

Z hamíka bastlení a telegraf dělá HAMA, studium a stavba elektronických přístrojů dělá z HAMA vynálezce, badatele

Maturita z anatomie krystalky

(Výsledky z „radio-laborky“ v roce 2024 a 2025.)

Mizející AM SV/DV rozhlasové vysílače nejen v ČR; a těch několik ještě pracujících svým malým výkonem pokrývají jen pár okolních kilometrů. Žiletka – špendlík – brambora nebo citron – tak to je dávná krystalková historie.

Přesto kouzlo krystalky (KR) – jako zázračného přístroje s jen několika el. součástkami přijímající program jak blízkého – tak vzdáleného vysílače je pro začínajícího radiotechnika bez ohledu věku – stále lákavé – až provokující. Není takové místo – kde by citlivá krystalka „nepracovala“. Pro místní – blízký vysílač vystačí k citlivé KR jen pár metrů (4 - 6 m) antény; pro „DX“ – vzdálené stanice to bez „drátovky“ – 20 - 40 metrové nepůjde. Protiváha – uzemnění – GND – je nezbytnou součástí anténního systému pro každou KR.

Citlivost KR hodnotíme podle velikosti výkonu (nW; μ W) na zátěži detektoru ($P = U^2 : R$). Přibližně 30 % z výkonu je modulace nosné vlny – audio – NF složka. Výstup detektoru (DCo) zapojený na vstup NF zesilovače (minim. 100 k Ω) se tím „skoro nezatíží“. DCo na výstupu detektoru (s AM NF modulací) tak klesne jen o jednotky % = OK!

K předchozímu textu – pro zpřesnění zdůrazním: – Výstupem citlivé KR musí být skoro „nezatížený“ výstup detektoru. Navazující NF zařízení (NF zesilovač) již citlivost KR neovlivní. Citlivost KR určuje zapojení VF obvodů před detektorem. Jejich funkcí – účelem – je přivést na vstup detektoru maximální VF napětí „nosné“, minimálně cca 200 mV (+ navíc několik mV). Přítomnost a velikost DC (DCo) napětí na výstupu detektoru sledujeme MULTIMETREM (DC rozsah 200 mV). Má ideálně přizpůsobený vysoko ohmový napěťový vstup (M Ω) který detektor prakticky nezatíží, ale funkci optimální činné (odporové) zátěže splní. Na displeji – na stupnici – zaznameneáme i nepatrnou změnu napětí; vliv seřizování – ladění KR a úprav kombinací impedančních přizpůsobení. Bez „měření napětí DCo to již dnes „nedáme“. Pracujeme většinou se slabými signály.

Analogová stupnice s „rafičkou“ je zde „lahůdkou“; na „číslicové“ to není „ono“; DU 20 je OK. Rutinou v konstruktérské praxi – při „stavbě radia“ platila zásada „stavět“ od zadu – nejprve oživit koncový NF zesilovač (výkonový). Stejný postup se osvědčil i u modelů KR. Jako NFZ vyhoví i malovýkonové typy (100 - 300 mW); ale vždy s vysokoimpedančním (napěťovým - mV) NF vstupem.

Nyní k funkci a obvodovému zapojení krystalky.

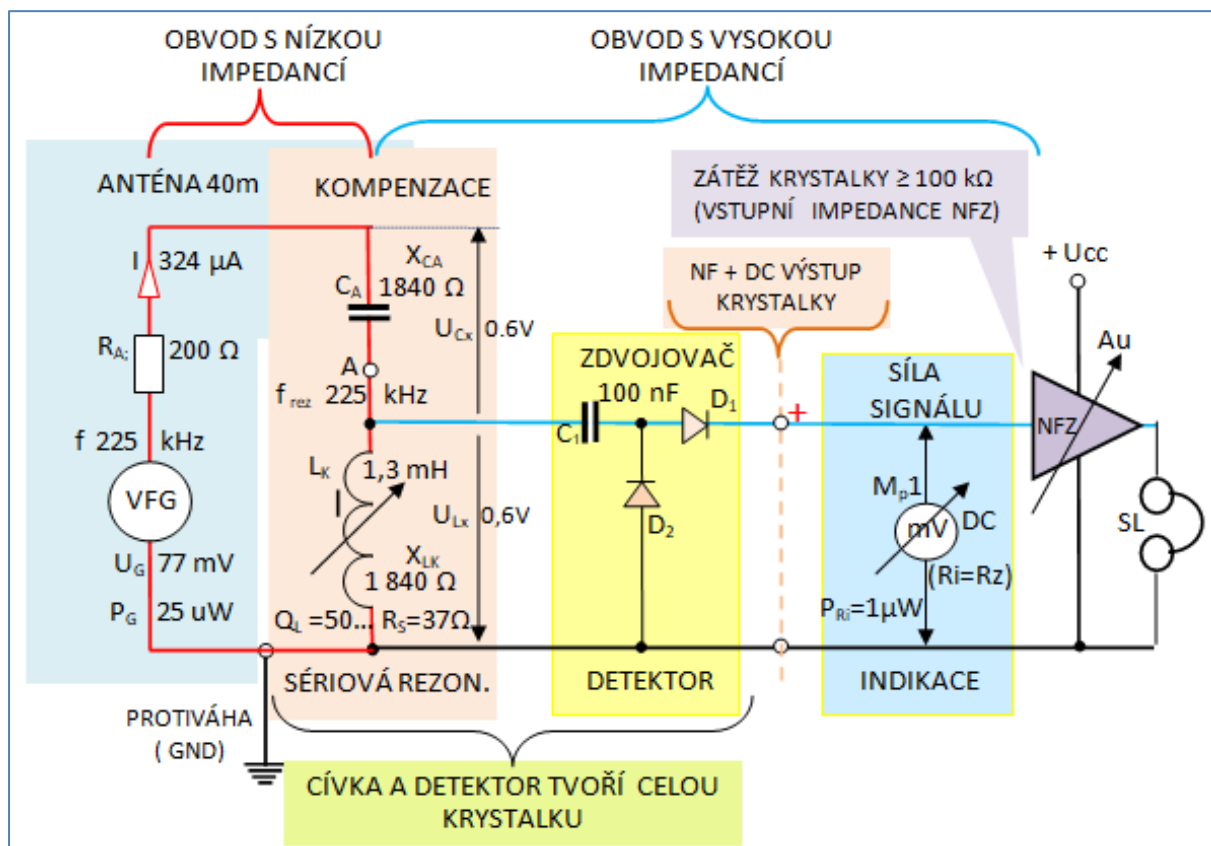
„Ladění stanic - kmitočtu“ se provádí změnou indukčnosti „kompenzační cívkou“. Přeladění kmitočtového rozsahu je až 1 : 3 (rozsahy DV i SV pásem). Fiktivní „VF anténní generátor“ je zatížen sériovým CL rezonančním obvodem. Tvoří jej kapacitní reaktance antény a „kompenzační induktivní reaktance“ – cívka o číselně stejné hodnotě „X“ (zde 1.840 Ω). Při rezonanci tato CL kombinace představuje činný odpor R_s , jen desítky ohmů. Procházející proud na každé reaktanci (na C a na L) vyvolá úbytky napětí – až stovky mV. Tímto napětím se již vybudí AM detektor osazený Ge detekčními diodami.

U KR bude vždy přednostně hodnocena její citlivost; změřená podle „výkonu“ na výstupu AM detektoru. Každá dobře sestavená (zapojená) KR odevzdá s toutéž anténou i stejný výkon. KR která takového výkonu (μ W; mW) nedosáhne může mít větší ztráty, způsobené např. zapojením odlaďovače. Složitost zapojení KR není pro citlivost významná. „Plný výkon“ odevzdá i KR s jedinou cívkou a detektorem pro AM. LC a vazební obvody pro Impedanční přizpůsobení – od anténního vstupu až po zátěž detektoru musí být bezeztrátové.

KR v pásmu DV a SV vždy musí vyloučit (kompenzovat) vysokou anténní kapacitní reaktanci (X_{ca} 1 – 10 k Ω) zakreslenou i ve schéma elektrického modelu antény; nebo tuto elektrickou veličinu (zde u modelu KR) naopak využít – uplatnit. Jakkoli dlouhá anténa (5 – 50 m v pásmu DV a SV) + protiváha vždy bude VF generátorem (VFG) s reálným malým „vnitřním odporem“ (R_A od cca 60 do 200 Ω). Na svorce antény bude pouze malé VF napětí (μ V; mV) o nízké impedanci, které k otevření AM detektoru nestačí! U citlivých modelů KR jsou VF obvody, které těch pár nano – nebo mikrowatů z antény bezeztrátově přetransformují pro detektor na vysokou impedanci – ideálně na Z_0 desítek až stovek kiloohmů. Při úspěchu s transformací

naměříme na výstupu detektoru DCo napětí až stovky mV. Složitější modely KR s PLCO (paralelním LC obvodem) mají předpoklady citlivost ještě zvětšit až 10x i více. K takovému efektu dojde jen při minimalizaci ztrát ve VF LC obvodech KR a při minimálním zatížení detektoru (až nad 100 kΩ). Za těchto podmínek dojde ke kumulaci (hromadění) nespotřebované VF energie v PLCO krystalky. Podmínkou tohoto výjimečného efektu přenosu energie je vzájemná kmitočtová rezonance – mezi VF EMP a PLCO.

Ověřené zapojení DV/SV citlivé krystalky k příjmu rozhlasových stanic s amplitudovou modulací nosné vlny



Legenda:

9. 1. 2025: Ostrava Poruba; ant. 40 m; UP 30 m; GND Fe/ústřední topení.

Příjem DV/AM vysílače „JEDINKA“ 225 kHz; Polsko; QRB 350 km.

M_{p1}: Multimetr – zátěž 1 MΩ; rozsah 200 mV ... DC 700 mV.

DU20 – rozsah 3 V, zátěž 150 kΩ + LM386; ... DC 400 mV.

Tomu odpovídá výkon $P_{Ri} = 0,4^2 : 150 \times 10^3 = 1 \mu\text{W}$.

DC složka napětí za detektorem je na vstupu NFZ kapacitně oddělena.

DC napětí na výstupu detektoru jsou reálná – naměřená.

VF napětí U_{Lx} bylo dopočítáno (600 až 900 mV).

VF napětí a výkon „VFG“ v obvodu antény jsou dopočítány.

Kompenzační indukčnost – cívka L_K je nastavitelná v rozsahu 0,4 až 2 mH; Hodnota 1,3 mH byla v realizovaném modelu naměřena.

Hodnota reaktance (X_{LK}) byla vypočítána. $X_{LK} = 2 \times \pi \times 225 \times 10^3 \times 1,3 \times 10^{-3} = 1.840 \Omega$.

Číselně stejnou velikost – ale kapacitního charakteru musí mít anténní X_{CA} .

Hodnota „Q = 50“ - kvalita sériového LC rezonančního obvodu byla odhadnuta z reálných a imaginárních odporových hodnot součástí – zátěží LC obvodu.

Zkratky použité v textu:

KR – krystalka – krystalky

PLCO – paralelní LC obvod (rezonanční)

EMP – elektromagnetické pole

VFG – fiktivní VF gen. v přijímací anténě

DC – stejnosměrná hodnota napětí

D_{Co} – napětí na nezatíženém zdroji

R_i – vnitřní odpor

R_{so} – činný odpor při sériové rezonanci

A: MIMOŘÁDNÁ SITUACE

Nastane, když délka antény bude blízká nebo přímo shodná s el. čtvrtvlnou = $0,25 \lambda$ přijímané f. Tak se bude projevovat anténa délky 50 metrů na kmitočtu 1,5 MHz ($300 : 50 \times 4 = 1,5$ MHz). V tomto případě (a s dokonalou protiváhou - GND) bude její kapacitance NULOVÁ - $X_c = 0 \Omega$. Přitom na anténní svorce - banánku - (proti GND) je napětí menší než 200 mV - a pro detektor nedostatečné!

SRI - poznámka: Zůstáváme záměrně v aplikaci LC „SÉRIOVÉ REZONANCE“. (PLCO je jiná kategorie).

B: Přímě „IDEÁLNÍ ŘEŠENÍ!“

Sestavíme z kondenzátoru a cívky (označované jako kompenzační, a vždy laděné - !) sériový rezonanční LC obvod. Hodnoty C a L určíme početně; aby jejich reaktance byly cca 1000Ω ($X_c = X_L$).

Obě součástky mohou být „laditelné“; nejjednodušší je pevný keramický kondenzátor a proměnná „laditelná“ indukčnost v poměru krajních hodnot $L 1 : 10$ (μH). Např. 100 až $1000 \mu\text{H}$.

C: NELZE NEZKUSIT – A PROTO VŽDY TESTUJ

VF napětí snímané na X_L pro detektor je vždy závislé i na velikosti této reaktance ($U_{X_L} = X_L \times I_{\text{ant}}$).

Při dlouhé anténě a vyšším SV kmitočtu reaktance X_c KLESÁ! a klesá i VF napětí na indukčnosti.

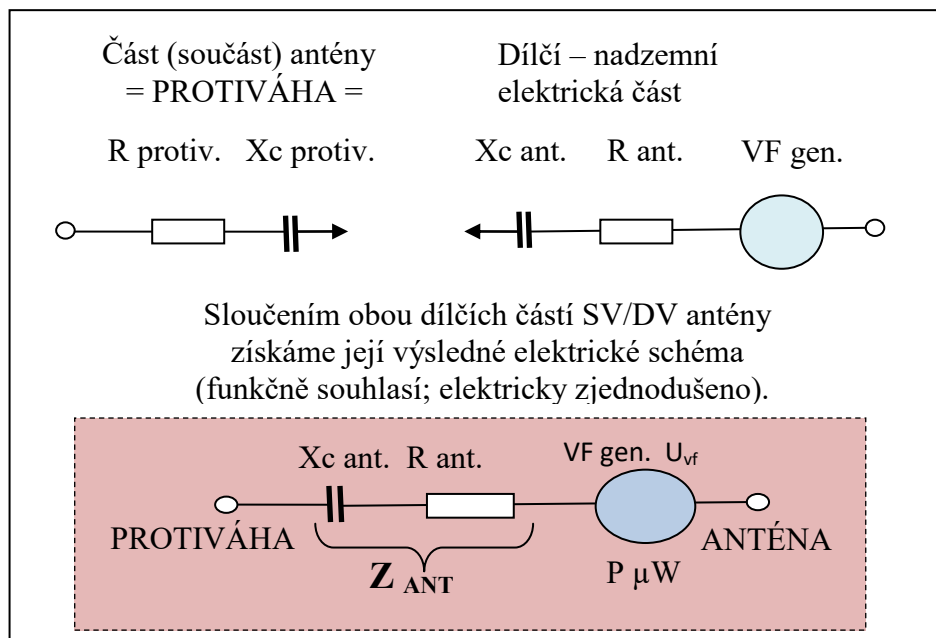
(změříme velikost kompenzační indukčnosti a vypočítáme její reaktanci na kmitočtu přijímané rozhlasové stanice; ($X_L = 2 \pi \times f \times L$ (Ω , Hz, H)). Pokud bude X_L nízká - pod 400Ω ; zapojíme mezi anténu a cívku (kompenzační indukčnost) „doplňkovou kapacitu“ - kondenzátor. Jeho (doplňkovou) kapacitu spočítáme ($C = 1 : 2 \pi \times f \times X_c$ (F; Hz; Ω)).

Sem si nakresli el. schéma:

Fiktivní VFG antény na kmitočtu 1,2 MHz; $U_{\text{gen}} = 20$ mV; $Z_{\text{ant}} : R_a 50 \Omega, X_{ca} 200 \Omega$; P (μW) VFG odhadni ... Dopočítej a do série s anténou zapoj C a L; aby obě reaktance (C a L) měly stejnou velikost = 1000Ω .

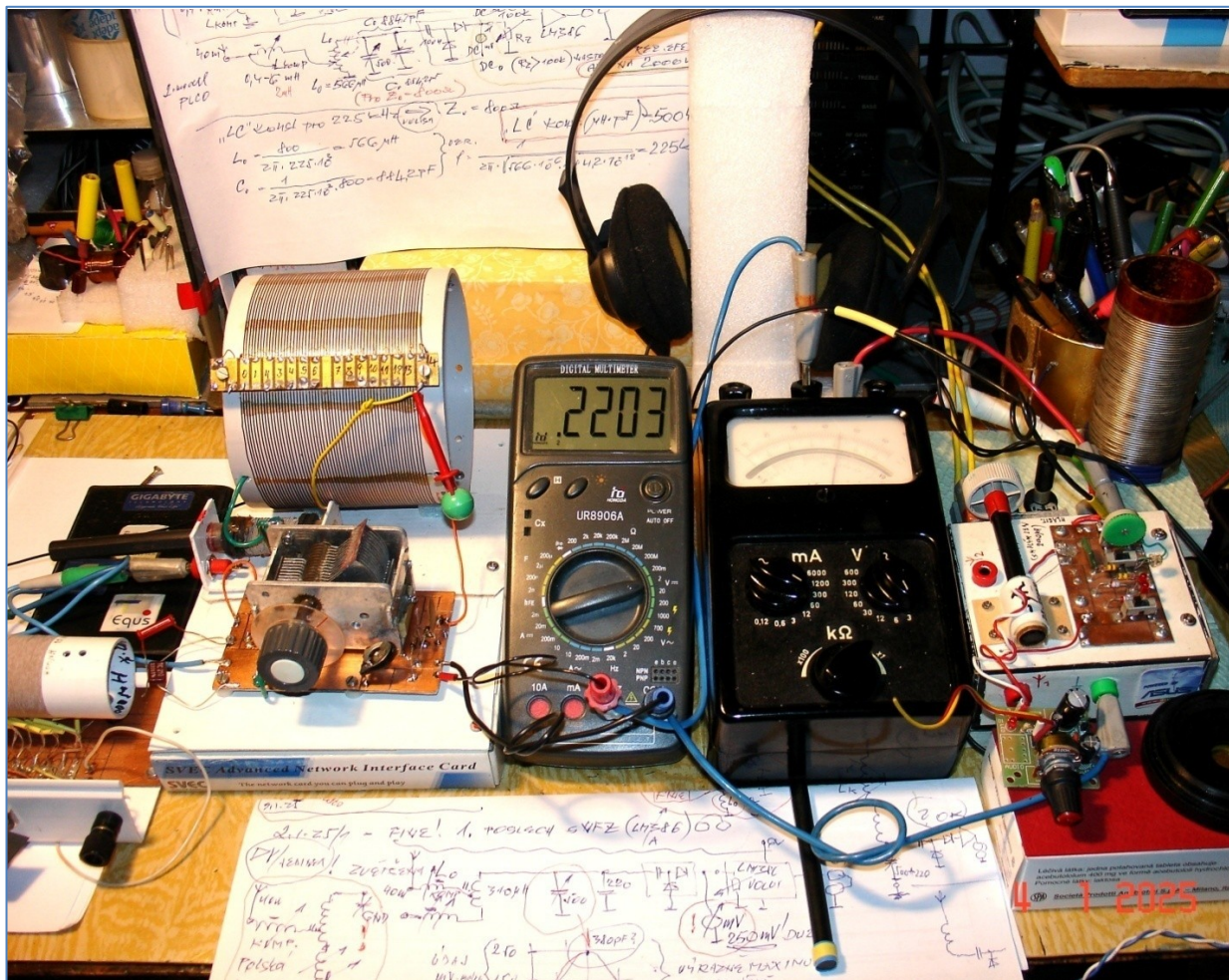
Ztrátový sériový odpor „LC obvodu“ $R_s = 4 \Omega$. Vypočítej kvalitu obvodu (Q), a dále vypočítej REZONANČNÍ IMPEDANCI; $Z_o = X_c \times Q$. Výsledkem výpočtů je velikost VF napětí na L (i na C) v rezonanci

KRESLI, POČÍTEJ, komentuj!



Příklad:

Výpočet velikosti doplňkové kapacity, která na kmitočtu 1,2 MHz bude mít reaktanci $X_c = 600 \Omega$.
 $C = 1 : 2 \pi \times 1,2 \times 10^6 \times 600 = 220$ pF. Pokud můžeme do série s L zapojit klasický ladící kondenzátor 500 pF tak máme přímo ideální podmínky k nalezení optimální LC kombinace a pro detekci max. VF napětí.



Kompenzační cívky vlevo; připojena je horní, laděná feritem; žlutým spojem a dále krokodilem spojena s detektorem vpravo u ladičích kondenzátoru. Na detektor navazuje NF zesilovač LM386 zcela vpravo. Velká válcová cívka ani ladičí kondenzátor nejsou v testovaném modelu zapojeny. Krystalka přijímá polskou DV/AM rozhlasovou stanicí 225 kHz „JEDINKA“ 1,5 až 2 MW; QRB 350 km. Josef Novák, OK2BK josef.novak@centrum.cz

Výsledky Minitestíku z HK 392

Skladba mezi 30-60 sekundou obsahuje záznam telegrafního provozu v pásmu krátkých vln. V nízkofrekvenčním spektru jsou slyšet tři stanice. Na frekvenci 2460 Hz se vysílá text "west european kzies and marches by millions in hing egyptian president anwar sadat", na frekvenci 1280 Hz a 470 Hz se vysílá text "VVV DE 6 WW" několikrát po sobě (nejspíš jde o námořní maják). Dále se ve skladbě několikrát po sobě objevuje název alba "Eve" rytmicky klíčovaný hudebním nástrojem. Další informace o využití morseovky v tomto albu lze nalézt třeba zde:

<https://en.wikipedia.org/...um>

Jiří Martinek, OK1FCB, jirka_martinek@seznam.cz

Náš Minitestík „Kolik lidí žije v tomto domku?“ ptal se sčítací komisař. „Tři“. „Jak jsou staří?“ „Součin jejich věků je 225, součet jejich věků je roven číslu domu.“ Komisař se podíval na číslo domu a povídá: „To mi stačí. Jste vy nejstarší?“ „Ano“ zněla odpověď.

Určíte věky obyvatel?

Námět: Bohumil Dobrovolný

Řešení pošlete **nejpozději ve čtvrtek**, výhradně na dpx@seznam.cz Řešitelé mladší jak 18 let, uveďte svůj věk.

Ždibec moudra na závěr

Confucius

Člověk, který miluje svou práci, nepracuje jediný den ve svém životě.

HAM je mezinárodně používaný pojem pro radioamátora

Toto číslo vyšlo 15. února 2025

HAMÍK je tedy mladý, začínající, budoucí radioamátér

Vychází každou sobotu v 00:00 h

HAMÍKŮV KOUTEK

je určen pro vedoucí a členy elektro - radio - robo kroužků, jejich učitele, rodinné kluby, rodiče, prarodiče a všechny příznivce práce s mládeží; vzniká ve spolupráci s ČRK, ČAV a OK QRP klubem

Všechna předchozí čísla HK, adresy kroužků, stavební návody a mnoho dalšího najdete na <https://www.hamik.cz/>

© Petr Prause, OK1DPX, redakce HAMÍK, Čechovská 59, 261 01 Příbram, tel. 728 861 496, dpx@seznam.cz