

Laboratorijas darba Nr. 5

REZONANSES KONTŪRA EKSPERIMENTĀLĀ IZPĒTE

ATSKAITE

Izpildīts brigādes Nr. 1 (Roberts Beņķis, Mārtiņš Dundurs, Mārtiņš Vītols) sastāvā

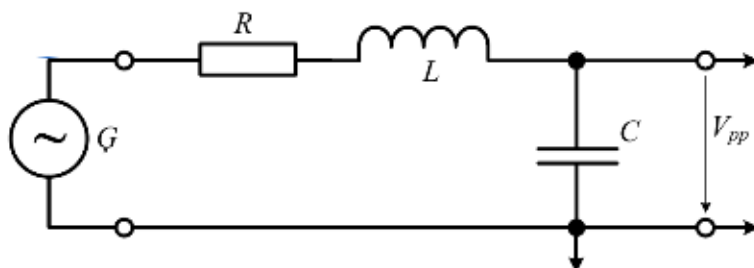
Mārtiņš Dundurs
rect0 grupa, apl. nr.

2017. gada 15. oktobrī

1 Laboratorijas darba mērķi

Šajā laboratorijas darbā mūsu mērķis ir eksperimentāli izpētīt virknes svārstību kontūra īpašības un to atkarību no kontūra elementu parametriem.

2 Virknes svārstību kontūra shēma



3 Eksperimenta teorētiskie aprēķini

Eksperimenta iepriekšējos teorētiskos aprēķinus skatīt laboratorijas darba protokolā - pielikumā.

4 Eksperimenta rezultātu un teorētisko aprēķinu salīdzinājums

Izejas spriegums uz kondensatora [C] atkarībā no frekvences

Šeit tika mērīts spriegums uz tām pašām frekvencēm, kas teorētiskajā aprēķinā.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{tC}(f)$ [V]	1.0101	1.0986	1.3319	1.952	14.4616	0.125	0.0417	0.0208	0.0101
$U_{eC}(f)$ [V]	1.667	1.81	2.185	3.157	10.1	0.204	0.067	0.033	0.015
$K_{tC}(f)$	1.0101	1.0986	1.3319	1.952	14.4616	0.125	0.0417	0.0208	0.0101
$K_{eC}(f)$	1.667	1.81	2.185	3.157	10.1	0.204	0.067	0.033	0.015
Atšķirība	39%	39%	39%	38%	43%	39%	38%	37%	33%

f - teorētiskajā aprēķinā un eksperimentā izmantotās frekvences;

$U_{tC}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrasto izejas spriegumu vērtības uz kondensatora;

$U_{eC}(f)$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz kondensatora;

$K_{tC}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrastie pārvades koeficienti uz kondensatora;

$K_{eC}(f)$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz kondensatora.

Izejas spriegums uz spoles [L] atkarībā no frekvences

Šeit atzīmētas atsevišķi eksperimentā noteiktās frekvences. Šī iemesla dēļ nebūtu korekti apskatīt eksperimenta procentuālo atšķirību no teorētiskā aprēķina.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{tL}(f)$ [V]	0.0101	0.0989	0.333	0.9565	14.4616	1.1246	1.0416	1.0208	1.0101
$K_{tL}(f)$	0.0101	0.0989	0.333	0.9565	14.4616	1.1246	1.0416	1.0208	1.0101
f_{eL} [kHz]	3.4800	10.4407	17.4030	24.3680	36.0840	104.4149	174.0219	243.7407	348.0488
$U_{eL}(f_{eL})$ [V]	0.029	0.186	0.581	1.558	10.045	2.07	1.903	1.855	1.815
$K_{eL}(f_{eL})$	0.029	0.186	0.581	1.558	10.045	2.07	1.903	1.855	1.815

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

$U_{tL}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrasto izejas spriegumu vērtības uz spoles;

$K_{tL}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrastie pārvades koeficienti uz spoles;

f_{eL} - eksperimentā izmantotās frekvences;

$U_{eL}(f_{eL})$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz spoles;

$K_{eL}(f_{eL})$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz spoles.

Izejas spriegums uz rezistora [R] atkarībā no frekvences

Šeit atzīmētas atsevišķi eksperimentā noteiktās frekvences. Šī iemesla dēļ nebūtu korekti apskatīt eksperimenta procentuālo atšķirību no teorētiskā aprēķina.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{tR}(f)$ [V]	0.007	0.0228	0.0461	0.0945	1	0.0259	0.0144	0.0101	0.007
$K_{tR}(f)$	0.007	0.0228	0.0461	0.0945	1	0.0259	0.0144	0.0101	0.007
f_{eR} [kHz]	3.48	10.4407	17.4033	24.377	34.6402	104.4167	174.0238	243.5377	348.0321
$U_{eR}(f_{eR})$ [V]	0.016	0.054	0.109	0.222	1.005	0.061	0.033	0.021	0.012
$K_{eR}(f_{eR})$	0.016	0.054	0.109	0.222	1.005	0.061	0.033	0.021	0.012

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

$U_{tR}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrasto izejas spriegumu vērtības uz rezistora;

$K_{tR}(f)$ - teorētiskajā aprēķinā atrastie pārvades koeficienti uz rezistora;

f_{eR} - eksperimentā izmantotās frekvences;

$U_{eR}(f_{eR})$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz rezistora;

$K_{eR}(f_{eR})$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz rezistora.

Pēc eksperimentālajiem rezultātiem aprēķinātās strāvas vērtības

Mēs ķēdes strāvu varam atrast pēc formulas:

$$I_e = \frac{U_{ie}}{\sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}} \quad (1)$$

Bet, tā kā frekvenču kopas f_{eL} un f_{eR} atšķiras no teorētiskajā aprēķinā izmantotās f , tad ķēdes strāvu atradīsim uz kondensatora, kuram izmantojam to pašu frekvenču kopu f , kuru izmantojam teorētiskajā aprēķinā:

$$I_{eC} = \frac{U_{eC}}{X_C} = \frac{U_{eC}}{\frac{1}{2\pi fC}} = U_{eC}2\pi fC \quad (2)$$

Virknes ķēdē tādai pašai strāvai jābūt arī uz pārējiem elementiem.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$I_t(f)$ [mA]	0.1127	0.3676	0.7427	1.524	16.129	0.4181	0.2323	0.1626	0.1127
$I_{eC}(f)$ [mA]	0.1859	0.6056	1.2185	2.4647	11.2646	0.6826	0.3736	0.2576	0.1673
Atšķirība	65%	65%	64%	62%	30%	63%	61%	58%	48%

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

teorētiskajā aprēķinā izmantotajām frekvencēm;

$I_t(f)$ - teorētiski aprēķinātās strāvas vērtības;

$I_{eC}(f)$ - eksperimentā iegūtās strāvas vērtības uz kondensatora;

Atšķirība - par cik atšķiras $I_{eC}(f)$ no $I_t(f)$.

Redzot, ka atšķirība ir tik liela, izmeklēsim strāvas lielumus dziļāk. Strāvas vērtības uz rezistora mēs varam atrast pēc šīs formulas:

$$I_{eR}(f_{eR}) = \frac{U_{eR}(f_{eR})}{R} \quad (3)$$

Taču šīs strāvas atbildīs frekvenču kopai f_{eR} , kamēr mēs vēlamies tās atbilstoši frekvenču kopai f . Lai tās atrastu mums ir nepieciešams interpolēt un iegūt $U_{eR}(f)$.

$$I_{eR}(f) = \frac{U_{eR}(f)}{R} \quad (4)$$

Pēc datorizētas interpolācijas iegūstam šādus rezultātus.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{eR}(f)$	0.016	0.054007	0.109	0.22143	1.0182	0.061043	0.033017	0.02043	0.01227
$I_t(f)$ [mA]	0.1127	0.3676	0.7427	1.524	16.129	0.4181	0.2323	0.1626	0.1127
$I_{eR}(f)$ [mA]	0.2581	0.8711	1.7581	3.5715	16.4226	0.9845	0.5326	0.3295	0.1979
Atšķirība	129%	137%	137%	134%	2%	135%	129%	103%	76%

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

$U_{eR}(f)$ - interpolējot iegūtās sprieguma vērtības uz rezistora pie attiecīgajām teorētiskajā aprēķinā izmantotajām frekvencēm;

$I_t(f)$ - teorētiski aprēķinātās strāvas vērtības;

$I_{eR}(f)$ - eksperimentā iegūtās strāvas vērtības uz rezistora;

Atšķirība - par cik atšķiras $I_{eR}(f)$ no $I_t(f)$.

Pēc kļūdu tendences redzam, ka rezonanses frekvences tuvumā mūsu kļūda sasniedz ticamu vērtību. Atceroties ka pie rezonanses frekvences reaktīvā pretestība tiecas uz nulli, bet savu lielāko iespaidu dod pie blakus frekvencēm, mēs varam izdarīt pieņēmumu, ka kļūdu mūsu aprēķinos ienes tieši reaktīvie elementi.

Aplūkosim kādas strāvas vērtības eksperimentā ir uz spoles.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{eL}(f)$	0.028985	0.18605	0.58099	1.5563	9.0396	2.0698	1.9033	1.8606	1.8153
$I_t(f)$ [mA]	0.1127	0.3676	0.7427	1.524	16.129	0.4181	0.2323	0.1626	0.1127
$I_{eL}(f)$ [mA]	0.3233	0.6917	1.296	2.4796	10.0819	0.7695	0.4246	0.2964	0.2025
Atšķirība	187%	88%	74%	63%	37%	84%	83%	82%	80%

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

$U_{eL}(f)$ - interpolējot iegūtās sprieguma vērtības uz spoles pie attiecīgajām teorētiskajā aprēķinā izmantotajām frekvencēm;

$I_t(f)$ - teorētiski aprēķinātās strāvas vērtības;

$I_{eL}(f)$ - eksperimentā iegūtās strāvas vērtības uz spoles;

Atšķirība - par cik atšķiras $I_{eL}(f)$ no $I_t(f)$.

Jānorāda, ka visi šie strāvas aprēķini uz reaktīvajiem elementiem balstās uz šādām kapacitātes un induktivitātes vērtībām: $C = 5.1$ [nF] un $L = 4.1$ [mH]. Apskatīsim kādas būtu kapacitātes un induktivitātes vērtības, ja mēs pieņemtu ka strāvai uz reaktīvajiem elementiem ir tāda pati vērtība kā uz rezistora (kā tam teorētiski vajadzētu būt).

$$C' = \frac{I_{eR}(f)}{U_{eC}(f)2\pi f} \quad L' = \frac{U_{eL}(f)}{I_{eL}(f)2\pi f} \quad (5)$$

Rezultātā iegūstam šādas kapacitātes un induktivitātes vērtības.

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
C' [nF]	7.079	7.336	7.3585	7.3901	7.4353	7.3561	7.2697	6.5229	6.0331
L' [mH]	5.136	3.2554	3.0223	2.8466	2.517	3.2045	3.2684	3.6885	4.1944

f - teorētiskajā aprēķinā izmantotās frekvences;

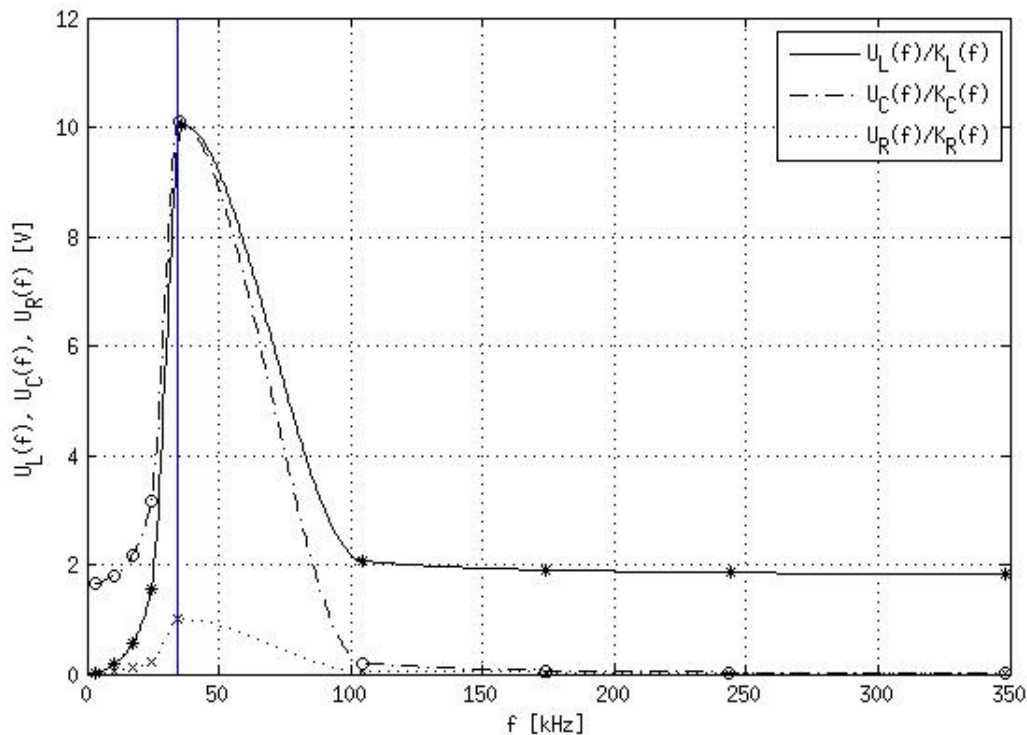
C' - kapacitāte aprēķināta pie katras frekvences f , balstoties uz no rezistora iegūto strāvu vērtībām;

L' - induktivitāte aprēķināta pie katras frekvences f , balstoties uz no rezistora iegūto strāvu vērtībām.

Redzams, ka kapacitātes vērtība ir salīdzinoši stabila, bet nemaz neatbilst paredzētajiem 5.1 nF, kamēr induktivitātes vērtība svārstās neprognozējami. Rezultātā varam spriest, ka eksperimentā iegūtās strāvas vērtības ir visticamākās uz rezistora, bet tās nav salīdzināmas ar iepriekšēja teorētiskajā aprēķinā iegūtajām.

5 Eksperimentu rezultātu apkopojums grafikos un tabulās

5.1 $U_{iz}(f)$ un $K(f)$ tabulas un grafiki



f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$U_{eC}(f)$ [V]	1.667	1.81	2.185	3.157	10.1	0.204	0.067	0.033	0.015
$K_{eC}(f)$	1.667	1.81	2.185	3.157	10.1	0.204	0.067	0.033	0.015

f_{eL} [kHz]	3.4800	10.4407	17.4030	24.3680	36.0840	104.4149	174.0219	243.7407	348.0488
$U_{eL}(f_{eL})$ [V]	0.029	0.186	0.581	1.558	10.045	2.07	1.903	1.855	1.815
$K_{eL}(f_{eL})$	0.029	0.186	0.581	1.558	10.045	2.07	1.903	1.855	1.815

f_{eR} [kHz]	3.48	10.4407	17.4033	24.377	34.6402	104.4167	174.0238	243.5377	348.0321
$U_{eR}(f_{eR})$ [V]	0.016	0.054	0.109	0.222	1.005	0.061	0.033	0.021	0.012
$K_{eR}(f_{eR})$	0.016	0.054	0.109	0.222	1.005	0.061	0.033	0.021	0.012

f - teorētiskajā aprēķinā un eksperimentā izmantotās frekvences uz kondensatora;

$U_{eC}(f)$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz kondensatora;

$K_{eC}(f)$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz kondensatora.

f_{eL} - eksperimentā izmantotās frekvences uz spoles;

$U_{eL}(f_{eL})$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz spoles;

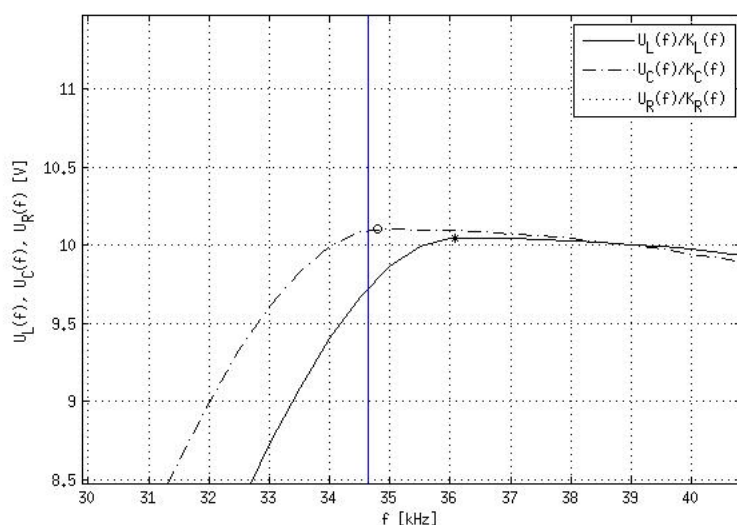
$K_{eL}(f_{eL})$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz spoles.

f_{eR} - eksperimentā izmantotās frekvences;

$U_{eR}(f_{eR})$ - eksperimentā atrasto izejas spriegumu vērtības uz rezistora;

$K_{eR}(f_{eR})$ - eksperimentā atrastie pārvades koeficienti uz rezistora.

Pietuvināts grafiks rezonanses apgabalā U_L un U_C līknēm



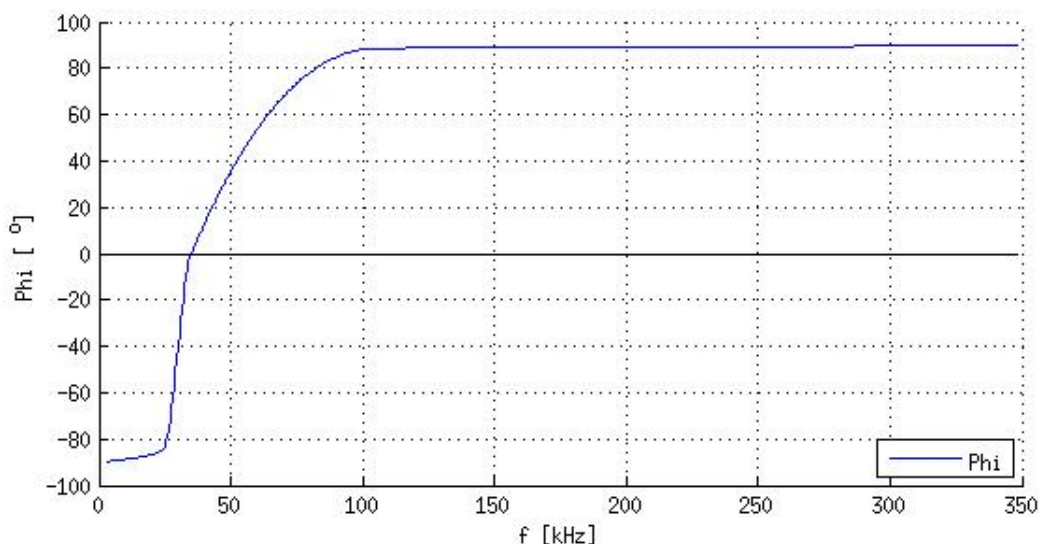
5.2 $\phi(f)$ tabula un grafiks

$$\phi(f) = \arctg\left(\frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R}\right) \quad (6)$$

f [kHz]	3.4805	10.4415	17.4026	24.3636	34.8051	104.4154	174.0256	243.6358	348.0512
$\phi(f)$ [°]	-89.5998	-88.6941	-87.3606	-84.5783	0	88.5146	89.1747	89.4222	89.5998

f - teorētiskajā aprēķinā un eksperimentā izmantotās frekvences;

$\phi(f)$ - fāzes nobīde; gan teorētiski, gan eksperimentā tās sakrīt, jo izmantotas tās pašas frekvences.



6 f_0 , ΔF un Q vērtības

Datorizēti pēc grafika atrodam f_a un f_b , kas atbilst $0.707 \cdot U_{max}$. Šeit mēs varam atrast šīs vērtības gan uz $U_C(f)$, gan $U_L(f)$ līknes. Sākumā tās atradīsim uz kondensatora līknes:

$$f_a = 32.8852[\text{kHz}] \quad f_b = 37.1817[\text{kHz}] \quad (7)$$

Izmantojot šīs frekvences varam atrast eksperimentam atbilstošo rezonanses frekvenci f_{e0} :

$$f_{e0} = \sqrt{f_a f_b} = 34.9675 [\text{kHz}] \quad (8)$$

Atrodam absolūto caurlaides joslu ΔF :

$$\Delta F = f_b - f_a = 4.2965 \text{ [kHz]} \quad (9)$$

Un visbeidzot atrodam eksperimenta kontūra labumu Q :

$$Q = \frac{f_{e0}}{\Delta F} = 8.1386 \quad (10)$$

Tādā pašā veidā varam atrast f_a , f_b , f_{e0} , ΔF un Q arī balstoties uz spoles likni. Rezultātus apkoposim tabulā:

	f_a	f_b	ΔF	f_{e0}	Q
C	32.885	37.182	4.2965	34.968	8.1386
L	33.63	39.347	5.7171	36.376	6.3627

7 Secinājumi

Šajā darbā visumā esam izpildījuši mūsu mērķi. Mums gan nav izdevies parādīt to grafisko ainu, kurā rezonanses līknes atšķiras induktivitātei L un kapacitātei C . Iemesli tam ir sekojoši - nepareizi izvēlēta pētāmo frekvenču kopa, netika ņemta vērā spoles iekšējā pretestība, kā arī grūti novērtējams pienesums no aparatūras pusēs.

Eksperimentā tika ņemtas izejas sprieguma vērtības uz kondensatora U_{eC} , uz spoles U_{eL} un uz pretestības U_{eR} . Rezultātā mēs ieguvām attiecīgus pārvades koeficientus, kuri, tā kā mūsu ieejas spriegums $U_{ie} = 1V$, sakrīt ar attiecīgajām izejas sprieguma vērtībām.

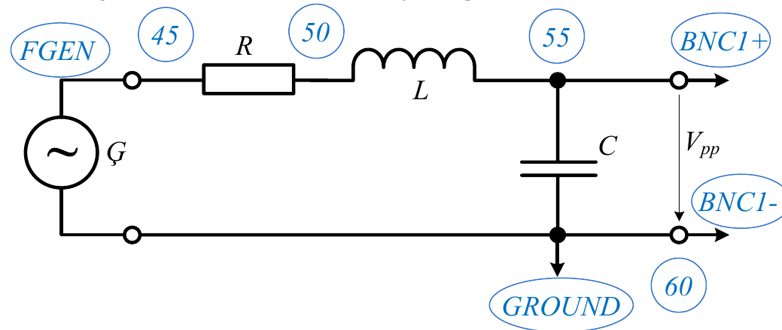
Tālāk mēs atradām virknes slēguma strāvu uz rezistora. Mēs konstatējām rezonanses frekvences tuvumā mūsu eksperimenta strāva daudz neatšķiras no teorētiski aprēķinātās (2%), bet visur citur iegūtā strāva ir nesalīdzināma (>100%). Rezultātā varam secināt, ka kļūdu ienes viens vai abi reaktīvie elementi, par cik to pretestības ietekme izpaužas visur ārpus rezonanses.

Tālāk mūsu uzdevums bija atrast f_0 , ΔF un Q eksperimentālās vērtības. Šo lielumu aprēķins balstās uz frekvencēm f_a un f_b , kuras atrodas tajā līknes daļā, kurā mums ir vislielākais datu trūkums. Līdz ar to šīs vērtības nav uzticamas un rezultējošās f_0 , ΔF un Q vērtības nenovēršami atšķirsies no teorētiski aprēķinātajām.

Brigāde Nr. 1

Roberts Beņķis, Mārtiņš Dundurs, Mārtiņš Vītols

Laboratorijas darbs

REZONANSES KONTŪRA EKSPERIMENTĀLĀ IZPĒTE

Induktivitāte:

$$L = 4.1 \text{ mH}$$

Aktīvā pretestība:

$$R = 62 \text{ ohm}$$

Kapacitāte:

$$C = 5.1 \text{ nF}$$

Ieejas spriegums:

$$U_{ie} = 1 \text{ V}$$

Teorētiskā rezonanses frekvence:

$$f_0 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = 34.8051 \text{ kHz}$$

Pētāmo frekvenču diapazons:

$$f := \begin{bmatrix} 0.1 \cdot f_0 \\ 0.3 \cdot f_0 \\ 0.5 \cdot f_0 \\ 0.7 \cdot f_0 \\ f_0 \\ 3 \cdot f_0 \\ 5 \cdot f_0 \\ 7 \cdot f_0 \\ 10 \cdot f_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.4805 \\ 10.4415 \\ 17.4026 \\ 24.3636 \\ 34.8051 \\ 104.4154 \\ 174.0256 \\ 243.6358 \\ 348.0512 \end{bmatrix} \text{ kHz}$$

Formulas:

$$\begin{aligned} \text{for } k=1, k < 10, k=k+1 \\ X_{Lk} &:= 2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot L \\ X_{Ck} &:= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_k \cdot C} \\ X_k &:= X_{Lk} - X_{Ck} \\ Z_k &:= \sqrt{R^2 + X_k^2} \\ I_k &:= \frac{U_{ie}}{Z_k} \end{aligned}$$

Formulas:

$$\begin{aligned} \text{for } k=1, k < 10, k=k+1 \\ U_{Lk} &:= I_k \cdot X_{Lk} \\ U_{Ck} &:= I_k \cdot X_{Ck} \\ U_{Rk} &:= I_k \cdot R \\ K_{Lk} &:= \frac{U_{Lk}}{U_{ie}} \end{aligned}$$

Formulas:

$$\begin{aligned} \text{for } k=1, k < 10, k=k+1 \\ K_{Ck} &:= \frac{U_{Ck}}{U_{ie}} \\ K_{Rk} &:= \frac{U_{Rk}}{U_{ie}} \\ \varphi_k &:= \text{atan}\left(\frac{X_k}{R}\right) \\ Q &:= \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot f_0}{R} \\ \Delta F &:= \frac{f_0}{Q} \end{aligned}$$

Induktīvā impedance:

$$X_L = \begin{bmatrix} 89.6617 \\ 268.985 \\ 448.3084 \\ 627.6317 \\ 896.6167 \\ 2689.8502 \\ 4483.0837 \\ 6276.3171 \\ 8966.1673 \end{bmatrix} \text{ ohm}$$

Kapacitīvā impedance:

$$X_C = \begin{bmatrix} 8966.1673 \\ 2988.7224 \\ 1793.2335 \\ 1280.881 \\ 896.6167 \\ 298.8722 \\ 179.3233 \\ 128.0881 \\ 89.6617 \end{bmatrix} \text{ ohm}$$

Reaktīvā impedance:

$$X = \begin{bmatrix} -8876.5057 \\ -2719.7374 \\ -1344.9251 \\ -653.2493 \\ 2.1783 \cdot 10^{-12} \\ 2390.978 \\ 4303.7603 \\ 6148.229 \\ 8876.5057 \end{bmatrix} \text{ ohm}$$

Pilnā impedance:

$$Z = \begin{bmatrix} 8876.7222 \\ 2720.444 \\ 1346.3534 \\ 656.185 \\ 62 \\ 2391.7817 \\ 4304.2069 \\ 6148.5416 \\ 8876.7222 \end{bmatrix} \text{ ohm}$$

Ķēdes labums:

$$Q = 14.4616$$

Frekvenču caurlaides josla:

$$\Delta F = 2.4067 \text{ kHz}$$

Strāva ķēdē:

$$I = \begin{bmatrix} 0.1127 \\ 0.3676 \\ 0.7427 \\ 1.524 \\ 16.129 \\ 0.4181 \\ 0.2323 \\ 0.1626 \\ 0.1127 \end{bmatrix} \text{ mA}$$

Spriegums uz
spoles:

$$U_L = \begin{bmatrix} 0.0101 \\ 0.0989 \\ 0.333 \\ 0.9565 \\ 14.4616 \\ 1.1246 \\ 1.0416 \\ 1.0208 \\ 1.0101 \end{bmatrix} \text{ V}$$

Spriegums uz
kondensatora:

$$U_C = \begin{bmatrix} 1.0101 \\ 1.0986 \\ 1.3319 \\ 1.952 \\ 14.4616 \\ 0.125 \\ 0.0417 \\ 0.0208 \\ 0.0101 \end{bmatrix} \text{ V}$$

Spriegums uz
rezistora:

$$U_R = \begin{bmatrix} 0.007 \\ 0.0228 \\ 0.0461 \\ 0.0945 \\ 1 \\ 0.0259 \\ 0.0144 \\ 0.0101 \\ 0.007 \end{bmatrix} \text{ V}$$

Fāžu nodībe:

$$\varphi = \begin{bmatrix} -89.5998 \\ -88.6941 \\ -87.3606 \\ -84.5783 \\ 2.013 \cdot 10^{-12} \\ 88.5146 \\ 89.1747 \\ 89.4222 \\ 89.5998 \end{bmatrix}^\circ$$

Spoles pārvades
koeficients:

$$K_L = \begin{bmatrix} 0.0101 \\ 0.0989 \\ 0.333 \\ 0.9565 \\ 14.4616 \\ 1.1246 \\ 1.0416 \\ 1.0208 \\ 1.0101 \end{bmatrix}$$

Kondensatora pārvades
koeficients:

$$K_C = \begin{bmatrix} 1.0101 \\ 1.0986 \\ 1.3319 \\ 1.952 \\ 14.4616 \\ 0.125 \\ 0.0417 \\ 0.0208 \\ 0.0101 \end{bmatrix}$$

Rezistora pārvades
koeficients:

$$K_R = \begin{bmatrix} 0.007 \\ 0.0228 \\ 0.0461 \\ 0.0945 \\ 1 \\ 0.0259 \\ 0.0144 \\ 0.0101 \\ 0.007 \end{bmatrix}$$

