

# MĚŘIČ REZONANCE

Ing. Pavel Šrubař

Sací měřič rezonance je mnohostranný měřicí přístroj v dílně radioamatéra. Základem každého měřiče rezonance je cejchovaný oscilátor s indikací amplitudy kmitů. V popisovaném přístroji se amplituda kmitů převádí na akustický signál, reprodukováný z vestavěného sluchátka, přičemž výška tónu je úměrná amplitudě vf signálu (zeslabení kmitů vlivem sacího jevu se projeví snížením tónu).

## Technické údaje

### Funkce přístroje:

sací měřič rezonance,  
absorpční vlnoměr,  
záznějový vlnoměr,  
signální generátor,  
zkoušeč zkratů.

Měřicí rozsah: 1 až 230 MHz.

Přesnost čtení kmitočtu: 5 %.

Napájení: 1,5 V, 10 mA (tužkový článek).

Rozměry: 104 × 54 × 25 mm.

Hmotnost: 0,15 kg.

S tímto sluchátkem je ovšem tón méně hlasitý. Pro práci v hlučném prostředí je nf výstup vyveden na zdířku Zd3, do níž lze zapojit externí monaurální sluchátko.

## Mechanická konstrukce

Všechny součástky mimo C2, C5, Zd1, Zd2, Zd3 jsou umístěny na desce s plošnými spoji podle obr. 2. Tužkový článek B1 je připevněn k desce sešitým páskem textilní „gumy“. Vývody

VYBRALI JSME NA

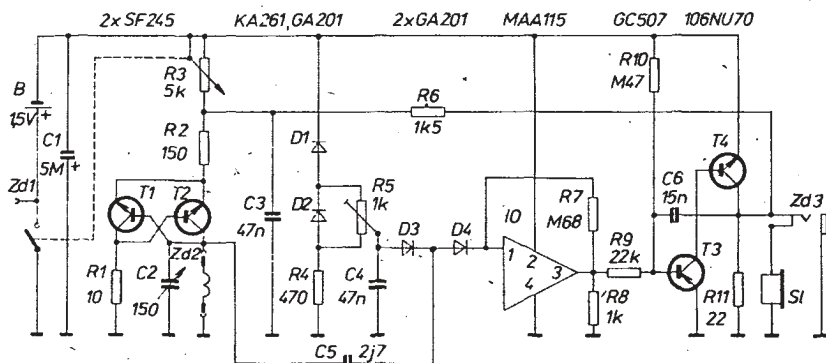


OBÁLKU

jsou připájeny k přírodním kablíkům, kladný vývod je třeba izolovat od stěny, krabičky silonovým kloboučkem. Sluchátko je zalepeno do kruhového otvoru v desce s plošnými spoji. Součástky R1, R4, D3 a D4 jsou umístěny nastojato, kondenzátor C5 je připájen přímo mezi spojem diod D3, D4 a konektorem Zd2.

Podmínkou dosažení kmitočtového rozsahu nad 200 MHz jsou malé parazitní indukčnosti a kapacity v obvodu vf oscilátoru. Proto je pro vf spoje použit měděný pásek. Otočný kondenzátor C2 je z přijímače REMA. Je použita vstupní sekce s kapacitou 4 až 150 pF. Dolaďovací trimr je samozřejmě nastaven na minimální kapacitu. Knoflíkový potenciometr R3 o průměru 22 mm je rovněž z přijímače REMA. Výhodnější by byl typ s lineárním průběhem.

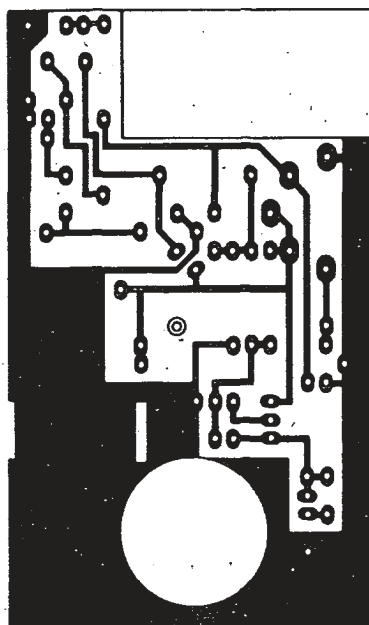
Skříňka přístroje je vyrobena z kupřetitu tloušťky 2 mm podle obr. 3. Z pěti dílů spájíme vaničku, která se uzavírá víkem (obr. 4). Víko se opírá o úhelníky z měděného plechu, vpájené do rohů krabičky, a je drženo jedním šroubem (poz. 5 na obr. 5), zašroubovaným do matice (poz. 1), připájené ke dnu krabičky. Rozpěrnou trubičkou (poz. 4) je deska s plošnými spoji (poz. 3) stlačena ke dnu vaničky. Jako izolace slouží polystyrénová fólie (poz. 2) stejných rozměrů jako má deska s plošnými spoji.



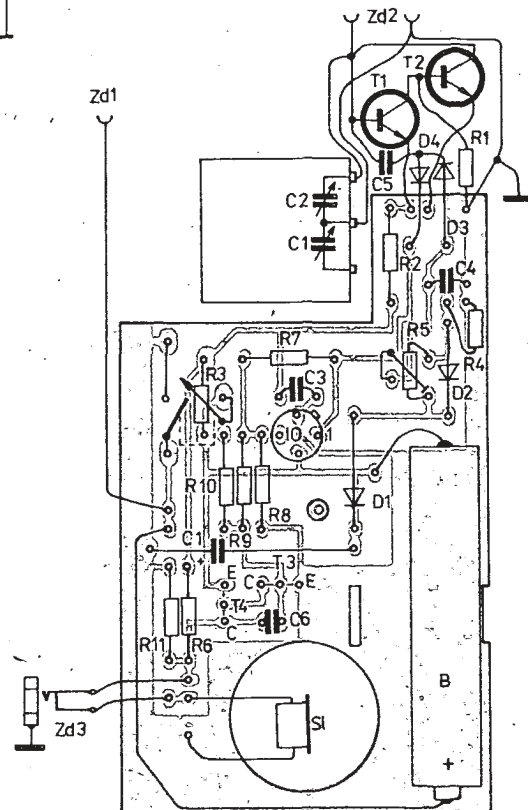
Obr. 1. Schéma zapojení

## Popis zapojení

Vf oscilátor pracuje ve dvoubodovém zapojení (obr. 1). Jeho vlastnosti jsou popsány např. v [1]. Amplituda vf kmitů se detekuje diodovým zdvojovačem D3, D4 a zesiluje v IO. Pracovní bod integrovaného zesilovače se nastaví trimrem R5 a je stabilizován pomocí diod D1 a D2. Křemíková dioda D1 současně kompenzuje teplotní závislost  $U_{BE}$  prvního tranzistoru v IO. Záporná zpětná vazba odporem R7 zmenšuje zesílení stejnosměrného zesilovače. Proměnným ss napětím na výstupu IO se ovládá kmitočet nf oscilátoru s T3, T4. Odpor R6 zavádí mírnou AM a FM do vf oscilátoru. Impedanci sluchátka zmenšuje odpor R11; se sluchátkem 200 Ω totiž nf oscilátor nekmítá spolehlivě. Při použití levnějšího miniaturního sluchátka 8 Ω, dodávaného k tranzistorovým přijímačům, lze odpor R11 vynechat.



Obr. 2. Deska R08 s plošnými spoji měřiče rezonance a rozložení součástek (označení C2 u otočného kondenzátoru neplatí!)



Otočný kondenzátor je přišroubován přímo ke dnu vaničky. Z vnější strany je čtyřmi šroubky M3×3 upevněna stupnice 53 × 68 mm, krytá ovládacím kotoučkem z organického skla podle obr. 6.

### Seznam součástek

|          |                                                   |
|----------|---------------------------------------------------|
| IO       | MAA115 (MAA125)                                   |
| T1, T2   | SF245 (KF524)                                     |
| T3       | GC507                                             |
| T4       | 106NU70                                           |
| D1       | KA261                                             |
| D2 až D4 | GA201                                             |
| R1       | 10 Ω, TR 112a                                     |
| R2       | 150 Ω, TR 112a                                    |
| R3       | 5 kΩ, log. potenciometr s vyp. („knoflíkový“ typ) |
| R4       | 470 Ω, TR 112a                                    |
| R5       | 1 kΩ, TP 011                                      |
| R6       | 1,5 kΩ, TR 112a                                   |
| R7       | 0,68 MΩ, TR 112a                                  |
| R8       | 1 kΩ, TR 112a                                     |
| R9       | 22 kΩ, TR 112a                                    |
| R10      | 0,47 MΩ, TR 112a                                  |
| R11      | 22 Ω, TR 112a                                     |
| C1       | 5 μF, TC922                                       |
| C2       | 150 pF, otočný (WN 70407)                         |
| C3, C4   | 47 nF, TK 782                                     |
| C5       | 2,7 pF, TK 656                                    |
| Sl.      | sluchátko ALS 202                                 |
| B        | monočlánek typ 150                                |
| Zd1      | miniaturní zdička                                 |
| Zd2      | reproduktorová zásuvka 6 AF 28230                 |
| Zd3      | rozpinací zdička pro sluchátko                    |

### Nastavení a cejchování

Okamžitě po zapnutí se musí ze sluchátka přístroje ozvat tón. Měníme-li polohu běžce trimru R5, má se napětí na výstupu IO1 měnit přibližně v rozmezí 0 až 1,5 V. Výška tónu by měla kolísat v rozsahu asi dvou oktáv. Trimr nastavíme do bodu, v němž se výška tónu právě začíná zvětšovat. Do konektoru Zd2 zapojíme provizorní cívku a vyzkoušíme, zda kmitá i v oscilátor.

Pak můžeme zhotovit cívky. Začínáme od cívky pro nejvyšší rozsah, tvořenou jedním závitem měděného pásu. Další cívky vineme tak, abychom dosáhli potřebného překrytí rozsahů. Jako orientační vodičko poslouží údaje v tab. 1. Cívky pro tři nejvyšší rozsahy jsou samonosné, ostatní jsou navinuty na „plastikovou“ trubičku o Ø 6,5 mm z uzavěru značkovače Centrofix 1796. Cívky jsou připájeny k běžným konektorovým zástrčkám pro připojování reproduktorů. Výhodnější je k tomuto účelu jejich starší provedení (bez upevňovací armatury, kterou by jinak bylo nutno odstranit).

Vinutí cívek zajistíme epoxidovým lepidlem. Před cejchováním opatříme přístroj provizorní lineární stupnicí. K cejchování lze použít rozhlasový přijímač nebo vý generátor. Měřič rezonance při kalibraci nastavujeme na

režim C (střední výška tónu). Při nedostatku měřicích přístrojů můžeme ocejchovat vyšší kmitočty pomocí vf vedení, které se chová jako rezonanční obvod. K tomu účelu zakoupíme černou TV dvoulinku PLE300-8 za 2 Kčs/m. Ustříhneme kus o délce  $l$ , který na jednom konci zkratujeme. Cívku měřiče přiblížíme ke zkratovanému konci. Dvoulinku přitom držíme vzdálenou od kovových předmětů. Pro čtvrtvlnnou rezonanci tohoto vedení platí

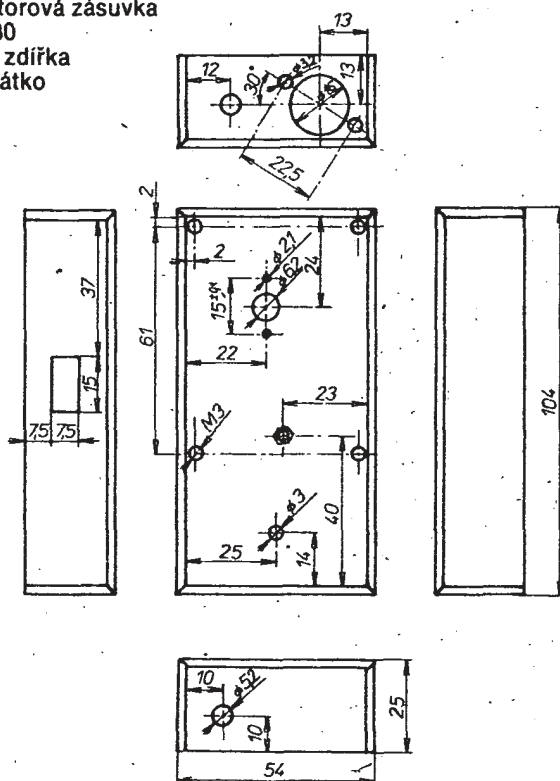
$$l = \frac{63}{f} \quad [m; \text{MHz}]$$

Dvoulinku postupně zkracujeme na délky, odpovídající násobkům 10 MHz, a získáme tak řadu kalibračních bodů. Výslednou stupnici nakreslíme v měřítku aspoň 4:1 a fotograficky zmenšíme.

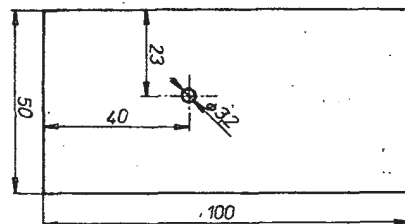
### Postup měření

#### Sací měřič rezonance

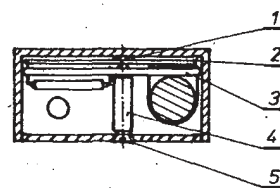
Podle předpokládaného kmitočtu zasuneme do přístroje vhodnou cívku a zapneme napájení. Ozve se základní (nízký) tón. Při dalším otáčení potenciometrem „nasadí“ vf kmity a tón se zvýší. Závislost výšky tónu na natočení potenciometru je na obr. 7. Otáči-



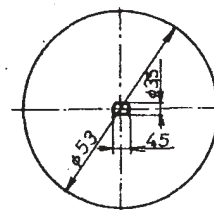
Obr. 3. „Vanička“ skřínky přístroje



Obr. 4. Vloko



Obr. 5. Průřez sestaveným přístrojem

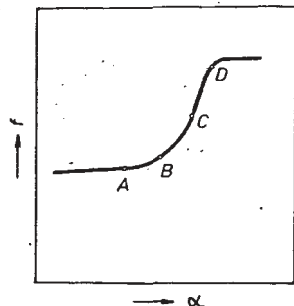


Obr. 6. Ovládací kotouč

Tab. 1. Údaje cívek

| Jmenovitý rozsah [MHz] | Počet závitů | Průměr a typ vodiče [mm] | Indukčnost [μH] |
|------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| 1 až 2                 | 200          | Ø 0,08 CuLH              | 174             |
| 2 až 5                 | 96           | Ø 0,1 CuL                | 39              |
| 5 až 15                | 38           | Ø 0,2 CuL                | 5,8             |
| 15 až 40               | 12           | Ø 0,4 CuL                | 0,94            |
| 30 až 90               | 6            | Ø 1,15 CuL               | 0,20            |
| 70 až 230              | 1            | 3 × 0,5 Cu               | 0,032           |

me-li dále potenciometrem, začnou být v kmitu omezeny a tón už se dále nezvyšuje (bod D na obr. 7). Nastavíme pracovní režim C (přibližně střední výška tónu), přiblížíme cívku přístroje k měřenému rezonančnímu obvodu a otáčením ladícího kondenzátoru vyhledáme rezonanci. Budou-li oba kmitavé obvody nalaďeny na stejný kmitočet, odsaje měřený rezonanční obvod část energie z v oscilátoru a výška tónu ze sluchátka se zmenší. Na stupnici pak přečteme hledaný rezonanční kmitočet.



Obr. 7. Závislost výšky tónu na poloze běžce potenciometru

#### Absorpční vlnoměr

Nastavíme režim A (těsně před nasazením kmitů). Přiblížíme-li cívku měřiče ke zkoumanému kmitajícímu oscilátoru, bude při shodě kmitočtů přístroj odsávat v energii a tón se zvýší.

#### Zázneřový vlnoměr

Postup měření je obdobný jako při měření absorpčním vlnoměrem, nastavíme však režim B („slabé“ kmitu). Při shodě obou kmitočtů dochází v detektoru k interferencím, které se projevují zakolísáním tónu při přeladování. Při rychlém protáčení ladícího kondenzátoru se ozývá charakteristické cvrknutí. Zázneřový vlnoměr je citlivější než absorpční, avšak vnáší do měřeného oscilátoru vlastní kmitu a může dojít ke strhávání kmitočtu.

#### Signální generátor

Nastavíme režim C. Potřebujeme-li silnější signál s vyšším obsahem harmonických, můžeme zvětšit amplitudu až k bodu D. Signál je současně amplitudově i kmitočtově modulován slyšitelným kmitočtem. Ke zkoušenému zařízení jej přivedeme vazební cívku, nasazenou na výměnné cívice našeho přístroje. Většinou však stačí přiblížit měřič k anténním zdírkám přijímače.

#### Zkoušeč zkratů

Přístroj nezapínáme. Do zdířky Zd1 zasuneme ohebný kablík. Druhý vývod je tvořen hrotem zasunutým do Zd2 místo cívky. Hrot je spojen s kostrou přístroje, a tak jeho spojením se zdírkou Zd1 přemostíme spínač napájení a ozve se základní tón. Lze zkoušet vodivost obvodů až do odporu asi 30 30 Ω.

Další využití měřiče rezonance je popsáno v [2].

#### Závěr

Oproti obvykle používanému ručkovému měřidlu má akustická indikace řadu výhod:

- má větší citlivost díky značné citlivosti sluchu na změny kmitočtu;
- uvolňuje zrak od sledování ručky měřidla;
- ani při rychlém přeladování nepřehlédneme rezonanci, neboť ucho zaregistruje i krátkou změnu výšky tónu;
- menší pořizovací náklady;
- lepší mechanickou odolnost (např. při pádu přístroje na zem);
- trvalou akustickou indikaci zapnutí přístroje.

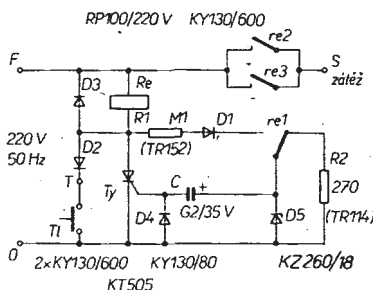
Použití v oscilátor se záporným diferenciálním odporem spolehlivě kmitá i při malém rezonančním odporu a zjednodušuje výrobu cívek. Nevyniká ovšem stabilitou, což spolu s malým rozměrem stupnice neumožňuje dosáhnout velké přesnosti. V případě potřeby přesnějšího výsledku musíme kalibrovat laboratorním generátorem, doplněným popř. čítačem. Kapesní rozměry přístroje oceníme zejména při opravách mimo dílnu, nastavování antén nebo na Polním dnu.

#### Literatura

- [1] Brunnhofer, V.: Signální generátor a Q-metr. AR A8/1981.
- [2] Hellebrand, J.: Tranzistorový měřič rezonance. AR A8/1976.

## ČASOVÝ SPÍNAČ PRO STŘÍDAVÝ PROUD

Popsaný časový spínač umožňuje časové zpoždit vypnutí obvodů střídavého proudu 220V/50 Hz. Spínač (obr. 1) pracuje následujícím způsobem. Napájecí napětí 220 V je připojeno trvale, relé Re je v klidové poloze. Stisknutím tlačítka T1 relé přitáhne a přepínacími kontakty re1 spojí řídicí elektrodu tyristoru Ty s anodou přes sériový obvod tvořený odporem R1, diodou D1 a kondenzátorem C. Po uvolnění tlačítka zůstane relé sepnuto, neboť po určité část každé kladné půlperiody prochází přes zmíněný sériový obvod do řídicí elektrody tyristoru proud, který jej otevírá. Tento proud současně nabíjí kondenzátor C, na kterém se tedy zvětšuje napětí. Vybití tohoto kondenzátoru zabraňuje dioda D1.



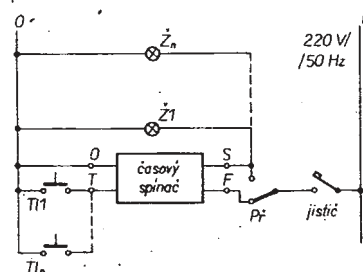
Obr. 1. Schéma zapojení spínače

Když napětí na kondenzátoru C dosáhne Zenerova napětí diody D5, přestane do řídicí elektrody tyristoru téci proud, tyristor se uzavře a relé odpadne. Časový spínač je tak připraven k dalšímu použití. Dioda D3 má pomocnou funkci, slouží k tomu, aby relé zůstalo přitaženo po dobu záporné půlperiody.

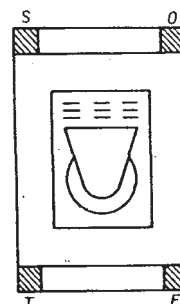
Zpoždění je závislé na odporu R1, kondenzátoru C, na citlivosti tyristoru, tedy na proudu nutném k jeho otevření, a na napětí Zenerovy diody D5. Odpor R1 řídíme úhel otevření tyristoru. Při síťovém napájení 220 V volíme tento úhel asi 60°. To znamená, že napětí, při němž tyristor spíná, je asi 150 V. Toto napětí lze změřit voltmetrem indukujícím vrcholové napětí na vývodech tlačítka T1. Odpor R1 lze tedy stanovit Ohmovým zákonem z požadovaného napětí 150 V a zjištěného proudu řídicí elektrody tyristoru.

Zvětšování R1 se časové zpoždění zkracuje a naopak. Kapacita kondenzátoru C a napětí Zenerovy diody D5 je pro počáteční oblast (kdy se napětí na kondenzátoru zvětšuje téměř lineárně) přímo úměrná časovému zpoždění. Hodnoty součástek pro určité zpoždění lze sice přibližně vypočítat z úvahy, že se kondenzátor každou kladnou půlperiody nabíje určitým jednotkovým nábojem, vzhledem k rozptylu součástek a proměnnému úhlu otevření je však jednodušší stanovit R1 a zjišťovat C experimentálně. Hodnoty součástek uvedené ve schématu odpovídají zpoždění 60 až 75 sekund.

Popsaný spínač byl použit jako náhrada mechanického spínače domovního osvětlení a jeho zapojení do sítě je na obr. 2. Na obr. 3 je zapojení vývodů ve skříňce relé. Celé zařízení bylo vestavěno do skříňky relé RP 102 a jako pomocné pájecí body byly využity nezapojené svor-



Obr. 2. Připojení spínače k instalaci



Obr. 3. Zapojení vývodů ve skříňce relé

ky. Oba páry kontaktů byly pro větší spolehlivost zapojeny paralelně.

Na závěr připomínám, že časové zpoždění lze nejjednodušší nastavit měřením napětí na kondenzátoru voltmetrem s velkým vnitřním odporem a to v závislosti na čase. Při dosažení zvoleného času se přečte napětí a podle něho se vybere Zenerova dioda z řady KZ260. Tato dioda musí mít dostatečně strmou charakteristiku v bodě Zenerova napětí, aby spínač vypínal spolehlivě.

Ing. Václav Červenka