ძაბვების რეზონანსისთვის გამოიყენებენ შემდეგ თანაფარდობებს და ფორმულებს:

კონტურის ვარგისობა

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\rho}{r} = \frac{\omega_{რ} L}{r} = \frac{1}{r\omega_{რ} C} = \frac{1}{r} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \ ,$$

მახასიათებელი წინაღობა – რეაქტიული ელემენტების წინაღობა რეზონანსის დროს $\rho = rQ = \omega_{რ} L = \dfrac{1}{\omega_{რ} C} = \sqrt{\dfrac{L}{C}}$,

კონტურის მილევა $d = \dfrac{1}{Q}$,

აბსოლუტური აშლა $\Delta\omega = \omega - \omega_{რ}$ ან $\Delta f = f - f_{რ}$,

ფარდობითი აშლა $\dfrac{\Delta\omega}{\omega_{რ}} = \dfrac{\Delta f}{f_{რ}}$,

გატარების ზოლი განისაზღვრება იმ პირობიდან გამომდინარე, რომ დენი f_1 და f_2 სიხშირეებზე, რომლებიც შეესაბამება ზოლის საზღვრებს, მცირდება $\sqrt{2}$ -ჯერ.

განასხვავებენ გატარების ზოლის **აბსოლუტურ** და **ფარდობით** მნიშვნელობებს $S_ა = f_2 - f_1 = \dfrac{f_{რ}}{Q}$ და $S_ფ = \dfrac{S_ა}{f_{რ}} = \dfrac{1}{Q}$.

* თუ წრედში იქნება რამდენიმე ინდუქტიური და ტევადური ელემენტი, მაშინ ვპოულობთ მათ ექვივალენტურ მნიშვნელობებს ($L_ე = \sum_{k=1}^{n} L_k$ და $\dfrac{1}{C_ე} = \sum_{l=1}^{m} \dfrac{1}{C_l}$) და შემდეგ ვიყენებთ რეზონანსური სიხშირის დადგომის ფორმულას ექვივალენტური ინდუქტიური და ტევადური წინაღობებისათვის.

2.1. ᲬᲕᲠᲘᲚᲖᲝᲚᲝᲕᲐᲜᲘ ᲬᲠᲔᲓᲔᲑᲘᲡ ᲡᲘᲮᲨᲘᲠᲣᲚᲘ ᲛᲐᲮᲐᲡᲘᲐᲗᲔᲑᲚᲔᲑᲘ

მაგალითი მ.2.1. ერთკონტურიანი სუსტი სიგნალების რეზონანსური მაძლიერებელი შეიცავს რხევით კონტურს რეზონანსური სიხშირით $f_{რეზ} = 60$ მჰც და ეკვივალენტური ვარგისობით $Q_{ეკვ} = 40$. რეზონანსურ სიხშირეზე მაძლიერებლის გაძლიე-

რებლის მოდული $K_{რეზ}=35$. გამოთვალეთ გადაცემის სიხში-რული კოეფიციენტი $K\left(j2\pi f\right)$ სიხშირეებზე $f_1=52$ მჰც და $f_2=68$ მჰც.

მითითება: გამოიყენეთ ფორმულა 2.19

$$h(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{0}K\left(j\omega\right)e^{j\omega t}\mathrm{d}\omega+\frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\infty}K\left(j\omega\right)e^{j\omega t}\mathrm{d}\omega$$

პასუხი: $K\left(j2\pi f_1\right)=-3.267e^{j1.477}$; $K\left(j2\pi f_2\right)=-3.267e^{-j1.477}$.

მაგალითი მ.2.2. ერთკონტურიანი რეზონზნსური მაძლიერე-ბელის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათე3ბელი აღეწერება გამოსახულებით $\left|K\left(j\omega\right)\right|=\dfrac{K_{რეზ}}{\sqrt{1+\tau_კ^2\left(\omega-\omega_{რეზ}\right)^2}}$, სადაც $\tau_კ$ - რხევითი სისტემის დროის მუდმივაა. განსაზღვრეთ $\omega_{1,2}$ სიხში-რეები რომლებზეც დაქანების დახრილობები იქნება უდიდესი მნიშვნელობის.

პასუხი: $\omega_{1,2}=\omega_{რეზ}\pm1\Big/\left(\sqrt{2}\tau_კ\right)$

მაგალითი მ.2.3. რეზონანსული მაძლიერებელი შედგება N რაოდენობის ერთნაირი ერთკონტურიანი საფეხურებისაგან კონტურის დროის $\tau_კ$ მუდმივას ცნობილი მნიშვნელობით. გა-მოიყვანეთ მოცემული მაძლიერებელის გატარების ზოლის $\Pi_{0.707}$ გამოთვლის ზოგადი გამოსახულება.

ამოხსნა: N-საფეხურიანი მაძლიერებლის გადაცემის სიხში-რული კოეფიციენტია

$$K\left(j\omega\right)=\frac{\left(-K_{რეზ}\right)^N}{\left|1+j\tau_კ\left(\omega-\omega_{რეზ}\right)\right|^N}.$$

მოცემული სისტემის ამპლიტუდურ-სიხშირულ მახასიათებელს (ასმ) ექნება სახე

$$\left|K\left(j\omega\right)\right|=\frac{K_{რეზ}^N}{\left[1+\tau_კ^2\left(\omega-\omega_{რეზ}\right)^2\right]^{N/2}}.$$

გატარების ზოლის საზღვრულ სიხშირეზე ადგილი ექნება ტოლობას

$$\left[1+\tau_{კ}^{2}\left(\omega-\omega_{რეზ}\right)^{2}\right]^{N/2}=\sqrt{2},$$

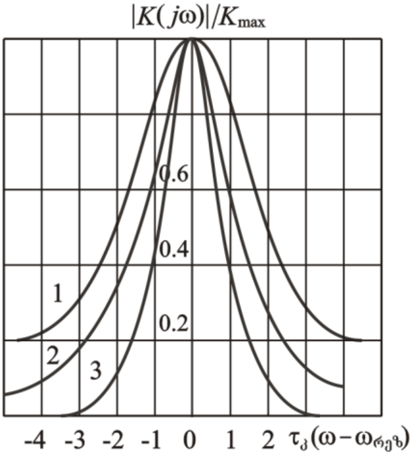
საიდანაც ვღებულობთ $$\Delta_{0.707}=\frac{1}{\pi\tau_{კ}}\sqrt{\sqrt[N]{2}-1}.$$

მაგალითი მ.2.4. ამოცანა 2.3 -ში მოყვანილი პირობისათვის მიიღეთ $\Delta_{0.707}$ მნიშვნელობები, როცა საფეხურების რიცხვი იქნება $N=1$ და $N=4$, ხოლო $\tau_{კ}=10$ მკწმ.

პასუხი: $$\Delta_{0.707}=\begin{cases}12.73\ \text{კჰც}, & N=1,\\ 6.025\ \text{კჰც}, & N=4.\end{cases}$$

მაგალითი მ.2.5. გამოთვალეთ და ააგეთ ერთ-, ორ-, და სამ-საფეხუროვანი რეზონასური მაძლიერებლების ნორმირებული ასმ გრაფიკები. კონტურების მუდმივი $\tau_{კ}$ მდგენელები და მათი რეზონანსური სიხშირეები $\omega_{რეზ}$ ერთნაირია.

მითითება: არგუმენტის უგანზომილო ცვლადათ გამოიყენეთ აშლა $\xi=\tau_{კ}\left(\omega-\omega_{რეზ}\right)$. ნახ. მ.2.1 –ზე მოყვანილია აგებული გრაფიკები. შეადარეთ თქვენ მიერ მიღებულ გრაფიკებს



ნახ. მ.2.1.

2.2. სიგნალის გავლა ვიწროზოლოვან წრედში

მაგალითი მ.2.9. მაძლიერებელი შექვნილია ორი რეზონანსური საფეხურის კასკადური შეერთებით ერთნაერი რეზონანსური $\omega_{რეზ}$ სიხშირეებით. გაძლიერების კოეფიციენტებია $K_{რეზ.1}$ და $K_{რეზ.2}$, და დროის მუდმივები $\tau_{კ.1}$ და $\tau_{კ.2}$, საზოგადოთ, გან-

სხვავებულია ერთმანეთისგან. იპოვეთ იმპულსური მოცემული ვიწროზოლოვანი მაძლიერებელის $h(t)$ იმპულსური მახასიათებელი.

ამოხსნა: მაძლიერებელის გადაცემის სიხშირული მახასიათებელის გამოსახულებაში

$$K(j\omega)=\frac{K_{\text{რეზ.1}}K_{\text{რეზ.2}}}{\left[1+j\left(\omega-\omega_{\text{რეზ}}\right)\tau_{\text{ვ.1}}\right]\left[1+j\left(\omega-\omega_{\text{რეზ}}\right)\tau_{\text{ვ.2}}\right]}$$

შევასრულოთ ცვლადის შეცვლა $\omega=\omega_{\text{რეზ}}+\Omega$ და გადავიდეთ გადაცემის სიხშირული კოეფიციენტის დაბალსიხშირულ ეკვივალენტზე

$$K_{\text{დს}}(j\omega)=\frac{K_{\text{რეზ.1}}K_{\text{რეზ.2}}}{\left(1+j\Omega\tau_{\text{ვ.1}}\right)\left(1+j\Omega\tau_{\text{ვ.2}}\right)}.$$

შესაბამისი გადამცემი ფუნქცია იქნება

$$K_{\text{დს}}(p)=\frac{\alpha_1\alpha_2K_0}{(p+\alpha_1)(p+\alpha_2)},$$

სადაც $K_0=K_{\text{რეზ.1}}K_{\text{რეზ.2}}$; $j\Omega=p$; $\alpha_1=1/\tau_{\text{ვ.1}}$; $\alpha_2=1/\tau_{\text{ვ.2}}$. ლაპლასის გარდაქმნის ცხრილების გამოყენებით, მივიღებთ

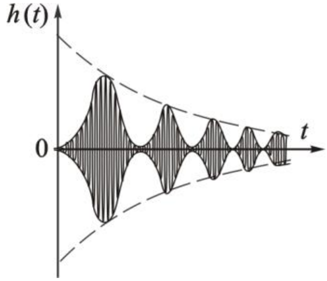
$$h_{\text{დს}}(t)=\frac{\alpha_1\alpha_2K_0}{(\alpha_2-\alpha_1)}\left(e^{-\alpha_1t}-e^{-\alpha_2t}\right)\sigma(t),$$

საიდანაც $$h_{\text{დს}}(t)=\frac{2\alpha_1\alpha_2K_0}{\alpha_2-\alpha_1}\left(e^{-\alpha_1t}-e^{-\alpha_2t}\right)\cos\omega_{\text{რეზ}}t\cdot\sigma(t)$$

(ამონაკრეფი ლაპლასის გარდაქმნების ცხრილიდან): $\rightarrow$
$\left(\cos\omega_0t\div p\big/\left(p^2+\omega_0^2\right);\ \sin\omega_0t\div\omega_0\big/\left(p^2+\omega_0^2\right);\ e^{-j\alpha}\div1/(p+\alpha)\right).$

მაგალითი 3.2.11. სამსაფეხურიანი რეზონანსული მაძლიერებელი შეიცავს რხევით კონტურებს, გაწყობილებს სიხშირეებზე $\omega_{\text{რეზ.1}}=\omega_0-\Delta\omega$, $\omega_{\text{რეზ.2}}=\omega_0$ და $\omega_{\text{რეზ.3}}=\omega_0+\Delta\omega$. პარამეტრები $K_{0\text{რეზ}}$ და $\tau_{\text{ვ}}$ ერნაირია სამივე საფეხურისათვის. სისტემა ერთობრიობაში არის ვიწროზოლოვანი, ანუ $Q\gg1$ და $\Delta\omega/\omega_0\ll1$. გამოთვალეთ მაძლიერებლის იმპულსური $h(t)$ მახასიათებელი. გამოხაზეთ მიახლოვებითი გრაფიკი.

მითითება: საყდენ სიხშირეთ აირჩიეთ საყრდენი ω_0 სიხშირე. დაბალსიხშირული ეკვივალენტური იმპულსური $h(t)$ მახასიათებელი იპოვება ოპერატორული მეთოდით.



ნახ. მ.2.2

ამოხსნა:

$$h(t) = -\frac{4K_{0\text{რეზ}}}{\tau_\text{კ}}\left(\frac{t}{\tau_\text{კ}}\right)^2 e^{t/\tau_\text{კ}}\,\frac{\sin^2\Delta\omega t}{(\Delta\omega t)^2}\cos^{-1}\theta.$$

მიღებული ფუნქციის მიახლოვებითი გრაფიკი მოყვანილია ნახ. მ.2.2–ზე.

მაგალითი მ.2.12. გაუსის ვიწრილზოლოვანი რადიოფილტრის გადაცემის სიხშირული კოეფიციენტი წარმოდგენილია ფორ-მულით $K(j\omega) = K_0 e^{-b(\omega+\omega_0)^2} + K_0 e^{-b(\omega-\omega_0)^2}$,

სადაც K_0 - მაშტაბური კოეფიციენტია, ω_0 გატარების ზოლის ცენტრალური სიხშირეა, b - ზომის მუდმივა, ისეთი რომ, $b\omega_0^2$ □ 1. იპოვეთ მოცემული ფილტრის $K_\text{დს}(j\Omega)$ გადაცემის კოეფიციენტის დაბალსიხშირული ეკვივალენტი და შესაბამისი იმპულსური მახასიათებელი $h_\text{დს}(t)$.

მითითება: გამოიყენეთ ტაბულირებული ინტეგრალი

$$\int_0^\infty e^{-\beta x^2}\cos bx\mathrm{d}x = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\beta}}\exp\left(-\frac{b^2}{4\beta}\right).$$

პასუხი: $K_\text{დს}(j\Omega) = K_0 e^{-b\Omega^2}$, $h_\text{დს}(t) = \dfrac{K_0}{2\sqrt{\pi b}}\exp\left(-\dfrac{t^2}{4b}\right).$

მაგალითი მ.2.17. ძაბვის ერთკონტურა რეზონანსული მა-ძლიერებელის პარამეტრებია $\omega_\text{რეზ}, K_\text{რეზ}$ და $\tau_\text{კ}$. შესასვლელზე მიერთებულია ძაბვის წყარო, რომელსაც აქვს სიხშირის ნახ-ტომი როცა $t = 0$:

$$u_\text{შეს}(t) = \begin{cases} U_\text{მ}\cos\omega_\text{რეზ}t, & t < 0 \\ U_\text{მ}\cos(\omega_\text{რეზ} + \delta\omega)t, & t \geq 0, \end{cases}$$

სადაც $\delta\omega$ - სიხშირული აშლაა.

გამოთვალეთ $\tilde{U}_\text{გამ}(t)$–გამოსასვლელი სიგნალიას კომპლექსური მოვლები. ააგეთ ფიხიკური მოვლების დროზე დამოკი-დებულების გრაფიკები როცა $\delta\omega\tau_\text{კ} = 1$ და როცა $\delta\omega\tau_\text{კ} = 3$.

მითითება: კომპლექსური მოვლბის მიმართ გამოიყენეთ დუ-ამელის ინტეგრალი. საყდენ სიხშირეთ აიღეთ $\omega_{რეზ}$. შემოიტა-ნეთ უზომილო არგუმენტი $x = t/\tau_კ$

ამოხსნა: შესასვლელზე სიგნალის კომპლექსური მოვლები

$$\tilde{U}_{შეს}(t) = \begin{cases} U_მ\,, & t < 0, \\ U_მ\, e^{j\delta\omega t}, & t \geq 0. \end{cases}$$

ვინაიდან $\quad h_{დს}(t) = \left(-K_{რეზ}/\tau\right) e^{-t/\tau_კ}\,\sigma(t),$

მაშინ როცა $t < 0$

$$\tilde{U}_{გამ}(t) = \int_{-\infty}^{t} \tilde{U}_{შეს}(\xi) h_{დს}(t-\xi) \mathrm{d}\xi =$$

$$= -K_{რეზ} U_მ e^{-t/\tau_კ} \int_{-\infty}^{t/\tau_კ} e^x dx = -K_{რეზ} U_მ\,.$$

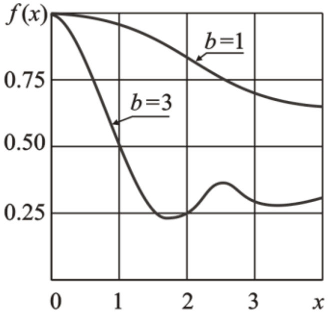
როცა $t \geq 0$

$$\tilde{U}_{გამ}(t) = -\frac{K_{რეზ} U_მ}{\tau_კ} \int_{-\infty}^{0} e^{-(t-\xi)/\tau_კ} \mathrm{d}\xi - \frac{K_{რეზ} U_მ}{\tau_კ} \int_{0}^{t} e^{j\delta\omega\xi} e^{-(t-\xi)/\tau_კ} \mathrm{d}\xi =$$

$$= -K_{რეზ} U_მ e^{-t/\tau_კ} - K_{რეზ} U_მ e^{-t/\tau_კ} \int_{0}^{t/\tau_კ} e^{x(1+jb)} \mathrm{d}x,$$

სადაც $\quad b = \delta\omega \cdot \tau_კ -$ უგანზომო პარამეტრია, რომელიც ახასია-თებს სიხშირული აშლის შეფარდებას კონტურის გატარების ზოლთან. ინტეგრირების ჩატარების შემდეგ, მივიღებთ

$$\tilde{U}_{გამ}(t) = -\frac{K_{რეზ} U_მ}{1+jb} \left(jbe^{-t/\tau_კ} + e^{jbt/\tau_კ} \right).$$



ნახ. მ.2.3

გრაფიკების ასაგებათ მოსახერ-ხებელია ახალი ცვლადის შემოტა-ნას $x = t/\tau_კ$. ამასთან ფიზიკური მოვლები როდესაც $t \geq 0$

$$\tilde{U}_{გამ}(x) = \left|\tilde{U}_{გამ}(x)\right| = K_{რეზ} U_მ\, f(x),$$

სადაც

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{1+b^2}}\left[\cos^2 bx+\left(\sin bx+be^{-x}\right)^2\right]^{1/2}.$$

$f(x)$ ფუნქციის გრაფიკები $b=1$ და $b=3$ შემთხვევისათვის მოყვანილია ნახ. მ.2.3.

მაგალითი 2.18. გამოთვალეთ სიგნალი $u_{\text{გამ}}(t)$, რომელიც წარმოიქმნება წვრილზოლოვანი გაუსის რადიოფილტრის გამოსასვლელზე (იხ. ამოცანა მ.2.12) თუ მის შესასვლელზე მიეწოდება $u_{\text{შეს}}(t)=U_0\cos\omega_0 t\cdot\sigma(t)$ რხევა, როლის რხევის შევსების სიხშირე ემთხვევა ფილტრის ასმ მახასიათებელის ცენტრალურ სიხშირეს.

მითითება : გამოიყენეთ რეზულტატი მიღებული ამოცანა მ.2.12 –ში.

ამოხსნა : აქ $\tilde{U}_{\text{შეს}}(t)=U_0\sigma(t);\quad h_{\text{დს}}(t)=\dfrac{K_0}{2\sqrt{\pi b}}e^{-t^2/(4b)}.$

მაშინ

$$\tilde{U}_{\text{გამ}}(t)=\int_{-\infty}^{\infty}\tilde{U}_{\text{შეს}}(t-\xi)h_{\text{დს}}\mathrm{d}\xi=\frac{K_0U_0}{2\sqrt{\pi b}}\times\int_{-\infty}^{t}e^{-\xi^2/(4b)}\mathrm{d}\xi=K_0U_0\Phi\left(\frac{t}{\sqrt{2b}}\right),$$

სადაც $\Phi(x)$ არის ალბათობების ინტეგრალი.