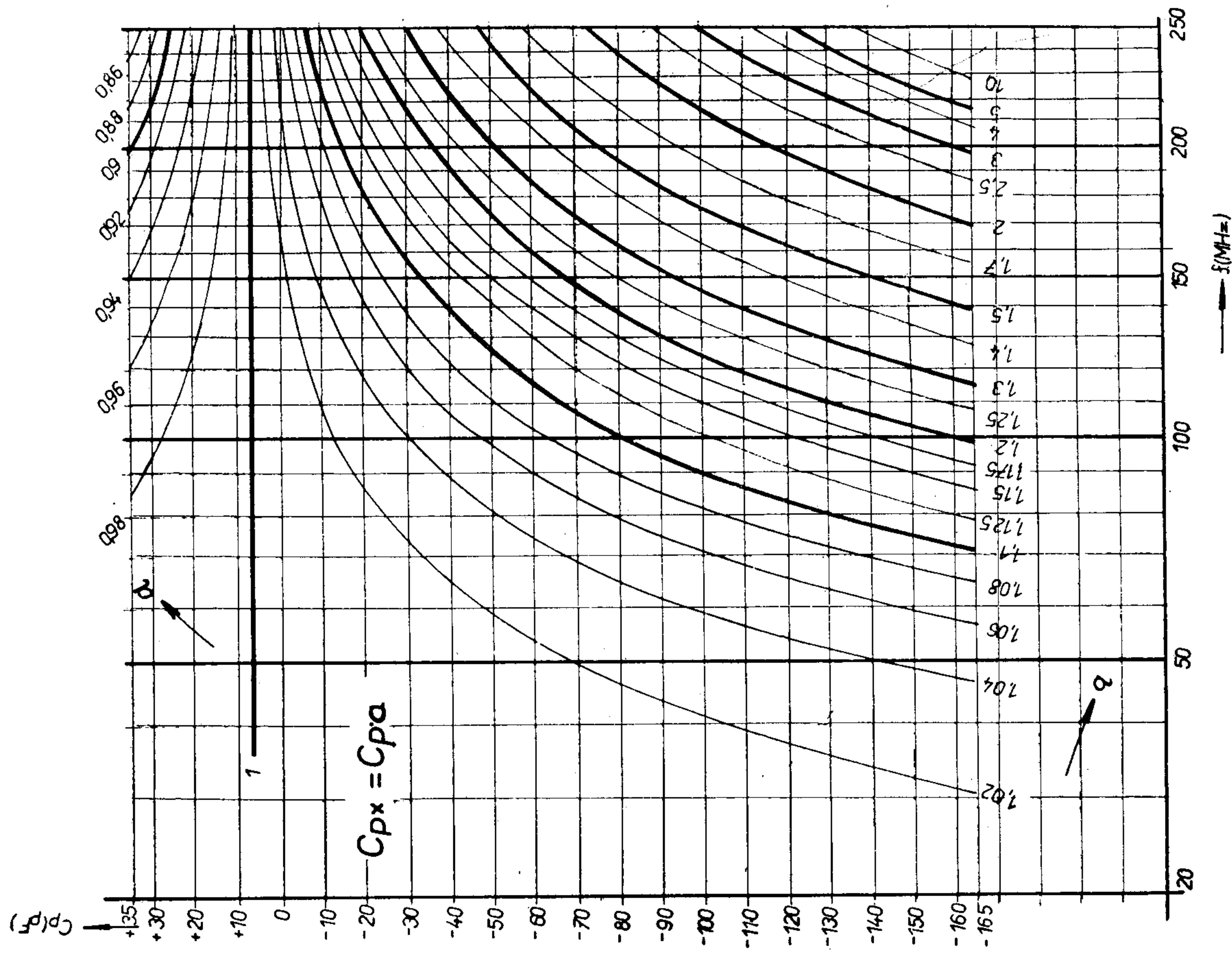
For stabilizing the heater current of tubes E1, E2, E4, a barretter designated 1AN 111 25 is employed (3 to 9 V, 1.4 A). After lengthy operation of the VHF bridge, the filament of the barretter can become interrupted. This defect can be ascertained as follows: At any selected frequency, control D (Fig. 1) is inoperative, the deflection of the indicator cannot be altered and always remains in the zero position; tube E4 does not glow, as can be ascertained by locking through the airing perforations in the top cover of the bridge.

The procedure for exchanging the barretter is as follows:

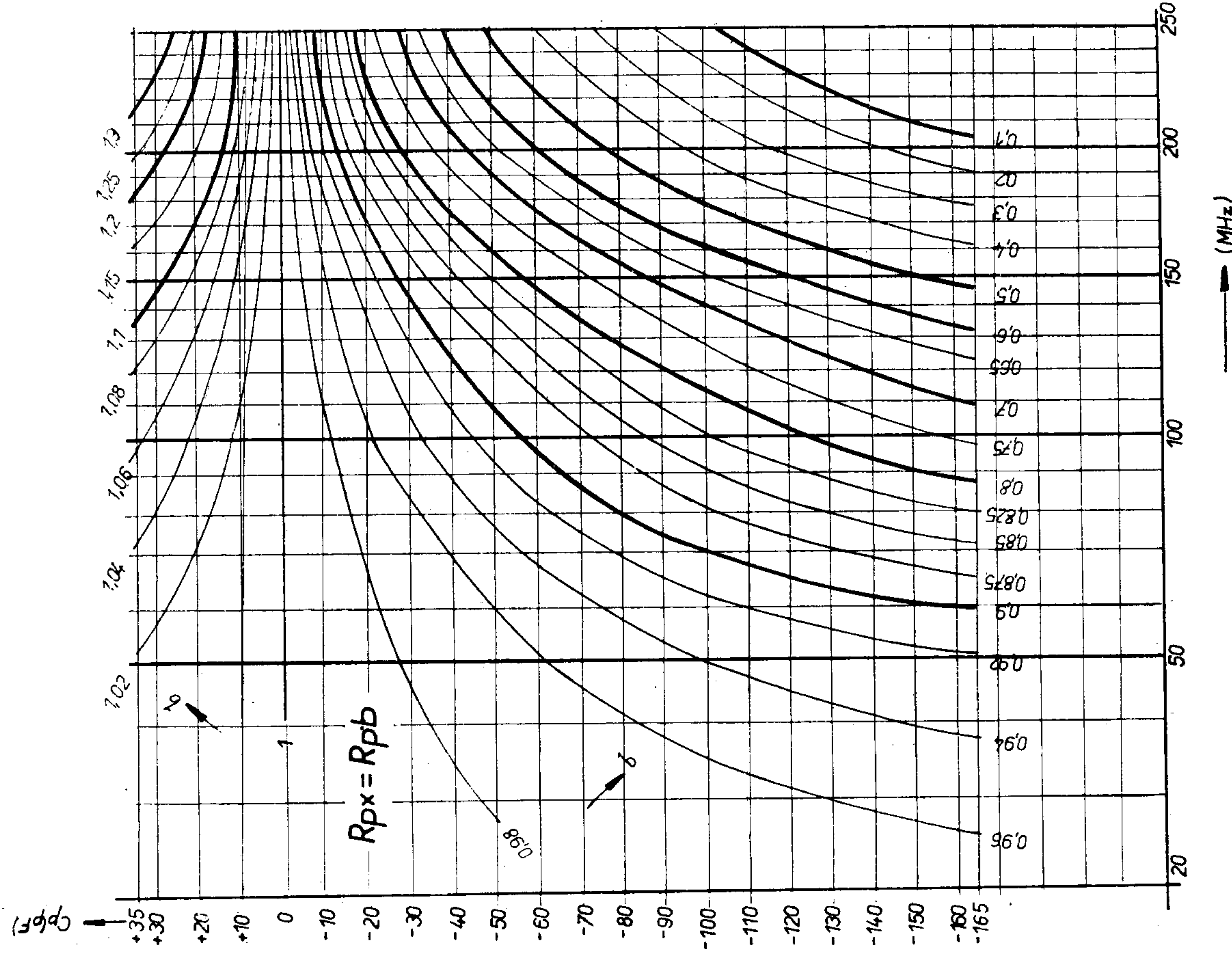
1. The upper cover of the cabinet is removed.
2. The barretter E9 is exchanged – a spare one is an accessory of the bridge.

3. Střídavé žhavicí napětí měřené voltmetrem v bodě U3 (viz schéma) za variátorem má být 6,3 V. Případnou odchylku od této hodnoty opravit změnou polohy odbočky odporu R50. V případě, že variátor nepracuje ve správné stabilizační oblasti, možno tuto oblast nastavit změnou napětí přepojením vhodné odbočky 16, 17, 18, 19 na síťovém transformátoru.
4. Připevnit horní perforovaný kryt přístroje.
Po dobu záruční lhůty přístroje provádí výměnu variátoru výrobní podnik.
3. The AC heater voltage measured with a voltmeter at the point marked U3 (see diagram of the VHF bridge) after the barretter must be 6.3 V. A difference – if any – can be removed by adjusting the slider of resistors R50. Should the barretter not operate in the required stabilizing range, adjustment can be carried out by altering the voltage, i. e. by selecting a correct tap (16, 17, 18 or 19) of the mains transformer.
4. The perforated upper cover must be replaced.

GRAF KOREKCI KAPACITNICH ÚDAJŮ C_p (č. 1)
 DIAGRAM No. 1. CORRECTION OF THE C_p VALUES



GRAF KOREKCI ÚDAJŮ REALNÉ SLOŽKY R_p (č. 2)
 DIAGRAM No. 2. CORRECTION OF THE R_p VALUES



LIST OF ELECTRICAL COMPONENTS

Resistors:

No.	Type	Value	Max. load W	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
R1	Film	22 k Ω	0.125	10	TR 112a 22k/A
R2	Film	22 k Ω	0.125	10	TR 112a 22k/A
R3	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R4	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R5	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R6	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R7	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R8	Wire-wound	2.2 k Ω	2	—	TR 636 2k2
R9	Film	470 Ω	0.25	10	TR 151 470/A
R10	Film	470 Ω	0.25	10	TR 151 470/A
R11	Film	22 k Ω	0.125	10	TR 112a 22k/A
R12	Film	22 k Ω	0.125	10	TR 112a 22k/A
R13	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R14	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R15	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R16	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R17	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R18	Wire-wound	2.2 k Ω	2	10	TR 636 2k2/A
R19	Film	470 Ω	0.25	10	TR 151 470/A
R20	Film	470 Ω	0.25	10	TR 151 470/A
R21	Film	200 Ω	0.1	1	WK 650 31 200/D
R22	Film	200 Ω	0.1	1	WK 650 31 200/D

No.	Type	Value	Max. load W	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
R23	Resistors	150 Ω	0.5	1	TR 107 150/D
R24	Film	150 Ω	0.1	1	WK 650 31 150/D
R25	Film	100 Ω	0.1	1	WK 650 31 100/D
R26	Film	470 Ω	0.125	10	TR 112a 470/A
R27	Potentiometer	100 Ω	—	—	1AN 694 31
R28	Carbon layer	1.5 k Ω	0.125	10	TR 112a 1k5/A
R29	Potentiometer	500 Ω	—	—	1AN 694 30
R30	Film	220 Ω	0.125	10	TR 112a 220/A
R31	Film	3.3 M Ω	0.125	10	TR 113a 3M3/A
R32	Film	3.9 k Ω	0.125	10	TR 112a 3k9/A
R33	Film	68 Ω	0.125	10	TR 112a 68/A
R34	Film	560 Ω	0.125	10	TR 112a 560/A
R35	Film	39 k Ω	0.125	10	TR 112a 39k/A
R36	Film	160 k Ω	0.25	5	TR 151 M16/B
R38	Film	5.6 k Ω	0.125	10	TR 112a 5k6/A
R38	Film	8.2 k Ω	0.125	10	TR 112a 8k2/A
R38	Film	12 k Ω	0.125	10	TR 112a 12k/A
R39	Film	120 k Ω	0.125	10	TR 112a M12/A
R40	Film	220 Ω	0.125	10	TR 112a 220/A
R41	Film	33 k Ω	0.25	10	TR 151 33k/A
R42	Film	1 k Ω	0.25	10	TR 151 1k/A
R43	Film	330 k Ω	0.125	10	TR 112a M33/A
R44	Film	120 k Ω	0.125	10	TR 112a M12/A
R45	Film	220 Ω	0.125	10	TR 112a 220/A

No.	Type	Value	Max. load W	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
R46	Film	33 k Ω	0.25	10	TR 151 33k/A
R47	Film	1 k Ω	0.25	10	TR 151 1k/A
R48	Potentiometer	6.8 k Ω	0.2	—	TP 040 6k8/20 %
R49	Film	1.8 k Ω	0.125	10	TR 112a 1k8/A
R50	Wire-wound	68 Ω	10	10	TR 556 68/A
R51	Film	82 Ω	0.125	10	TR 112a 82/A
R51	Film	100 Ω	0.125	10	TR 112a 100/A
R51	Film	120 Ω	0.125	10	TR 112a 120/A
R51	Film	330 Ω	0.125	10	TR 112a 330/A
R51	Film	680 Ω	0.125	10	TR 112a 680/A
R51	Film	1.2 k Ω	0.125	10	TR 112a 1k2/A
R52	Film	160 k Ω	0.25	5	TR 151 M16/B
R53	Film	200 k Ω	0.25	5	TR 151 M2/B
R54	Film	240 k Ω	0.25	5	TR 151 M24/B
R55	Film	510 Ω	0.25	5	TR 151 510/B
R56	Film	51 k Ω	0.25	5	TR 151 51k/B
R57	Film	33 k Ω	1	5	TR 153 33k/B
R58	Film	200 k Ω	0.25	5	TR 151 M2/B
R59	Potentiometer	100 k Ω	0.5	—	TP 280b 16E M1/N
R60	Film	82 k Ω	0.25	5	TR 151 82k/B
R61	Potentiometer	10 k Ω	5	—	WN 690 10 10k
R62	Potentiometer	10 k Ω	5	—	WN 690 10 10k
R63	Film	18 Ω	0.125	10	TR 112a 18/A
R63	Film	27 Ω	0.125	10	TR 112a 27/A

No.	Type	Value	Max. load W	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
R63	Film	39 Ω	0.125	10	TR 112a 39/A
R63	Film	56 Ω	0.125	10	TR 112a 56/A
R64	Film	39 Ω	0.125	10	TR 112a 39/A
R64	Film	47 Ω	0.125	10	TR 112a 47/A
R64	Film	56 Ω	0.125	10	TR 112a 56/A
R64	Film	82 Ω	0.125	10	TR 112a 82/A
R64	Film	120 Ω	0.125	10	TR 112a 120/A
R65	Wire-wound	3.3 k Ω	25	—	TR 558 3k3
R66	Film	22 Ω	0.5	—	TR 144 22
R67	Film	18 Ω	0.125	10	TR 112a 18/A
R67	Film	27 Ω	0.125	10	TR 112a 27/A
R67	Film	39 Ω	0.125	10	TR 112a 39/A
R67	Film	56 Ω	0.125	10	TR 112a 56/A
R67	Film	82 Ω	0.125	10	TR 112a 82/A
R68	Film	47 Ω	0.125	10	TR 112a 47/A
R68	Film	68 Ω	0.125	10	TR 112a 68/A
R68	Film	100 Ω	0.125	10	TR 112a 100/A
R68	Film	180 Ω	0.125	10	TR 112a 180/A
R69	Film	18 Ω	0.125	10	TR 112a 18/A
R69	Film	22 Ω	0.125	10	TR 112a 22/A
R69	Film	27 Ω	0.125	10	TR 112a 27/A
R69	Film	39 Ω	0.125	10	TR 112a 39/A
R70	Film	8.2 k Ω	0.125	10	TR 112a 8k2/A
R70	Film	12 k Ω	0.125	10	TR 112a 12k/A

No.	Type	Value	Max. load W	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
R70	Film	18 k Ω	0.125	10	TR 112a 18k/A
R70	Film	27 k Ω	0.125	10	TR 112a 27k/A
R70	Film	56 k Ω	0.125	10	TR 112a 56k/A
R71	Film	39 k Ω	0.125	10	TR 112a 39k/A
R71	Film	56 k Ω	0.125	10	TR 112a 56k/A
R71	Film	82 k Ω	0.125	10	TR 112a 82k/A
R72	Film	47 Ω	0.125	10	TR 112a 47/A
R74	Film	18 Ω	0.125	10	TR 112a 18/A
R74	Film	27 Ω	0.125	10	TR 112a 27/A
R74	Film	39 Ω	0.125	10	TR 112a 39/A
R76	Wire-wound	8.2 k Ω	10	10	TR 511 8k2/A

Capacitors :

No.	Type	Value	Max. DC voltage	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
C1	Ceramic	6.8 pF	350	—	TK 221 6J8
C2	Ceramic	6.8 pF	350	—	TK 221 6J8
C3	Feed-through	1000 pF	250	—	TK 536 1k
C4	Capacitor	44.25 pF	—	—	1AN 705 47
C5	Trimmer	4.5 pF	400	—	WK 701 22
C6	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07

No.	Type	Value	Max. DC voltage	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
C7	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C8	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C9	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C10	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C11	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C12	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C13	Ceramic	6.8 pF	350	—	TK 221 6J8
C14	Ceramic	6.8 pF	350	—	TK 221 6J8
C15	Capacitor	—	—	—	1AN 705 46
C16	Capacitor	44.25 pF	—	—	1AN 705 46
C17	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C18	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C19	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C20	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C21	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C22	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C23	Trimmer	6 pF	400	—	1AK 701 07
C24	Feed-through	2200 pF	250	—	TK 538 2k2
C25	Feed-through	2200 pF	250	—	TK 538 2k2
C26	Feed-through	3300 pF	250	—	TK 538 3k3
C27	Feed-through	3300 pF	250	—	TK 538 3k3
C28	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06
C29	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06
C30	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06

No.	Type	Value	Max. DC voltage	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
C31	Feed-through	3300 pF	250	—	1AK 713 08
C32	Paper	0.1 μ F	630	—	TC 184 M1
C33	Feed-through	2200 pF	250	—	TK 538 2k2
C34	Feed-through	2200 pF	250	—	TK 538 2k2
C35	Feed-through	3300 pF	250	—	TK 538 3k3
C36	Feed-through	3300 pF	250	—	TK 538 3k3
C37	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06
C38	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06
C39	Feed-through	2200 pF	250	—	1AK 713 06
C40	Feed-through	3300 pF	250	—	1AK 713 08
C41	Feed-through	1000 pF	250	—	TK 536 1k
C44	Capacitor	—	—	—	1AN 705 48
C45	Trimmer	4.5 pF	400	—	1AK 701 09
C50	Ceramic	1 pF	350	—	TK 270 1
C50	Ceramic	1.5 pF	350	—	TK 270 1J5
C50	Ceramic	2.2 pF	350	—	TK 272 2J2
C50	Ceramic	3.3 pF	350	—	TK 272 3J3
C51	Ceramic	1 pF	350	—	TK 270 1
C52	Ceramic	10 000 pF	100	—	TK 440 10k
C53	Feed-through	1500 pF	160	—	TK 535 1k5
C54	Ceramic	6800 pF	100	—	TK 440 6k8
C55	Feed-through	3300 pF	250	—	TK 536 3k3
C56	Ceramic	6800 pF	100	—	TK 440 6k8
C57	Paper	47 000 pF	160	—	TC 181a 47k

No.	Type	Value	Max. DC voltage	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
C58	Ceramic	100 pF	250	2	TK 319 100/C
C59	Paper	47 000 pF	160	—	TC 181a 47k
C60	Ceramic	100 pF	250	10	TK 423 100/A
C61	Paper	0.22 μ F	160	—	TC 181a M22
C62	Paper	10 000 pF	400	—	TC 183a 10k
C63	Ceramic	100 pF	250	2	TK 319 100/C
C64	Paper	47 000 pF	400	—	TC 183a 47k
C65	Ceramic	100 pF	250	10	TK 318 100/A
C66	Paper	47 000 pF	160	—	TC 181a 47k
C67	Paper	0.22 μ F	160	—	TC 181a M22
C68	Paper	10 000 pF	400	—	TC 183a 10k
C69	Paper	47 000 pF	400	—	TC 183a 47k
C70	Ceramic	100 pF	250	2	TK 721 100/C
C71	Ceramic	15 pF	500	10	TK 722 15/A
C72	Ceramic	100 pF	250	2	TK 721 100/C
C73	Paper	0.15 μ F	630	—	TC 184a M15
C74	Electrolytic	10 μ F	35	—	TE 986 10M
C75	Paper	0.1 μ F	400	—	TC 183a M1
C76	Ceramic	47 pF	500	—	TK 322 47
C77	Electrolytic	50 μ F	450	—	TC 521a 50M
C78	Electrolytic	5 μ F	250	—	TE 991 5M
C79	Ceramic	10 pF	250	10	TK 409 10/A
C80	Ceramic	10 pF	250	10	TK 409 10/A
C81	Ceramic	120 pF	250	2	TK 319 120/C

No.	Type	Value	Max. DC voltage	Tolerance \pm %	Standard ČSSR
C82	Ceramic	120 pF	250	2	TK 319 120/C
C83	Ceramic	120 pF	250	2	TK 721 120/C
C84	Ceramic	120 pF	250	2	TK 721 120/C
C86	Paper	5000 pF	250	—	WK 724 69
C87	Paper	5000 pF	250	—	WK 724 69
C90	Ceramic	2.2 pF	500	—	4TK 322 2J2
C90	Ceramic	3.3 pF	500	—	4TK 322 3J3
C90	Ceramic	4.7 pF	500	—	4TK 322 4J7
C90	Ceramic	6.8 pF	500	—	4TK 322 6J8
C91	Paper	0.22 μ F	400	—	TC 183 M22

The capacity C15 is formed by the components of the capacitors C16 (1AN 705 46).

The capacities C42, C43, C46, C47, C48, C49, C85 are formed by the constructional design of the bridge.

Transformers and coils:

Component	Marking	Drawing No.	Windings	No. of taps	No. of turns	Wire \varnothing in mm
Transformer Coil	T1	1AN 662 56 1AK 623 62	—	1–2	368	0.315
			—	3–4	368	0.315
			—	5–6	34	0.450
			—	7–8	1130	0.150
			—	8–9	1130	0.150
			—	10–11	24	0.800
			—	12–13	23	0.600
			—	14–15	47	1.00
			—	16–17	1	1.00
			—	17–18	3	1.00
			—	18–19	5	1.00
Coil	L1	1AK 587 50	L1A	1–2	104	0.125
			L1B	3–4	104	0.125
			L1C	5–6	2	0.200
Coil	L2	1AK 587 51	L2A	1–2	54	0.125
			L2B	3–4	54	0.125
			L2C	5–6	2	0.200
Coil	L3	1AK 587 52	L3A	1–2	23	0.125
			L3B	3–4	23	0.125
			L3C	5–6	2	0.200

Component	Marking	Drawing No.	Windings	No. of taps	No. of turns	Wire \varnothing in mm
Coil	L4	1AK 587 53	L4A	1-2	12.5	0.250
			L4B	3-4	12.5	0.250
			L4C	5-6	2	0.200
Coil	L5	1AK 587 54	L5A	1-2	6.5	0.500
			L5B	3-4	6.5	0.500
			L5C	5-6	2	0.200
Coil	L6	1AK 587 55	L6A	1-2	8	0.355
			L6B	3-4	8	0.355
			L6C	5-6	2	0.200
Coil	L7	1AK 587 56	L7A	1-2	3	0.425
			L7B	3-4	3	0.425
			L7C	5-6	2	0.200
Coil	L9	1AK 587 57	L9A	1-2	104	0.125
			L9B	3-4	104	0.125
			L9C	5-6	1	0.200
Coil	L10	1AK 587 58	L10A	1-2	54	0.125
			L10B	3-4	54	0.125
			L10C	5-6	1	0.200
Coil	L11	1AK 587 59	L11A	1-2	23	0.125
			L11B	3-4	23	0.125
			L11C	5-6	1	0.200

Component	Marking	Drawing No.	Windings	No. of taps	No. of turns	Wire \varnothing in mm
Coil	L12	1AK 587 60	L12A	1-2	11.5	0.250
			L12B	2-3	11.5	0.250
			L12C	4-5	1	0.200
Coil	L13	1AK 587 61	L13A	1-2	6.5	0.500
			L13B	2-3	6.5	0.500
			L13C	4-5	1	0.200
Coil	L14	1AK 587 62	L14A	1-2	8	0.355
			L14B	3-4	8	0.355
			L14C	5-6	1	0.200
Coil	L15	1AK 587 63	L15A	1-2	3	0.425
			L15B	3-4	3	0.425
			L15C	5-6	1	0.200
Coil	L17	1AK 600 33	L	1-2	18	0.600
Coil	L18	1AK 600 33	L	1-2	18	0.600
Coil	L19	1AK 600 33	L	1-2	18	0.600
Coil	L20	1AK 600 34	L	1-2	30	0.400
Coil	L21	1AK 600 34	L	1-2	30	0.400
Coil	L22	1AK 600 32	L	1-2	2 \times 180	0.125
Choke coil	L23	1AN 652 77	-	-	60	1.0
Coil	L24	1AK 600 33	L	1-2	18	0.600

Component	Marking	Drawing No.	Windings	No. of taps	No. of turns	Wire \varnothing in mm
Coil	L38	1AK 598 00	L1		100	0.35
			L2		100	0.35
Choke coil	L39	1AA 600 62			8	0.4
Choke coil	L40	1AA 600 62			8	0.4

Inductions L8 and L16 are formed by the connecting feeds in the turrets.

Sundry electrical components :

Component	Type – Value	Drawing No.	
Tube E1, E2	ECC85	1AN 111 25	
Tube E3	ECC84		
Tube E4, E5, E12	EF80		
Germanium diode E6, E7	GAZ51		
Barretter E9	GLÜWO		
Tube E10	EZ81		
Tube E11	EL86		
Tube E13	StR 75/60		
Incandescent lamp Z	6 V/0.05 A		1AN 109 12
Meter M	MP 120 – 100 μ A		1AP 777 08
Fuse cartridge P1	0.5 A/250 V for 220 V	ČSN 35 4731	
	1 A/250 V for 120 V	ČSN 35 4731	
Fuse cartridge P2	0.16 A/250 V	ČSN 35 4731	



**EXPORT
IMPORT
KOVO**
PRAHA
CZECHOSLOVAKIA