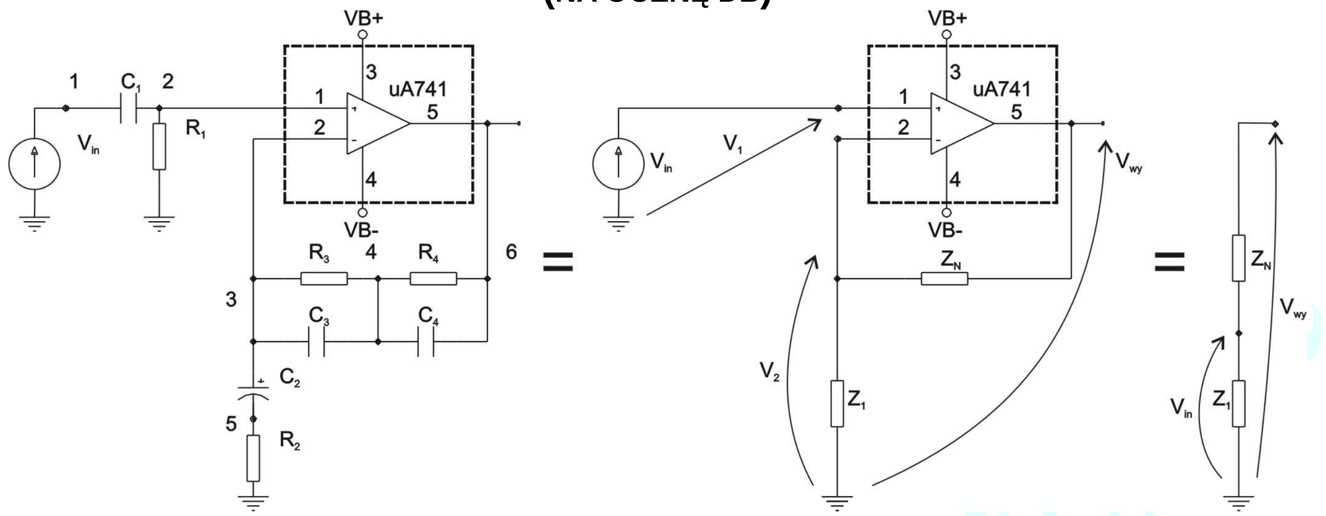
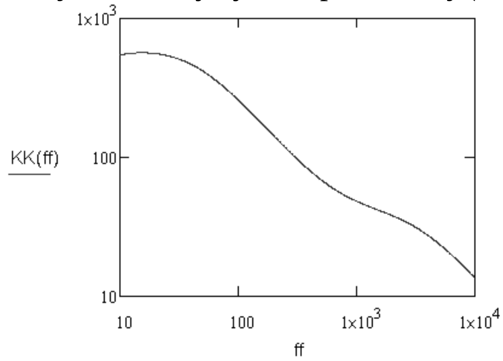
TREŚĆ ĆWICZENIA NR 6. PROJEKTOWANIE KOREKTORA CZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO (NA OCENĘ DB)



Elementy zapewniające uzyskanie pożądanej charakterystyki amplitudowej (RIAA):

V_{in}	=	1[mV]
R_1	=	180[kΩ]
R_2	=	0.3[kΩ]
R_3	=	180[kΩ]
R_4	=	10[kΩ]
C_1	=	0.47[μF]
C_2	=	1000[μF]
C_3	=	20[nF]
C_4	=	4.7[nF]



Przy pominięciu oddziaływania elementów C_1, R_1 oraz założeniu idealnych własności wzmacniacza operacyjnego transmitancja układu jest dana wzorem:

$$K(s)=\frac{V_{wy}(s)}{V_{in}(s)}=\frac{Z_N(s)+Z_1(s)}{Z_1(s)} \quad \text{gdzie: } Z_1(s)=R_2+\frac{1}{sC_2}\ ,\quad Z_N(s)=\frac{R_3\frac{1}{sC_3}}{R_3+\frac{1}{sC_3}}+\frac{R_4\frac{1}{sC_4}}{R_4+\frac{1}{sC_4}}$$

$$\boxed{K(s)=\frac{\dfrac{R_3\frac{1}{sC_3}}{R_3+\frac{1}{sC_3}}+\dfrac{R_4\frac{1}{sC_4}}{R_4+\frac{1}{sC_4}}+R_2+\dfrac{1}{sC_2}}{R_2+\dfrac{1}{sC_2}}}$$

Skonstruować algorytm optymalizacji oparty na metodzie **Newtona-Raphsona** z rozwiązaniem zadania nadokreślonego metodą **SVD** pozwalający na wyznaczenie elementów R_3, R_4, C_3 oraz C_4.

Uzyskiwanie charakterystyki częstotliwościowej: $s = \mathrm{j}\,\omega$,

$$K(s)=K(\mathrm{j}\omega),\quad |K(\mathrm{j}\omega)| - \text{charakterystyka amplitudowa,}$$

$$\arg\left(K(\mathrm{j}\omega)\right) - \text{ charakterystyka fazowa.}$$

Rozwiązanie nadokreślonego układu równań metodą SVD (macierze $\boldsymbol{U}$,$\boldsymbol{V}$ – ortonormalne, $\boldsymbol{D}$ – diagonalna).

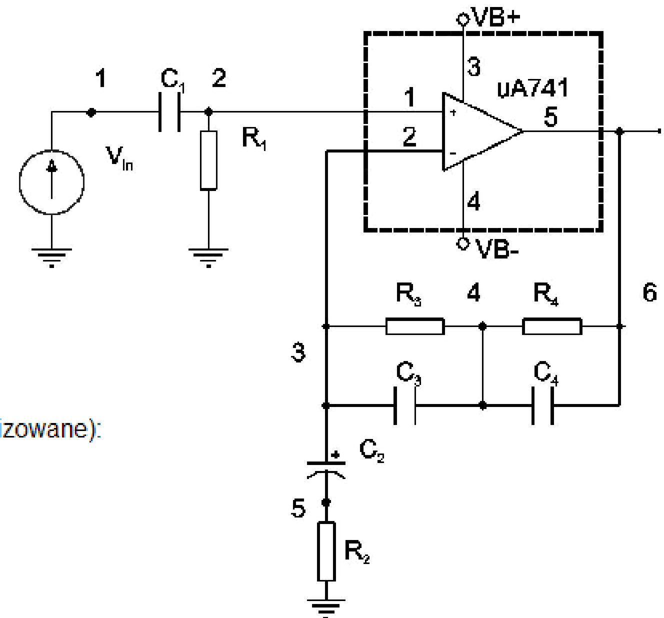
$$\boldsymbol{S}\cdot\Delta\boldsymbol{R}=\Delta\boldsymbol{U}_0,\quad \boldsymbol{S}=\boldsymbol{U}\cdot\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}},\quad \boldsymbol{U}\cdot\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}\cdot\Delta\boldsymbol{R}=\Delta\boldsymbol{U}_0,\quad \boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{X}=\boldsymbol{U}^{T}\cdot\Delta\boldsymbol{U}_0,\quad \Delta\boldsymbol{R}=\boldsymbol{V}\cdot\boldsymbol{X}$$

Można regularyzować proces „obcinając” wektor pomocniczy $\boldsymbol{X}$.

$Origin := 1$

Metoda Newtona-Raphsona z regularyzacją SVD

Układ korektora jest przedstawiony na rysunku:



Dane są (nie będą optymalizowane):

$R2 := 300$

$C2 := 100 \cdot 10^{-6}$

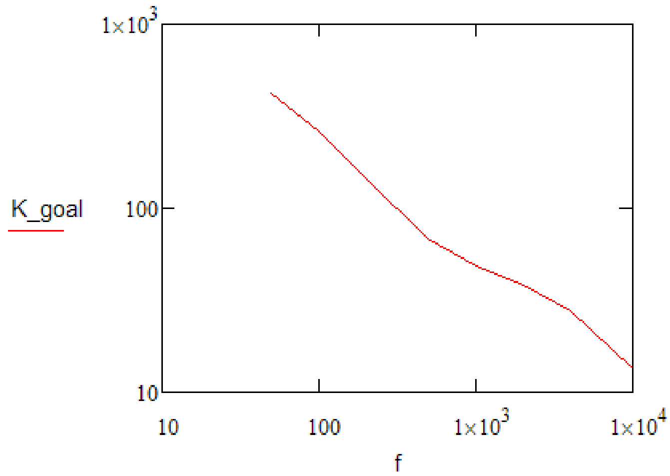
Zadanie ma na celu dopasowanie transmitancji korektora do kilku wartości podanych w pliku zewnętrznym "Goal_function.TXT". Plik ten zawiera częstotliwości oraz odpowiadające im moduły transmitancji. Ich ilość jest dowolna.
Optymalizowane będą: R3, R4, C3 oraz C4, w programie zapisane w wektorze R.
Czytanie danych z pliku:

$Kf := READPRN(\text{"Goal\_function.TXT"})$ $\quad Nk := rows(Kf)$ $\quad nf := \frac{Nk}{2}$ $\quad i := 1..nf$

$f_i := Kf_i$ $\quad K\_goal_i := Kf_{i+nf}$

$f^T = \left(50 \quad 100 \quad 200 \quad 500 \quad 1\times10^3 \quad 2\times10^3 \quad 4\times10^3 \quad 1\times10^4\right)$

Tak wygląda charakterystyka oparta na podanych częstotliwościach:



Zmienne elementy projektowanego układu będą nazywane kolejnymi indeksami R, w kolejności: R3, R4, C3, C4. Wartości początkowe:

$R_1 := 30 \cdot 10^3$ $\quad R_2 := 8 \cdot 10^3$ $\quad R_3 := 10 \cdot 10^{-9}$ $\quad R_4 := 10 \cdot 10^{-9}$

Transmitancja projektowanego układu przy zapisaniu elementów jako R:

$$K\_(R,s) := \frac{\left(\frac{R_1 \frac{1}{s \cdot R_3}}{R_1 + \frac{1}{s \cdot R_3}} + \frac{R_2 \frac{1}{s \cdot R_4}}{R_2 + \frac{1}{s \cdot R_4}} + R2 + \frac{1}{s \cdot C2}\right)}{R2 + \frac{1}{s \cdot C2}}$$

$N := \text{rows}(R) = 4$

$lf := \text{rows}(f) = 8$

$K(R,f) := |K\_(R, 2\pi \cdot f \cdot i)|$

Obliczanie pochodnej względem elementu wektora

$$dK(R,n,f) := \left| \begin{array}{l} R1 \leftarrow R \\ d \leftarrow 0.001 \\ R1_n \leftarrow R1_n + d \cdot R1_n \\ dK \leftarrow \dfrac{(K(R1,f) - K(R,f))}{d \cdot R1_n} \end{array} \right.$$

Parametry procesu iteracyjnego:

Krok początkowy: $d := 0.1 \cdot R$

Liczba max iteracji: $ItMax := 100$

Procedura Newtona-Raphsona dla zadania optymalizacji N elementów dla lf częstotliwości

```
N_R := | for  n ∈ 1 .. N
       |   N_R(n,1) ← R(n)
       | for  it ∈ 1 .. ItMax
       |   | for  i ∈ 1 .. lf
       |   |   | ΔU(i) ← K(R, f(i)) − K_goal(i)
       |   |   | for  n ∈ 1 .. N
       |   |   |   S(i,n) ← R(n)·dK(R, n, f(i))
       |   | D ← diag(svds(S))
       |   | U ← submatrix(svd(S), 1, lf, 1, N)
       |   | V ← submatrix(svd(S), lf + 1, lf + N, 1, N)
       |   | ΔX ← D^(−1)·U^T·ΔU
       |   | ΔX(N) ← 0  if  it < 10
       |   | ΔX(N−1) ← 0  if  (it < 6 ∧ N > 1)
       |   | ΔX(N−2) ← 0  if  (it < 3 ∧ N > 2)
       |   | ΔR ← V·ΔX
       |   | for  n ∈ 1 .. N
       |   |   | R(n) ← R(n) − ΔR(n)·R(n)
       |   |   | N_R(n, it+1) ← R(n)
       |   |   | N_R(n+2, it+1) ← ΔR(n)
       |   | Δ ← |ΔR|
       |   | break  if  Δ < 10^(−4)
       | N_R
```

Odchyłki napięć dla częstotliwości f

Obliczanie wrażliwości przez różniczkowanie względem elementu wektora Rn. Unormowanie przez pomnożenie razy Rn.

Rozwiązanie nadokreślonego układu równań metodą SVD

Rozwiązanie równania pomocniczego dla ΔX

Zmniejszenie rzędu macierzy dla początkowych iteracji

Wprowadzenie poprawek R bez podrelaksacji

Zapamiętanie w macierzy N_R

Koniec, jeśli ostatnie poprawki odpowiednio małe

Liczba wykonanych iteracji:

$It := cols(N\_R)$ $\qquad It = 15$

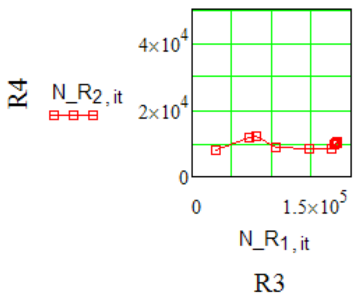
Wartości elementów:

$R3 := N\_R_{1,It} = 1.8 \times 10^{5}$ $\qquad R4 := N\_R_{2,It} = 1 \times 10^{4}$

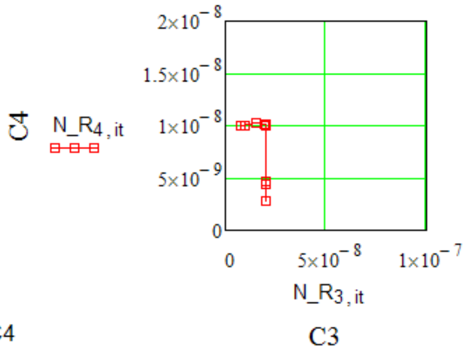
$C3 := N\_R_{3,It} = 2 \times 10^{-8}$ $\qquad C4 := N\_R_{4,It} = 4.7 \times 10^{-9}$

$it := 1 .. It$

Wartości R3 i R4 w kolejnych iteracjach

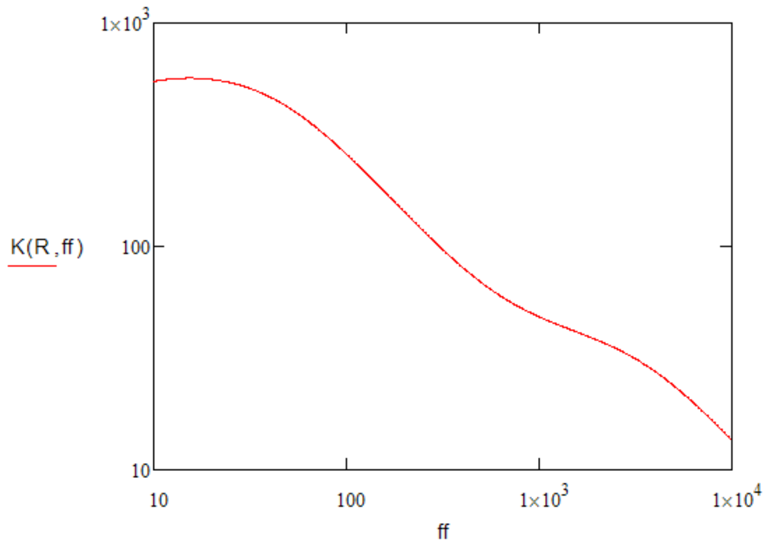


Wartości C3 i C4 w kolejnych iteracjach



$R_1 := R3 \qquad R_2 := R4 \qquad R_3 := C3 \qquad R_4 := C4$

Otrzymana charakterystyka:



Zawartość pliku „Goal_function.TXT”:

```
   50
  100
  200
  500
 1000
 2000
 4000
10000
419.0
258.9
142.6
69.04
48.38
38.11
27.51
13.53
```