

Laboratorinis darbas Nr. 11

Harmoninio signalo dažnio keitimas ir amplitudės moduliavimas

Teorijos klausimai

1. Harmoninio signalo dažnio keitimo pagrindai. Netiesiniai radiotechniniai elementai (pavyzdžiui, diodas ir t. t.) ir jų voltamperinės charakteristikos (VACH) aproksimavimas algebriniu polinomu. Harmoninio ir dviejų harmoninių signalų sumos praėjimas pro netiesinius radiotechninius elementus, bei perėjusio signalo spektrinė charakteristika.
2. Dvipolis tranzistorius kaip netiesinis elementas, jo VACH savybės ir taikymas. Tranzistorinis dažnio keitiklis, jo veikimo pagrindai, pagrindiniai pranašumai palyginus su diodiniu dažnių keitikliu.
3. Harmoninio signalo dažnio keitimas diferenciniu (skirtuminiu) stiprintuvu, turinčiu diferencinio įėjimo $U_{in\ 1-2}$ parafazinės įtampos $U_{in\ p}$ stiprinimo diferencialinio koeficiento $K_u = U_{iš} / U_{in\ p}$ elektroninį valdymą per papildomą įėjimą $U_{in\ 3}$ elektroninio srovės šaltinio emiterių grandinėje. Tokios elektroninės grandinės ypatybės bei taikymas harmoninių virpesių amplitudės moduliavimui.

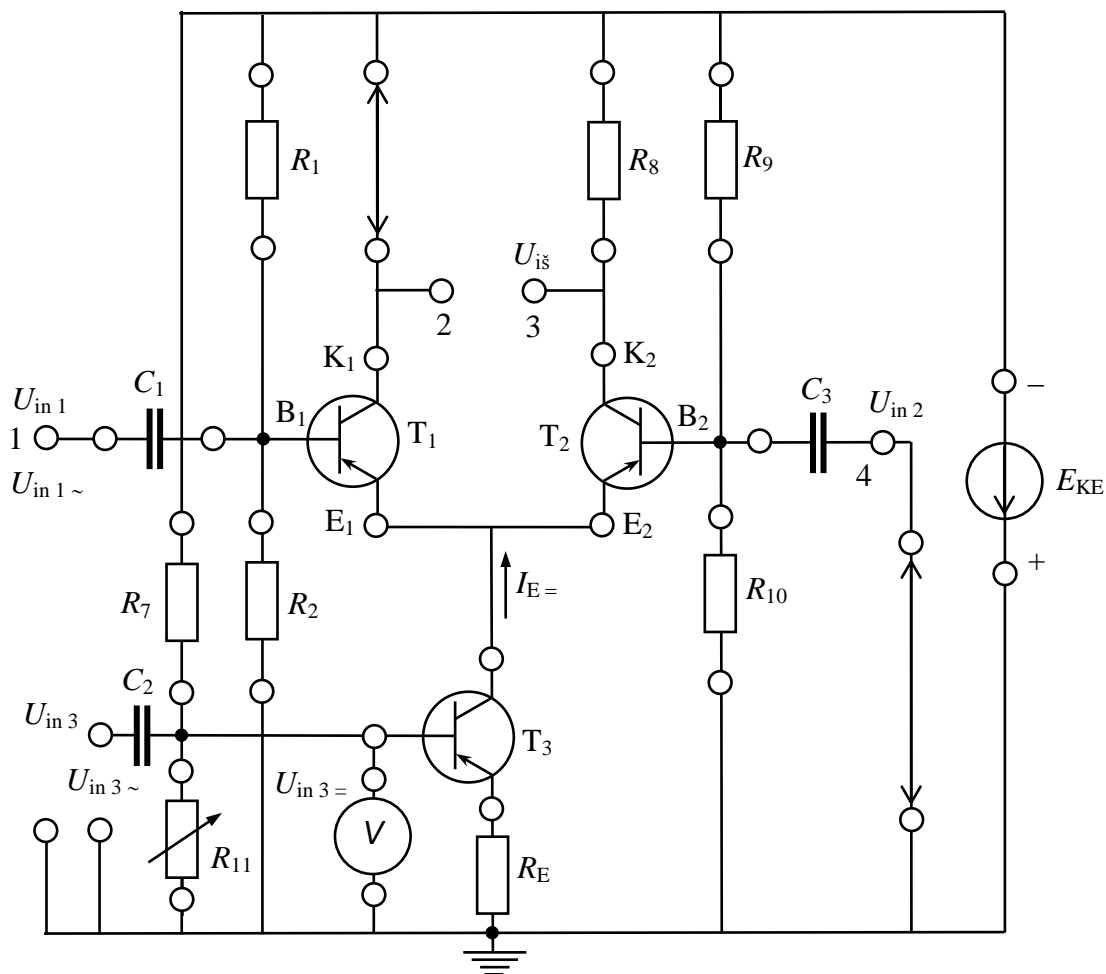
Praktinės užduotys

1. Matavimo stende sujungti skirtuminio stiprintuvo su trimis įėjimais $U_{in\ 1-3}$ ir vienu išėjimu $U_{iš}$ elektroninę grandinę (1 pav.) be rezistorių R_3, R_4 ir R_5 (jų vietoje įjungiami trumpikliai) ir, įėjime $U_{in\ 1}$ esant mažo signalo $U_{in\ 1} \sim$ sąlygai, išmatuoti harmoninės įėjimo įtampos $U_{in\ 1} \sim$ stiprinimo-perdavimo diferencialinio koeficiento $K_{u\ 1} = U_{iš} \sim / U_{in\ 1} \sim$ priklausomybę nuo pastoviosios įtampos $U_{in\ 3} =$ tarp elektroninio srovės šaltinio tranzistoriaus T_3 bazės ir „žemės“, užduodančios pastoviąją srovę $I_E =$ tranzistorių $T_{1,2}$ emiterių grandinėse. Išėjimo įtampą $U_{iš} \sim$ matuoti lizde „3“, o įtampą $U_{in\ 3} =$ keisti su potenciometru R_{11} intervale: $U_{in\ 3} = 0,5-1,5$ V. Įėjimo signalo $U_{in\ 1} \sim$ dažnis $f_{in\ 1} = 400, 550$ arba 700 kHz (nurodo dėstytojas). Nubraižyti grafiką $K_{u\ 1} = F(U_{in\ 3} =)$.
2. Į įėjimus $U_{in\ 1}$ ir $U_{in\ 3}$ padavus du harmoninius įėjimų signalus atitinkamai $U_{in\ 1} \sim$ ir $U_{in\ 3} \sim$, tenkinančius mažo įėjimo signalo sąlygą, išėjime $U_{iš}$ (lizde „3“) išmatuoti išėjimo signalo $u_{iš}(t)$ kombinacinių dažnių spektrą: $f_k = |\pm n \cdot f_{in\ 1} \pm m \cdot f_{in\ 2}|$, čia: $n, m = 1, 2, 3, \dots$. Įėjimų signalų $U_{in\ 1} \sim$ ir $U_{in\ 3} \sim$ atitinkami dažniai $f_{in\ 1,3}$ yra parenkami iš šių verčių: $f_{in\ 1} = 350-750$ kHz (vertę nurodo dėstytojas), bei $f_{in\ 3} = 20$ kHz, o pastovioji įtampa $U_{in\ 3} =$ yra parenkama intervale: $U_{in\ 3} = 0,5-1,5$ V, kurios vertę nurodo dėstytojas. Nubraižyti išėjimo signalo $u_{iš}(t)$ galios $P_{iš} \sim$ spektrinę diagramą $P_{iš} \sim(f_{iš})$ („x“ ašyje atidedame spektro $P_{iš} \sim(f_{iš})$ sandų $P_{iš} \sim(f_{iš}(k))$ dažnį f_k kHz, o „y“ ašyje – sando f_k amplitudę $U_{o\ k}$ dBm, perskaičiuotus į V.
3. Matavimo stende sujungti skirtuminio stiprintuvo elektroninę grandinę su LC– kontūru vietoje rezistoriaus R_8 (2 pav.) ir, esant mažo įėjimo signalo $U_{in\ 1} \sim$ sąlygai, gauti išėjimo signalo $u_{iš}(t)$ amplitudės $U_{o\ iš}(t)$ harmoninę moduliaciją įėjimo signalu $U_{in\ 3} \sim$, kai pastovioji įtampa $U_{in\ 3} =$ yra parenkama intervale: $U_{in\ 3} = 0,5-1$ V (pradinę vertę nurodo dėstytojas). Išmatuoti moduliacijos koeficiento M priklausomybę nuo harmoninio signalo $U_{in\ 3} \sim$ amplitudės $U_{o\ in\ 3}$ ir nubraižyti grafiką: $M = F(U_{o\ in\ 3})$ %. Įėjime $U_{in\ 1}$ harmoninio signalo $U_{in\ 1} \sim$ – nešlio dažnį $f_{in\ 1}$ nustatome lygų LC – kontūro rezonansiniam dažniui f_0 , kai įėjime $U_{in\ 3}$ įtampa $U_{in\ 3} \sim = 0$. Rezonansinio LC– kontūro kondensatoriaus C talpą parenkame iš šių verčių: $C = 100, 220$ arba 470 pF (nurodo dėstytojas). Įėjime $U_{in\ 3}$ moduliuojančiojo įėjimo signalo $U_{in\ 3} \sim$ dažnis $f_{in\ 3} = 5$ kHz. Išmatuoti ir nubraižyti moduluoto išėjimo signalo $u_{iš}(t)$ (lizde „3“) spektrinę diagramą $P_{iš} \sim(f_{iš})$, kai $M = 15-20$ %. Palyginti 2 ir 3 punktuose gautas spektrines diagramas $P_{iš} \sim(f_{iš})$ ir jų skirtumą paaiškinti.

Literatūra

1. B. P. Kietis, V. Palenskis. Netiesinės radiotechninės grandinės. Vilnius: VU, 1986, 16–46, 115–122 p. p.
2. Č. Pavasaris. Puslaidininkiniai įtaisai. Veikimo ir taikymo pagrindai / I ir II d., 2010, Vilnius (http://rfk.ff.vu.lt/elektronikos_lab.htm) (I d.: 60–115 p. p.; II d.: 30–42 p. p., 138–160 p. p.).

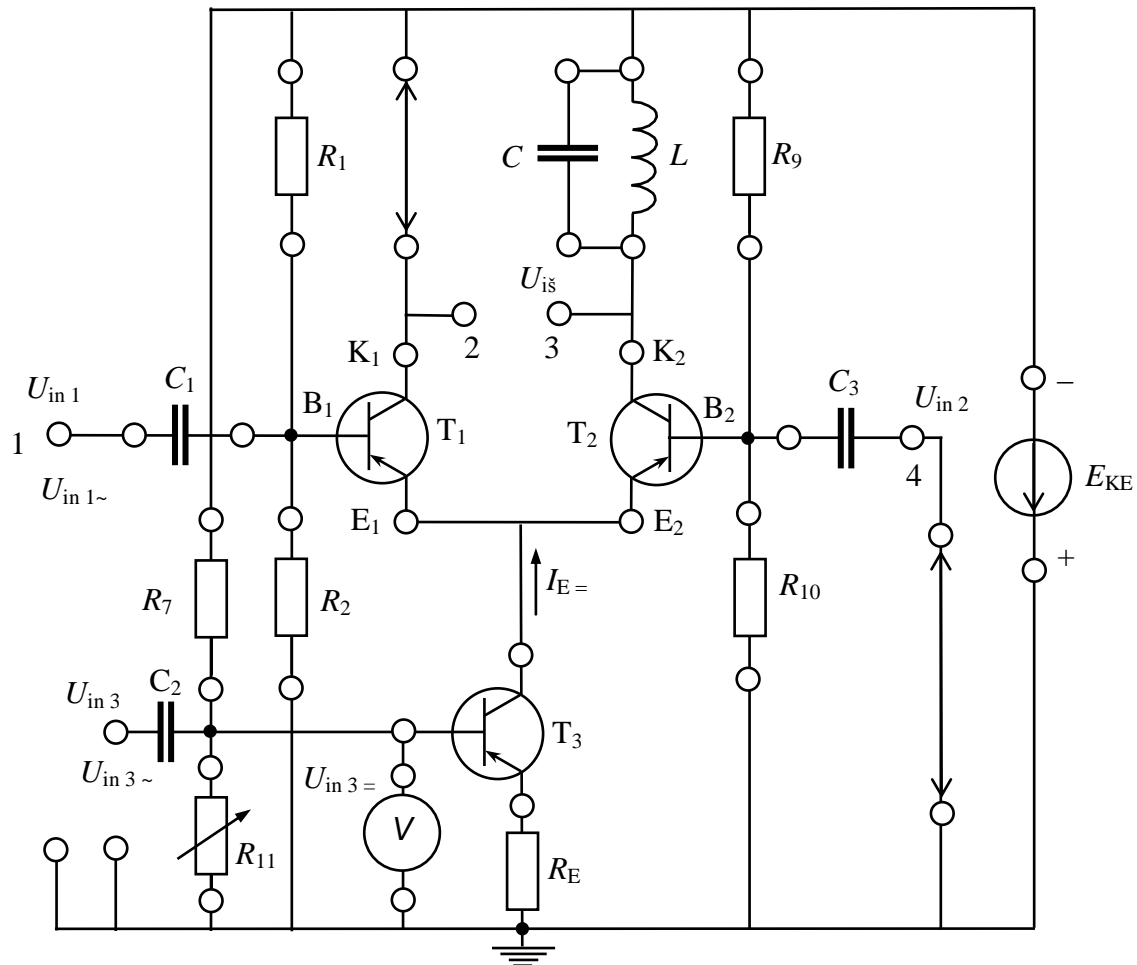
Matavimo grandinės



1 pav. Skirtuminis (diferencinis) stiprintuvas su emiterių $E_{1,2}$ grandinėje įjungtu pastoviosios ir kintamosios srovių $I_{E=, \sim}$ elektroniniu šaltiniu – T_3 , valdomu pastoviaja ir kintamąją įtampomis $U_{in3=, \sim}$, kai išėjime $U_{iš}$ yra įjungta aktyvioji apkrova R_8

$C_1 = C_3 = 0,01 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,022 \mu\text{F}$; $R_1 = R_9 = R_7 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_{10} = 12 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_{11} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ – sumontuotas kitoje stendo panelės pusėje;

$E_{KE} = -10 \text{ V}$ – „ĮTAMPOS ŠALTINIS“ (0–20 V)



2 pav. Skirtuminis (diferencinis) stiprintuvas su emiterių $E_{1,2}$ grandinėje įjungtu pastoviosios ir kintamosios srovių $I_{E=,~}$ elektroniniu šaltiniu – T_3 , valdomu pastoviaja ir kintamąją įtampomis $U_{in2=,~}$, kai išėjime $U_{iš}$ vietoje R_8 yra įjungta reaktyvioji apkrova – rezonansinis LC –kontūras

$C_1 = C_3 = 0,01 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,022 \mu\text{F}$; L – „Z1“; $C = 100, 220$ arba 470 pF (nurodo dėstytojas)
 $R_1 = R_9 = R_7 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_{10} = 12 \text{ k}\Omega$, $R_{11} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ – sumontuotas kitoje stendo panelės pusėje;

$E_{KE} = -10 \text{ V}$ – „ĮTAMPOS ŠALTINIS“ (0–20 V)

Darbo gynnimo metu būtina atsakyti į šiuos klausimus:

- 1– kodėl tiriamojo skirtuminio stiprintuvo įėjimas $U_{in 2}$ ir pirmojo tranzistoriaus T_1 kolektorius K_1 yra sujungti su „žeme“ ?
- 2– kokia įtampos $U_{i\bar{s}}$ fazė $\varphi_{i\bar{s}}$ atžvilgiu įtampos $U_{in 1}$ fazės $\varphi_{in 1}$?
- 3– kodėl tiriamosios skirtuminės stiprinimo pakopos parafazinės įtampos $U_{in 1}$ stiprinimo diferencialinis koeficientas $K_{u 1} = U_{i\bar{s}}/U_{in 1}$ priklauso nuo įtampų $U_{in 3}, \sim$ įėjime $U_{in 3}$?
- 4– kodėl tiriamojo skirtuminio stiprintuvo išėjime $U_{i\bar{s}}$ įtampa $u_{i\bar{s}}(t)$ yra proporcinga įėjimuose $U_{in 1}$ ir $U_{in 3}$ veikiančių atitinkamų įtampų $U_{in 1, 3}$ sandaugai, o signalo $u_{i\bar{s}}(t)$ spektras turi $k > 3$ dažnio harmonikų f_k ?
- 5– kodėl tiriamojo skirtuminio stiprintuvo tranzistoriaus T_2 kolektorius K_2 apkrovos grandinėje įjungtas LC – kontūras leidžia gauti signalo $U_{in 1}$ amplitudės $U_{o in 1}(t)$ moduliaciją laike t moduliuojančiuoju signalu $U_{in 3}$?