

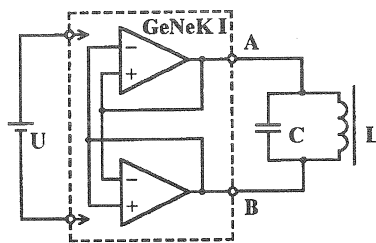
GeNeK I ve školních demonstracích

Milan Macek

GeNeK I (generátor netlumených kmitů, verze I) je unikátní přístroj, který umožňuje realizovat řadu demonstrací z oblasti elektromagnetických kmitů a vlnění [1] a z oblasti akustiky. Při školních demonstracích může nahradit i často chybějící tónový generátor. GeNeK I lze používat i např. jako vysílač jednopovelové soupravy krátkého dosahu [2]. GeNeK I ke své činnosti využívá další přístroje a pomůcky, které jsou běžně k dispozici ve školních kabinetech fyziky.

Základem GeNeKu I (obr. 1) je dvojitý operační zesilovač, například MA1458, v poněkud nezvyklém zapojení. Pro objasnění funkce GeNeKu I je vhodné si výstupní odpor tohoto operačního zesilovače, který je řádově stovky ohmů, představit jako rezistor téhož odporu připojený k výstupu ideálního operačního zesilovače. Oba operační zesilovače tvoří bistabilní klopný obvod, který se překlápí, když mezi svorkami A, B je přibližně nulové napětí. Po připojení ke zdroji napětí U se klopný obvod překlápí do jedné z obou poloh. Obvod LC se chová tak, jako by byl připojen ke zdroji napětí přes rezistor o odporu, který je roven součtu výstupních odporů obou operačních zesilovačů (přibližně 500 Ω až 1 k Ω). V obvodu LC vzniknou elektromagnetické kmity. Po ukončení každé půlperiody dojde k překlapaní bistabilního klopného obvodu do druhé polohy a celý děj se opakuje. Obvod tak generuje netlumené elektromagnetické kmity, jejichž frekvenci f lze přibližně vyjádřit vztahem $f = [2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}]^{-1}$. Vzhledem k parametrům operačního zesilovače je generátor schopen generovat kmitu o frekvenci řádově jednotek Hz až tisíců Hz.

GeNeK I pracuje při napětí zdroje 5 V až 30 V. Pokud při demonstraci kmitu vysadí, obnovíme je krátkým odpojením od zdroje napětí.



Obr. 1: Schema GeNeKu I

DEMONSTRACE Č. 1: NETLUMENÉ ELEKTROMAGNETICKÉ KMITY

V paralelním obvodu LC se generují netlumené elektromagnetické kmity. Frekvence těchto kmitů se pozoruje opticky na demonstračním měřidle nebo akusticky jako tón. Kvalitativně se demonstruje závislost frekvence kmitů na kapacitě kondenzátoru a na indukčnosti cívky.

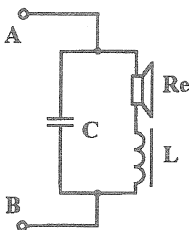
Pomůcky: GeNeK I; rozkladný transformátor; 2 cívky se 600 závitů a 1 cívka se 300 závitů (L); demonstrační měřidlo s rozsahem 3–0–3 mA; reproduktor s impedancí 4 Ω (Re); kondenzátory 0,22 μ F, 0,47 μ F, 1 μ F, 10 μ F, 47 μ F, 220 μ F (C); zdroj napětí 15 V (U).

Ke svorkám A, B GeNeKu I připojíme obvod sestavený podle obr. 2. Obě cívky se 600 závitů nasuneme na jádro transformátoru a jádro uzavřeme. Kapacita kondenzátoru je 220 μ F. Po připojení ke zdroji napětí vzniknou v obvodu LC kmitu velmi nízké frekvence a ukazatel miliampérmetru začne kmitat s frekvencí přibližně 3 Hz.

Veletrh nápadů učitelů fyziky

Demonstrujeme: Závislost frekvence kmitů na indukčnosti cívky. Otevíráním jádra transformátoru nebo zapojením menšího počtu závitů zmenšujeme indukčnost cívky. Na demonstračním měřidle pozorujeme zvětšování frekvence kmitů. Se zmenšující se indukčností roste frekvence netlumených kmitů.

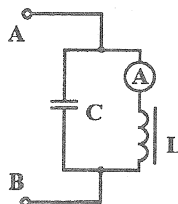
Závislost frekvence kmitů na kapacitě kondenzátoru. Uzavřeme jádro transformátoru. Zmenšujeme kapacitu kondenzátoru ($47 \mu\text{F}$, $10 \mu\text{F}$). Na demonstračním měřidle pozorujeme zvětšování frekvence kmitů. Se zmenšující se kapacitou roste frekvence netlumených kmitů.



Obr. 3: Demonstrace netlumených elektromagnetických kmitů akustické frekvence.

Parametry reálné cívky. Cívku se 300 závitů navlékneme na jádro transformátoru a uzavřeme ho a odpojme kondenzátor. V obvodu i nadále vznikají kmitů akustické frekvence. Cívka má mimo indukčnosti též jistou kapacitu.

Elektrické kmitů v obvodu LC je možné pozorovat i na obrazovce osciloskopu [3]. Osciloskop připojíme paralelně k obvodu LC.



Obr. 2: Demonstrace pomalých netlumených elektromagnetických kmitů.

Ke svorkám A, B generátoru netlumených kmitů připojíme obvod sestavený podle obr. 3. Na krátké jádro rozkladného transformátoru nasuneme cívku se 300 závitů. Kapacita kondenzátoru je $1 \mu\text{F}$. Po připojení ke zdroji napětí vzniknou v obvodu LC kmitů akustické frekvence a z reproduktoru se začne ozývat dobře slyšitelný tón.

Demonstrujeme: Závislost frekvence kmitů na indukčnosti cívky. Vysunováním jádra z cívky nebo zapojením menšího počtu závitů zmenšujeme indukčnost cívky. Pozorujeme zvýšení tónu. Se zmenšující se indukčností roste frekvence netlumených kmitů.

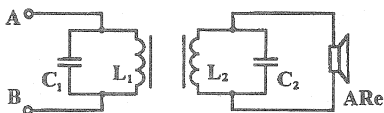
Závislost frekvence kmitů na kapacitě kondenzátoru. Zmenšujeme kapacitu kondenzátoru ($0,47 \mu\text{F}$, $0,1 \mu\text{F}$). Pozorujeme zvýšení tónu. Se zmenšující se kapacitou roste frekvence netlumených kmitů.

DEMONSTRACE Č. 2: REZONANCE OSCILAČNÍCH OBVODŮ

Demonstruje se vznik rezonance mezi dvěma oscilačními obvody LC. Amplituda napětí vynucených kmitů elektrického napětí se zjišťuje akusticky.

Pomůcky: GeNeK I; aktivní reproduktorová soustava (ARE); kapacitní dekáda $0,1 \mu\text{F}$ až $1,0 \mu\text{F}$ (C_2); kondenzátor $0,47 \mu\text{F}$ (C_1); 2 cívky se 300 závitů s krátkým jádrem (L_1 , L_2); zdroj napětí 15V .

Ke zdířkám A, B GeNeKu I připojíme oscilační obvod podle obr. 4. Obě cívky L_1 a L_2 nasuneme na krátké jádra. Na kapacitní dekádě nastavíme hodnotu $0,47 \mu\text{F}$. Sací obvod připojíme ke vstupnímu zesilovači aktivního reproduktoru a zesnění nastavíme na maximum. Cívky položíme na demonstrační stůl do vzdálenosti přibližně $0,5 \text{m}$ od sebe tak, aby jejich osy ležely v jedné přímce. Po připojení GeNeKu I ke zdroji napětí se v reproduktoru začne ozývat tón o frekvenci přibližně 1kHz .



Obr. 4: Oscilační a sací obvod.

Demonstrujeme: Nastavení rezonance změnou indukčnosti. Indukčnost cívky sacího obvodu měníme posunováním jádra v cívce. V okamžiku, kdy nastane rezonance, se hlasitost tónu výrazně zvýší. Opakujeme pro kapacitu kondenzátoru $0,22 \mu\text{F}$ a $1 \mu\text{F}$.

Nastavení rezonance změnou kapacity. Kapacitu kondenzátoru sacího obvodu měníme otáčením přepínače na kapacitní dekádě. Demonstraci zopakujeme pro jinou indukčnou cívku sacího obvodu, kterou nastavíme mírným povytažením jádra z cívky. Tuto demonstraci lze pozorovat i na obrazovce osciloskopu [4], který připojíme paralelně k sacímu obvodu.

DEMONSTRACE Č. 3: VAZBA REZONANČNÍCH OBVODŮ

Demonstruje se vazba dvou rezonančních obvodů v závislosti na vzájemné poloze obou cívek. Amplituda napětí vynucených kmitů elektrického napětí se zjišťuje akusticky.

Pomůcky: Viz demonstrace č. 2.

Zapojení a rozmístění jednotlivých prvků na demonstračním stole je shodné s demonstrací č. 2, viz obr. 4. Posunováním jádra cívky sacího obvodu naladíme oba obvody do rezonance.

Demonstrujeme: Závislost vazby na vzájemné poloze obou cívek. Oba obvody LC umístíme do vzdálenosti přibližně 50 cm od sebe. Cívkou sacího obvodu otáčíme ve vodorovné rovině. Největší amplituda kmitů, tedy největší hlasitost zvuku je, jsou-li osy cívek rovnoběžné (obecně: siločáry vytvořené oscilačním obvodem procházejí jádrem cívky sacího obvodu), nejmenší, jsou-li osy cívek kolmé (obecně: siločáry vytvořené oscilačním obvodem jsou kolmé k jádru cívky sacího obvodu).

Závislost vazby na vzdálenosti obou cívek. Sací obvod přesuneme do dvojnásobné vzdálenosti od sacího obvodu. Amplituda kmitů elektrického napětí, a tím i hlasitost tónu, se zmenší.

Závislost vazby na vzájemné poloze obou cívek. Cívkou sacího obvodu opisujeme kružnici kolem oscilačního obvodu tak, aby osy obou cívek zůstávaly rovnoběžné. Pozorujeme změny hlasitosti tónu, tedy změny amplitudy kmitů elektrického napětí.

Tuto demonstraci lze pozorovat i na obrazovce osciloskopu [4], který připojíme paralelně k sacímu obvodu. Na obrazovce osciloskopu se pozorují kmity elektrického napětí.

DEMONSTRACE Č. 4: JEDNODUCHÝ VYSÍLAČ

Demonstruje se dálkový přenos informace pomocí modulace (klíčování) nosné vlny.

Pomůcky: GeNeK I; aktivní reproduktorová soustava (ARE); 2 kondenzátory 0,47 μF (C_1 , C_2); 2 cívky se 300 závitů s krátkým jádrem (L_1 , L_2); tlačítkový spínač; zdroj napětí 15 V.

Zapojení je shodné s demonstrací č. 3. Tlačítkový spínač zapojíme mezi zdroj napětí a GeNeK I. Rezonanční a sací obvod naladíme do rezonance tak, aby rezonanční frekvence byla přibližně 1 kHz.

Demonstrujeme: Klíčování (připojování a odpojování napětí) umožňuje dálkově přenášet informaci, například pomocí Morseovy abecedy.

Tento způsob modulace je velmi jednoduchý, v praxi se ale používá jen výjimečně. Pomocí GeNeKu 1 ze vytvořit, a na obrazovce osciloskopu zobrazit, amplitudově modulovaný signál [5].

LITERATURA

- [1] Macek, M.: Hromadná informace ve vysokoškolských fyzikálních demonstracích. Disertační práce. MFF UK, Praha, 1989.
- [2] Macek, M.: Vysílač pro indukční přenos. In: Amatérské radio 2, 1988, str. 71.
- [3] Macek, M.: Demonstrace netlumených elektromagnetických kmitů. In: MFvŠ 1, 1989/90, str. 54.
- [4] Macek, M.: Demonstrace vazby a rezonance oscilačních obvodů. In: MFvŠ 18, 1987/88, str. 266.
- [5] Macek, M.: Demonstrace amplitudově modulovaného signálu. MFvŠ 18, 1987/88, str. 484.