

ANTONÍN RAMBOUSEK

AMATÉRSKÁ
TECHNIKA
VELMI KRÁTKÝCH
VLN

JENÍČEK

NAŠE VOJSKO-PRAHA 1961

Na sto padesáté třetí stránce časopisu „KRÁTKÉ VLNY“ z roku 1936 čteme: „Ještě letošního roku budou konány řádně organizované pokusy na 56 Mc, a proto rozhodl jsem se popsati své zařízení, které se dobře osvědčilo při pokusech konaných stanicemi 1RO, 1WK a 1BG v červenci t. r. mezi vrchem Kozákovem a Zvíčinou.“

O několik řádků dále čteme „Jelikož nemám v blízkosti okolí nikoho, s kým mohl bych své zařízení vyzkoušet, postavil jsem přijímač a vysílač, každý zvlášť do skřínky, a konal první pokusy sám odposloucháním vysílače s budíčkem před mikrofonom v okolí až do 3 km.“

To bylo před čtvrt stoletím. Elektronky RE-134 a A-415, které se běžně používaly pro velmi krátké vlny, se již nepodobají dnešním RE-125 nebo 417-A. Hodně se změnilo jak v možnostech, tak i v nárocích. A technická příručka pro radioamatéry musí z tohoto faktu vycházet. – Jenomže není možno shrnout všechno možné, jak by si mnohý přál, ale je nutno se spokojit jen s tím nejnutnějším a nejpotřebnějším.

Tedy: Tato příručka, určená pro radioamatéry pracující s velmi krátkými vlnami a pro zájemce o tyto vlny, zdaleka nemůže vyčerpát všechno, co s VKV souvisí. Čím úže se musí příručka specializovat, tím vyšší základní znalosti musí mít čtenář. – Ostatně soupis literatury umožňuje doplňovat mezery.

Při sestavování osnovy bylo hlavní snahou soustředit a zhustit vybrané poznatky do ucelené příručky, která má navazovat na základní a všeobecné publikace. To sebou nese sestručnění obsahu, někde snad na úkor pochopitelnosti. Obor VKV je velmi široký a amatérské zájmy jsou většinou užší a také různé. O to je nesnadnější všem vyhovět. – Tolik na omluvu míst, která si vyžadují vyhledání podrobnějších pramenů.

*Doufám, že i tak bude příručka čtenářem přijata jako pomocník
v jeho amatérské pracovně ať v radioklubu, či v kolektivu nebo doma.
Ochotně tomu přispěli i soudruzi inž. Ivo Chládek, Jaromír Pavlíček
a Václav Vachuška.*

Květen 1960.

Autor.

I.

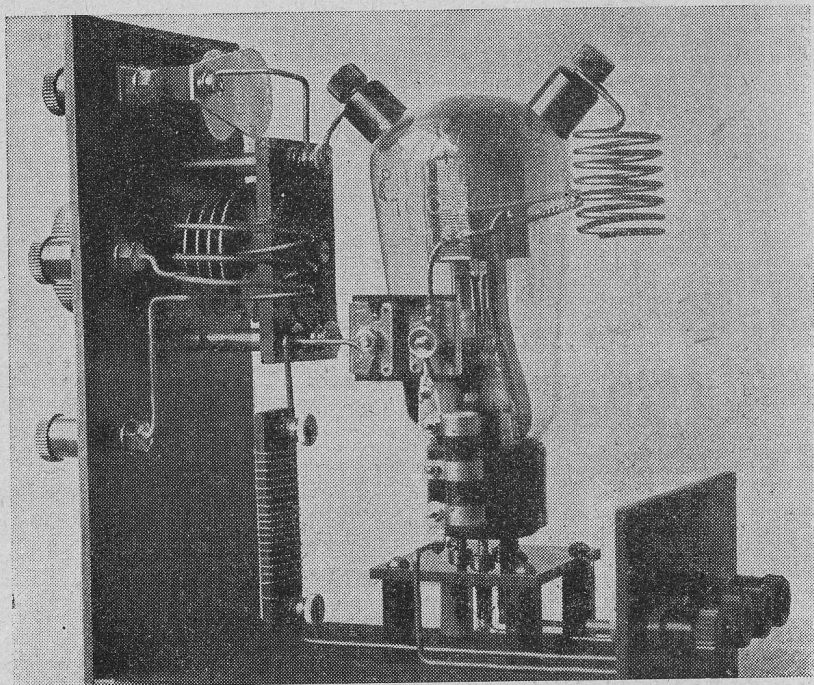
ÚVOD

Řadíme-li velmi krátké vlny mezi nejmladší obory sdělovací techniky, dopouštíme se do jisté míry historického omylu. Nebylo náhodou, že A. S. POPOV 24. března 1896 dvěma slovy „ГЕРЦИ ГЕРЦ“, která obsahoval první radiogram na světě, vzdal poctu velkému německému fyzikovi. Ano – mladý fyzik HEINRICH HERTZ již roku 1888 experimentálně dokázal domněnku vyslovenou fyzikem J. MAXWELLEM, že elektrická jiskra je zdrojem elektromagnetických vln. Tyto Hertzovy pokusy byly zprvu prováděny vlnami o délce 0,6 až 1 metr. V Hertzových rukou se objevila poprvé i parabolická zrcadla pro elektromagnetické vlny. Studoval lom vln v hranolu parafinu a interferenční jevy. Velmi krátkým vlnám se proto dostalo pojmenování „Hertzovy vlny“.

Později bylo vynaloženo mnoho úsilí získat vlny kratší. V r. 1906 P. N. LEBEDĚV zhotovil miniaturní vibrátory, jimiž získal vlny délky 3 mm. Na podkladě zkušeností P. N. LEBEDĚVA bylo možno experimentálně studovat důležité vlastnosti elektromagnetických vln: odraz, lom, dvojlom. Těmito pokusy byla přímo potvrzena elektromagnetická podstata světla. R 1924 M. A. LEVITSKAJA získala vlny o délce 0,2 mm. Profesori moskevské university V. K. ARKADJEV a A. A. GLAGOLEVA-ARKADJEVA vypracovali originální metodu buzení krátkých elektromagnetických vln pomocí jisker, jež proskakují mezi kovovými pilinami suspendovanými v oleji. Podařilo se jim získat vlny délky okolo 0,1 mm. Tyto vlny jsou značně kratší než nejdelší vlny infračerveného záření. Současně byly vypracovány metody buzení vln značně delších.

Od Hertzových pokusů k praktickému využití VKV uplynulo několik desítek let, během kterých byly často předstiženy delšími vlnami. Ke skutečnému využití VKV dochází až kolem třicátého roku.

Na cestě rozvoje velmi krátkých vln bylo mnoho nesnází. Jejich úspěšné používání vyžadovalo mnoho nových materiálů a nových konstrukčních hledisek. Byly i zákonité překážky, jejichž odstra-



Obr. 1-01. Amatérský vysílač pro pásmo 56 MHz z roku 1932.

nění nebylo možné a bylo nutno hledat nové cesty. – Vzpomeňme jen na vývoj elektronik pro VKV, který se potýkal s rychlostí emitovaných elektronů. – Přes to všechno je dnes celá řada oborů, jejichž základy stojí na použití VKV (televize, radar, řízení kosmických raket, mnohokanálové sdělovací zařízení a v nejbližší budoucnosti i spojení s astronauty a spojení mezi planetami).

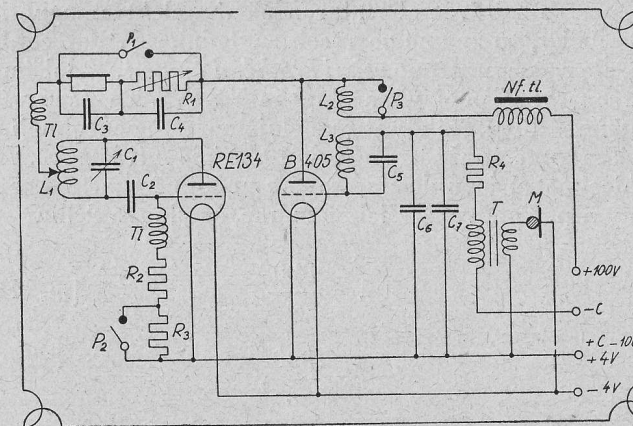
I mezi radioamatéry se těší velmi krátké vlny velikému zájmu i oblibě. Českoslovenští radioamatéři si na poli VKV vedou velmi dobře. Důkazem toho je řada úspěchů světové úrovně.

A uvážíme-li, že materiálová otázka pro amatérskou VKV techniku je stále ještě tísnivá, docházíme k závěru, že za všemi výsledky stojí početné řady nadšených a obětavých lidí, mladých i starších chlapců i dívek v kolektivech i u „rádiového krbu“, kteří se takto přímo i nepřímo podílejí na mírovém dorozumění i soutěžení mezi národy.

Jedno si však musíme přiznat. Sledujeme-li dosažené amatérské výsledky a sledujeme-li při tom také technickou vyspělost odráže-

jící se v provedení amatérských zařízení, často se shledáme s určitými rozpory. Mnohé překvapivé výsledky jsou získávány zařízením, které není zcela na výši, a naopak nalezneme mnohá vzorně vypracovaná zařízení, dobře pracující, ale volací značku jejich konstruktéra marně hledáme na předních místech různých přeborů. Jistě je však také řada případů, kde se dobré výsledky kryjí s dobrým zařízením.

Je důležité neustále zdůrazňovat, že být radioamatérem, těšícím se z dobrých výsledků, znamená spojit radiotechnika a radistu do jedné osoby. I kolektivní stanice by měly mít takové zásady. Ne-



Obr. 1-02. Zapojení amatérského vysílače pro 56 MHz z roku 1936.

budeme jistě bránit tomu, aby jeden měl větší zálibu třeba v provozu a druhý naopak, ale nepřipustíme jejich izolaci a extrémní jednostrannost. Široký rámec radioamatérského zájmu má také široký rámec potřebných znalostí.

Tato příručka vychází z předpokladu základních radioamatérských znalostí a opírá se především o „Amatérskou radiotechniku“ (Naše vojsko – 1954). Je však nutno počítat s tím, že některé poznatky po šesti letech ztratily důležitost nebo se změnily. Tato příručka je sestavena z poznatků potřebných pro amatérskou techniku velmi krátkých vln se snahou praktického zaměření a je vypuštěno všechno, co je amatérské potřebě v oboru VKV v současné době vzdálené.

V součástkové základně potřebné pro některé uvedené příklady konstrukcí nebylo čerpáno ze stavu odpovídajícímu době přípravy

rukopisu. Současný rozvoj výroby, distribuce i mezinárodního obchodu je tak rychlý, že v době, kdy se tato příručka dostává do rukou čtenáře, mohla by být již zastaralá. Proto bylo důsledně používáno nejčerstvějších podkladů s vědomím, že si snad na některý materiál ještě budeme muset počkat.

I-2. ČÍM KRATŠÍ, TÍM VÍCE STAROSTÍ

Nebudeme se zabývat obecně rozdělením elektromagnetických vln podle délky, to známe ze všech základních radiotechnických příruček, ale začneme přímo *velmi krátkými vlnami*. V dalším textu bude již soustavně používána zkratka VKV. VKV jsou všechny vlny kratší než 10 m. Někdy je rozdělujeme ještě podrobněji. Vlny, jejichž délka se měří na metry od 1 do 10, se jmenují *metrové*. Vlny od 1 do 10 decimetrů jsou decimetrové a podobně značíme centimetrové vlny atp. Poněvadž všichni známe, že vlnová délka

$$\lambda = \frac{300}{f}, \quad [\text{m, MHz}]$$

$$f = \frac{300}{\lambda},$$

snadno si spočítáme, že metrové vlny mají kmitočet 30 až 300 MHz, decimetrové 300 až 3000 MHz, centimetrové 3000 až 30 000 MHz atd., čili VKV jsou vlny mající kmitočet od 30 MHz výše.

Ve VKV technice je délka vlny mimořádně důležitou veličinou, kterou musíme mít na paměti nejen když ladíme přijímač či vysílač, ale takřka na každém kroku. Proto jsme si v minulém odstavci připomněli znovu každému dávno známá čísla. Při konstrukci přístrojů se setkáváme s pojmem půlvlna a čtvrtvlna. Jak se později ještě dovíme, chová se vodič dlouhý právě polovinu délky vlny jako oscilační obvod a v některých případech i čtvrtvlnná délka velmi intenzívně projevuje oscilační choutky. Na první pohled se to zdá neškodné a dokonce někdy to i vítáme, ale daleko nepříjemnější jsou situace, kde nám to vadí. Spočítejte si!

Čtvrtvlna amatérského pásma 145 MHz je 52 cm, pásma 435 MHz jenom 17 cm a pásma 1215 dokonce pouze 6,2 cm. A čtvrtwattový odpor je i s přívody dlouhý 7,2 cm, keramický (stěblový) kondenzátor přibližně také tolik, elektronka 6L50 měří 9 cm, a což

délka šasi, na které stavíme vysílače. Jsou to všechno délky srovnatelné s vlnovými délkami VKV pásem. Jaké to může mít následky? Uzemníme na kostru přístroje některou součást drátkem dlouhým právě čtvrt vlny a budeme se divit, že to vlastně pro tento kmitočet uzemnění vůbec není. Stejně tak, když uzemníme dva různé body zapojení kratičkým drátkem, ale do bodů kostry, které mají určitou vzdálenost. Všude musíme vidět před sebou délku vlny v poměru k rozměrům všech detailů zařízení.

Každý kousek spoje má indukčnost, která je překážkou pro VKV proudy a která velmi často s kapacitou připojených dalších prvků může mít nežádoucí rezonanci. Kondenzátor se svými i krátkými přívody tvoří rezonanční obvod. Pochopitelně čím má větší kapacitu, tím menší indukčnost potřebuje pro určitou rezonanci. Tak například přívod ke kondenzátoru dlouhý 10 cm o průměru 1 mm má indukčnost asi 0,1 μH . Bude-li kondenzátorem o kapacitě 10 pF s takovýmto přívodem připojený třeba anodový přívod v zařízení pro 145 MHz, bude se chovat všelijak, neboť indukčnost 0,1 μH a kapacita 10 pF tvoří rezonanci právě v blízkosti 145 MHz. A budeme-li chtít blokovat třeba katodový odpor 100 Ω kondenzátorem s takovým přívodem, nepomůže nám zvětšovat kapacitu, poněvadž impedance přívodu má pro tento kmitočet již sama hodnotu kolem 100 Ω . Musíme počítat i s tím, že každý kondenzátor má určitou indukčnost i bez přívodních drátků.

Z uvedených příkladů je patrné, že při tak vysokých kmitočtech je nutno dbát na každý zlomek centimetru spojovacích drátů. A nejen indukčnost, ale i kapacita každé součásti se projevuje oproti součásti sousední, a zase tím zřetelněji, čím vyšší je kmitočet. Vlastní kapacitu mají cívky, kapacitu mají mezi sebou elektrody v elektrone, přívody, spoje, pera přepínačů atd. Jeden jediný pikofarad reprezentuje při kmitočtu 144 MHz impedanci o něco větší než 1000 Ω .

To ještě stále nemluvíme o vlastních oscilačních obvodech a již se musíme zajímat o rezonanční kmitočty, abychom jim dovedli čelit tam, kde jsou nevídané. To znamená, že délka vlny či kmitočet, se kterým pracujeme v zařízeních pro VKV jsou veličiny ovlivňující takřka každý šroubek. *Sebelepší zařízení konvertoru nebo vysílače může „zabít“ jediný nevhodně provedený spoj nebo jediné nevhodné umístění některé součástky.*

První ponaučení: „*Pamatujme, že při VKV se uplatňují i nepatrné kapacity a indukčnosti.*“ Budeme se proto k těmto vlivům vracet konkrétně v dalších kapitolách. Zopakujme si však některé základní vztahy. Rezananční kmitočet kapacity a indukčnosti vypočítáme

$$f = \frac{159}{\sqrt{L \cdot C}}, \quad [\text{MHz}, \mu\text{H}, \text{pF}]$$

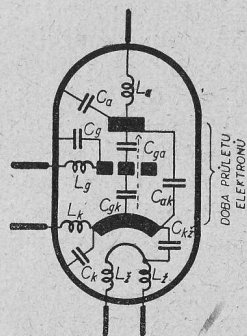
reaktanci (indukční odpor) cívky pro daný kmitočet vypočítáme

$$R_L = 6,28 f \cdot L \quad [\Omega, \text{MHz}, \mu\text{H}]$$

a reaktanci kondenzátoru pro daný kmitočet

$$R_C = \frac{1000}{6,28 f \cdot C} = \frac{159}{f \cdot C} \quad [\text{k}\Omega, \text{MHz}, \text{pF}]$$

Ze všeobecných základů radiotechniky víme, že elektrony uvolněné z katody se pohybují směrem k anodě mnohokrát menší rychlostí, než je rychlost šíření elektromagnetických vln v prostoru. To znamená, že doba průletu elektronu z katody k anodě může se přiblížit k době jednoho kmitu pracovního kmitočtu. Je-li na příklad doba průletu jedna tisícina mikrosekundy, odpovídá při kmitočtu 145 MHz 14,5 % doby jednoho kmitu (tj. zhruba jedna šestina doby jednoho kmitu). Dosáhne-li doba průletu jedné čtvrtiny doby kmitu daného kmitočtu, nebude elektronka schopna kmitat při tomto kmitočtu. Zde poznáváme další omezující vliv délky vlny pro činnost elektronky v oblasti VKV.



Obr. 1-03. Nežádoucí kapacity a indukčnosti elektronky.

Elektronky nám v technice VKV způsobují mnoho nesnází. Nakreslíme si schéma jednoduché triody se všemi vlivy rozměrů (podle obrázku 1-03). Vidíme, že se nám v elektronce objevila celá řada nežádoucích kapacit a indukčností, nehledě k průletové době elektronů. A to elektronku nemáme nasazenou v objímce, kde přibudou další kapacity a indukčnosti. Konstrukteři elektronek však naštěstí dělají vše co mohou, aby nežádoucí vlivy rozměrů omezili.

I-3. KAŽDÉ PÁSMO CHCE SVĚ

Krátkovlnní amatéři budují svá zařízení pro provoz na několika a někdy i na všech pásmech (nikoliv současně – což se také někdy nerado stává). Pro všechna KV pásma jsou obdobné konstrukční

podmínky. Amatéři pracující s VKV to tak jednoduché nemají. Zde mají jednotlivá pásma celkem charakteristické požadavky, které většinou nelze dobře splnit pro více než dvě sousední pásma.

Pásmo 144 ÷ 146 MHz, klasický a oblíbený „dvoumetr“ se stal i u nás základním VKV pásmem. Přesto, že má ztíženější podmínky pro dálkový provoz (nebo snad právě proto), je v tomto směru pásmem velmi přitažlivým. Soutěže na tomto pásmu mají skutečně i sportovní charakter. Anténní systémy jsou snadno proveditelné i při vyšších nárocích na zisk.

Amatérské pásmo 420 ÷ 440 MHz, z čehož se 432 ÷ 438 MHz kryje s mezinárodně užívanou částí pásma, patří již mezi decimetrové vlny. Ačkoliv je v harmonickém vztahu k dvoumetrovému pásmu (přesně trojnásobek), nelze počítat s tím, že by přestalo být domovem pro malá jednoduchá zařízení. Vždyť i antény jsou zde malé a lehké. Dá se snad předpovídat, že zde vedle tendence stabilních víceetapových zařízení (odvozených popřípadě z pásma 145 MHz) zůstane trvale druhý směr malých zařízení menší stability. Místa je na pásmu dost, jen je rozumně rozdělit!

Pak následují vyšší pásma počínaje 1215 ÷ 1300 MHz. Tato oblast decimetrových vln vyžaduje již nutně zcela jinou techniku. Zde se radiotechnika již skoro stává opravdovou telefoní bez drátů, poněvadž drátů ubývá a nastupují trubky, hrnce, krabice. I provoz na těchto pásmech je trochu jiný. Je nutno dobře směřovat a je dobré si spojení připravit pomocí jiného pásma, ale i to se časem zdokonalí. V této příručce můžeme těmto pásmům věnovat daleko méně místa než by si zaslouhovala. Mohla by se stát námětem samostatné publikace, poněvadž jde o mnoho a mnoho zcela odlišných problémů.

V amatérské technice VKV máme již u nás v Československu dobré výsledky, ale máme před sebou ještě velkou perspektivu. S rostoucím zájmem o amatérské vysílání na těchto pásmech přibudou i nové problémy, z nichž některé jsou již na dosah ruky. Je nutno například zlepšovat účinnost vysílačů lepšími provozními režimy, ještě lepšími anténami, hospodárnější modulací, používáním společných kmitočtů při spojení, hbitějším provozem jak fonickým, tak telegrafním, potlačením nosné vlny a v neposlední řadě i provozem s jedním postranním pásmem.