

WZMACNIACZ OPERACYJNY (WO)

ZASTOSOWANIA LINIOWE

1. [Odp.](#)

	<p>Oblicz i narysuj logarytmiczne charakterystyki: amplitudową i fazową wzmacniacza. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmocnienie i fazę dla $\omega \rightarrow \infty$ i $\omega \rightarrow 0$, częstotliwość graniczną, nachylenie charakterystyki amplitudowej. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że WO jest idealny.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. [Odp.](#)

	<p>Oblicz U_{WY} jeśli $U_{WE} = 12V$. Oblicz rezystancję wejściową R_{we} układu. Obliczenia przeprowadź dla idealnego WO.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. [Odp.](#)

	<p>Oblicz i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową układu (dolnoprzepustowy filtr Sallena-Key'a). Na wykresie zaznacz wartość wzmocnienia dla $\omega \rightarrow 0$, częstotliwość graniczną ω_0, i nachylenie charakterystyki amplitudowej gdy $\omega \rightarrow \infty$. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że WO jest idealny. Narysuj charakterystykę fazową filtru.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. [Odp.](#)

	<p>Oblicz i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową i fazową wzmacniacza. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmocnienie i fazę dla $\omega \rightarrow \infty$ i $\omega \rightarrow 0$, częstotliwości graniczne, nachylenie charakterystyki amplitudowej. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że zastawany WO (a) jest idealny (b) ma skończone pole wzmocnienia GB [rad/sek].</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. [Odp.](#)

	<p>Oblicz i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową i fazową wzmacniacza. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmocnienie i fazę dla $\omega \rightarrow \infty$ i $\omega \rightarrow 0$, częstotliwości graniczne, nachylenie charakterystyki amplitudowej. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że zastawany WO (a) jest idealny (b) ma skończone wzmocnienie $A_{u0} = 86dB$ i pole wzmocnienia $GB = 10^6$ rad/sek. Określ stabilność układu oraz dobierz wartość R_1 aby zminimalizować wpływ wejściowych prądów polaryzujących na pracę układu.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. Odp.

	<p>Oblicz i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową i fazową wzmacniacza. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmocnienie i fazę dla $\omega \rightarrow \infty$ i $\omega \rightarrow 0$, częstotliwości graniczne, nachylenie charakterystyki amplitudowej. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że zastawany WO (a) jest idealny (b) ma pole wzmocnienia $GB = 10^6$ rad/sek. Zbadaj stabilność układu a w przypadku jego niestabilności przeprowadź kompensację częstotliwościową. Dobierz wartość R_2 tak aby zminimalizować wpływ wejściowych prądów polaryzujących.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Odp.

	<p>W układzie na rysunku wielkością wejściową jest prąd fotodiody $I_F(\phi)$, który w układzie <i>wzmacniacza transimpedancyjnego</i> jest przetwarzany na napięcie wyjściowe u_{WY}. Określ maksymalną szerokość pasma ω_F wzmacniacza transimpedancyjnego jaką może uzyskać przy zapewnieniu jego stabilności jeśli zastosowany wzmacniacz operacyjny ma pole wzmocnienia $GB = 10^6$ rad/sek a dioda w punkcie pracy ma pojemność $C_D = 10\text{pF}$ oraz rezystancję dynamiczną $r_d \gg R_F$.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8. Odp.

	<p>Oblicz wzmocnienie k_{uf} i impedancję wejściową Z_{we} wzmacniacza pomiarowego. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że zastawany WO jest idealny.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

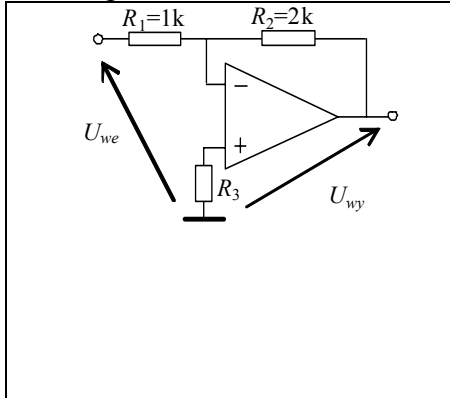
9. Odp.

	<p>Oblicz (w przybliżeniu) napięcie u_{WY} jeśli $u_{WE} = 0,1 \sin(2\pi ft)$ V. Przyjmij $R = 10 \text{ k}\Omega$, oraz że f leży w zakresie średnich częstotliwości</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10. Odp.

	<p>Oblicz wzmocnienie układu.</p>
--	-----------------------------------

11. Odp.



Oblicz i narysuj logarytmiczną charakterystykę amplitudową wzmacniacza. Na wykresie zaznacz istotne wielkości: wzmocnienie $|k_{u/0}|$ dla $\omega \rightarrow 0$, górną częstotliwość graniczną ω_{gf} oraz nachylenie charakterystyki amplitudowej gdy $\omega \rightarrow \infty$. Obliczenia przeprowadź przy założeniu, że zastawany WO (a) jest skompensowany częstotliwościowo i ma pole wzmocnienia $GB = 90 \text{ Mrad/s}$ (b) ma wzmocnienie „otwartej pętli”

$$A_u(j\omega) = \frac{A_{u0}}{(1 + j\omega/\omega_1)(1 + j\omega/\omega_2)}$$

przy czym $A_{u0} = 10^7$, $\omega_1 = 1 \text{ krad/s}$, $\omega_2 = 3 \text{ Mrad/s}$. Oblicz wartość pojemności kompensującej.

12. Odp

13. Odp

14. Odp

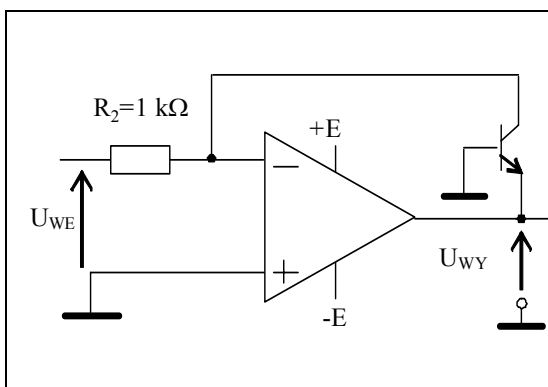
15. Odp

16. Odp

17. Odp

ZASTOSOWANIA NIELINIOWE

18. [Odp.](#)



Dla układu na rysunku zmierzono, że:

$U_{we}, [V]$	0,1	1	10
$U_{wy}, [V]$	-0,5175	-0,575	-0,6325

- Określ funkcję realizowaną przez układ.
- Dobierz osie układu współrzędnych tak, aby charakterystyka przejściowa układu była linią prostą.
- Jakie parametry tranzystorów można wyznaczyć na podstawie charakterystyki przejściowej?
- Wyznacz te parametry, przyjmując, że wzmacniacz operacyjny jest idealny.

Przyjmij $\ln 10 = 2,3$, oraz że $U_T = 25 \text{ mV}$.

19. Odp.

	<p>Rozpoznaj układ. Wyznacz zależność $U_{WY}(U_{WE})$ dla $U_{WE} > 0$ i dla $U_{WE} < 0$. O ile wzrośnie/zmaleje wartość napięcia U_{WY} jeśli U_{WE} wzrośnie 10-krotnie.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

20. Odp.

21. Odp.

	<p>Jaką funkcję realizuje układ (wyznacz u_{WY}). Blok ze znakiem \times oznacza układ mnożenia sygnałów wejściowych (in_1, in_2)</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

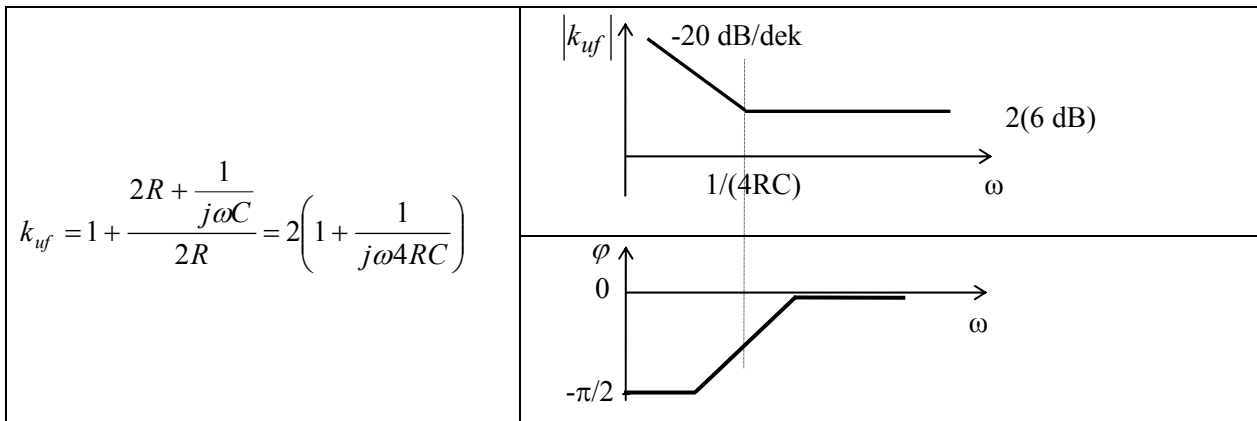
22. Odp.

23. Odp.

24. Odp.

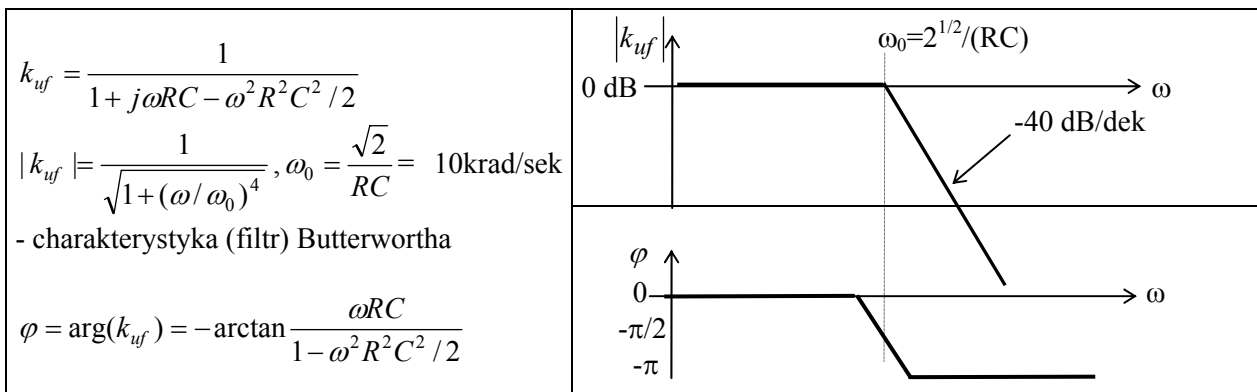
Odpowiedzi

1. [wróć \(back\)](#)

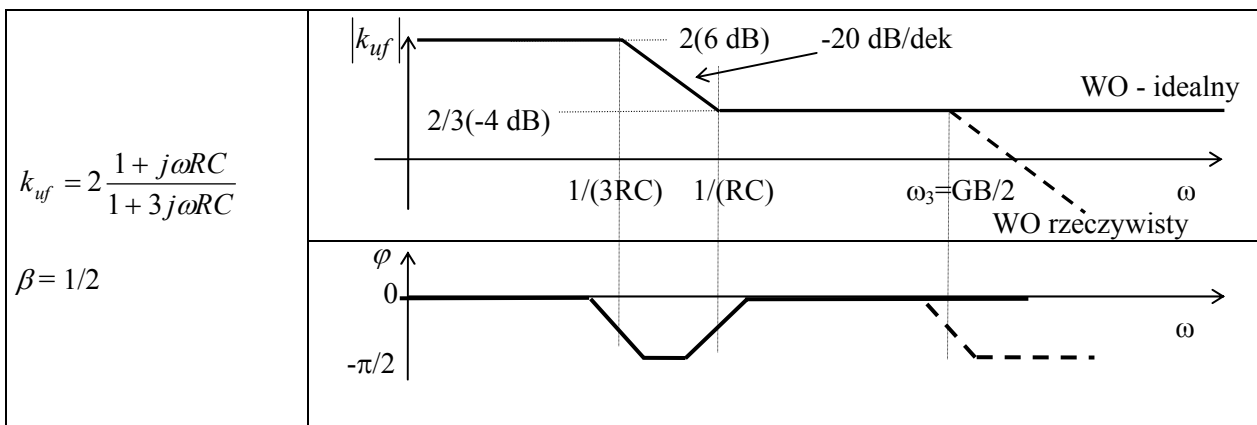


2. $U_{WY} = U_- = U_+ = \frac{R}{R+2R} U_{WE} = \frac{1}{3} U_{WE} = 4V$, $R_{we} = 3R$ [wróć \(back\)](#)

3. [wróć \(back\)](#)

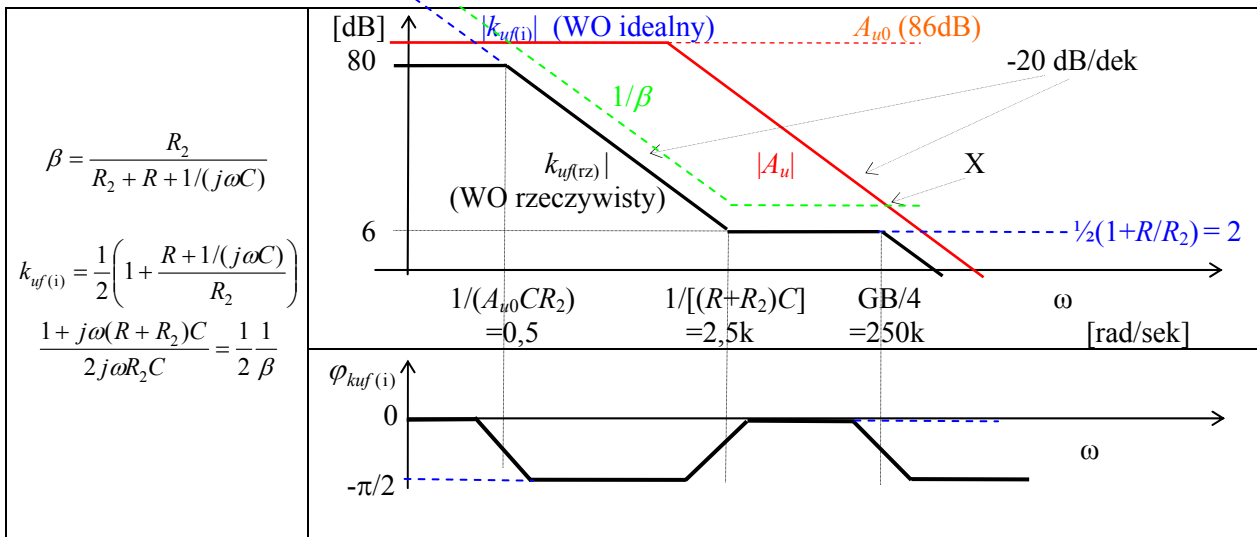


4. [wróć \(back\)](#)



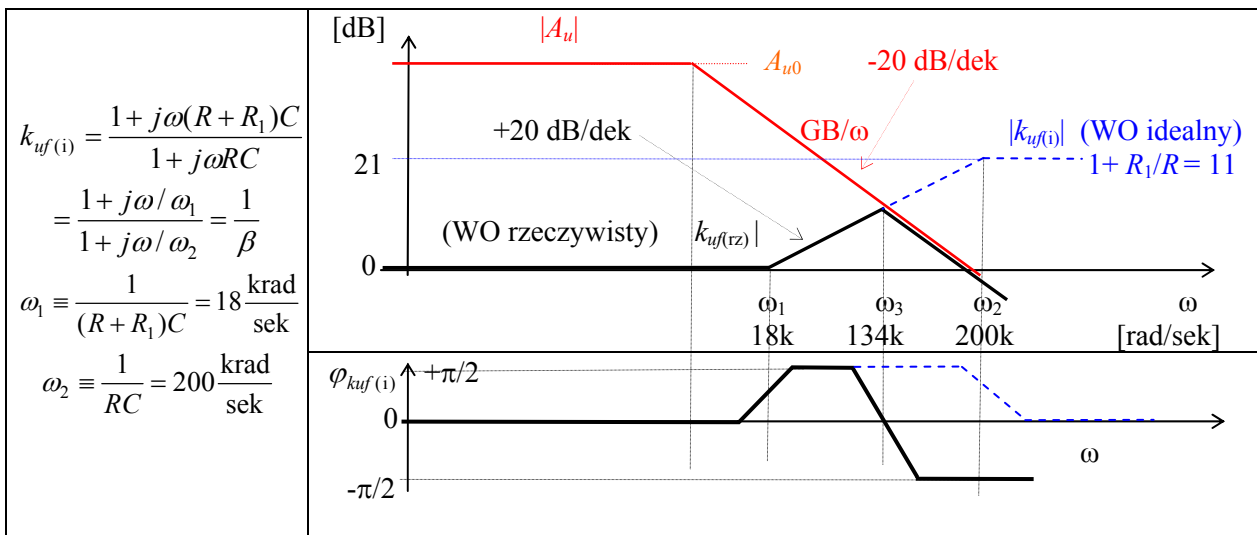
$$GB/\omega_3 = 1/\beta = 2 \Rightarrow \omega_3 = GB/2,$$

5. [wróć \(back\)](#)



Względne nachylenie charakterystyk $|A_u|$ i $1/\beta = 2|k_{uf(i)}|$ w punkcie przecięcia X wynosi $-20\text{dB/dek} \Rightarrow$ wzm. stabilny. Wpływ prądów pol. najmniejszy gdy: $R_1 || R_1 = R_2 \Rightarrow R_1 = 2R_2 = 20\text{k}$. [wróć \(back\)](#)

6. [wróć \(back\)](#)

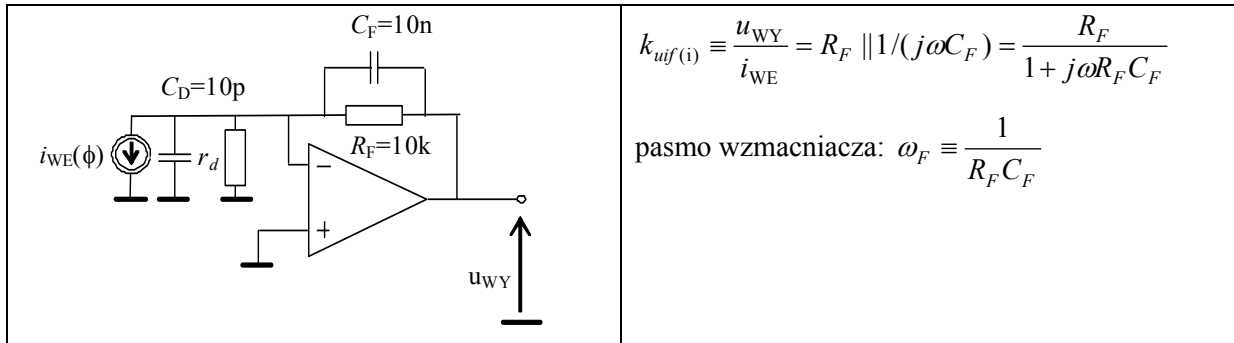


W zakresie $\omega_1 \ll \omega \ll \omega_2$ jest $1/\beta = k_{uf(i)} \cong j\omega/\omega_1$ oraz $|A_u| = GB/\omega$ (rysunek). Charakterystyki $|A_u|$ i $|1/\beta|$ przecinają się w punkcie $\omega_3 = (GB\omega_1)^{1/2} = 134\text{krad/s}$, który określa pasmo wzmacniacza. Względne nachylenie charakterystyk $|A_u|$ i $|1/\beta|$ w punkcie przecięcia = $-40\text{dB/dek} \Rightarrow$ wzmacniacz niestabilny. Kompensacja częstotliwościowa: przesunąć biegun transmitancji $1/\beta$ z punktu ω_2 do punktu ω_3 : $\omega_2 = 1/(RC) = \omega_3 \Rightarrow R = 1/(C\omega_3) = 1,49\text{k}\Omega$. Zero $k_{uf}(j\omega)$ pozostanie w punkcie $\omega_1 = 18\text{krad/s}$ jeśli stała czasowa $C(R_1 + R)$ nie ulegnie zmianie $\Rightarrow R_1 = 9,51\text{k}\Omega$.

$R_2 = R_1 = 9,51 \text{ k}$.

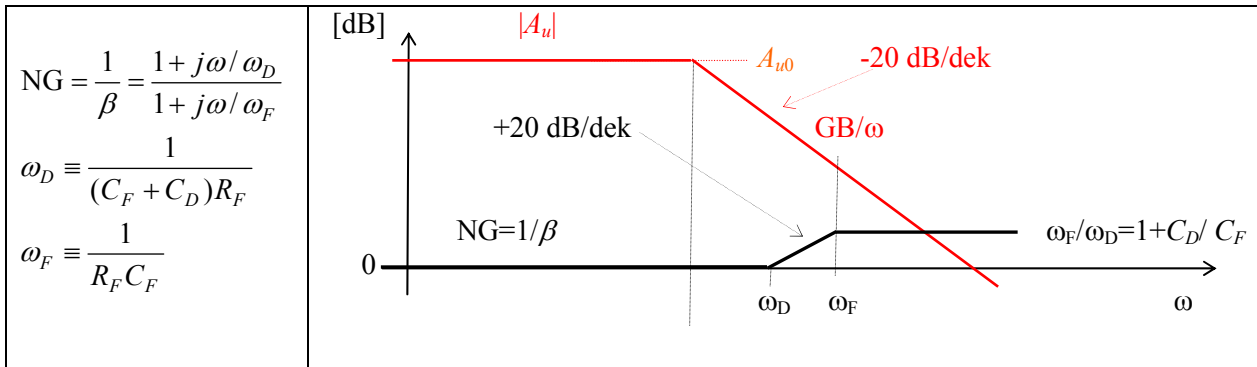
[wróć \(back\)](#)

7. Fotodiode w punkcie pracy można zastąpić źródłem prądowym i_{WE} z równolegle dołączonymi pojemnością C_D i rezystancją r_d



stabilność:

$$\beta = \frac{r_d \parallel 1/(j\omega C_D)}{r_d \parallel 1/(j\omega C_D) + R_F \parallel 1/(j\omega C_F)} = \frac{r_d}{r_d + R_F} \frac{1 + j\omega C_F R_F}{1 + j\omega (C_F + C_D) R_F \parallel r_d} \approx \frac{1 + j\omega / \omega_F}{1 + j\omega / \omega_D}$$



Wzmacniacz stabilny gdy $NG=1/\beta(\omega \rightarrow \infty) = \omega_F/\omega_D \leq GB/\omega_F$. Pasmo maksymalnie szerokie gdy

$$\omega_F/\omega_D = GB/\omega_F. \text{ Wtedy } \omega_F = \sqrt{GB\omega_D} \Rightarrow C_F = \frac{1 + \sqrt{1 + 4R_F C_D GB}}{2GBR_F} \approx \sqrt{\frac{C_D}{GBR_F}} = 3,7 \text{ pF},$$

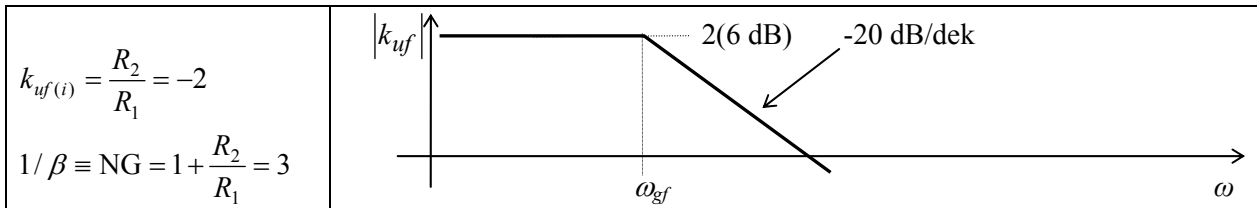
$$\omega_F \equiv \frac{1}{R_F C_F} = \sqrt{\frac{GB}{R_F C_D}} = 0,27 \text{ Mrad/s}, f_F \approx 43 \text{ kHz.} \quad \text{wróć (back)}$$

8. $k_{uf} = 1 + 2R_f/R, Z_{we} = \infty$ [wróć\(back\)](#)

9. $u_{WY} = \frac{1}{2}(1+1)u_{WE} = u_{WE}$ [wróć \(back\)](#)

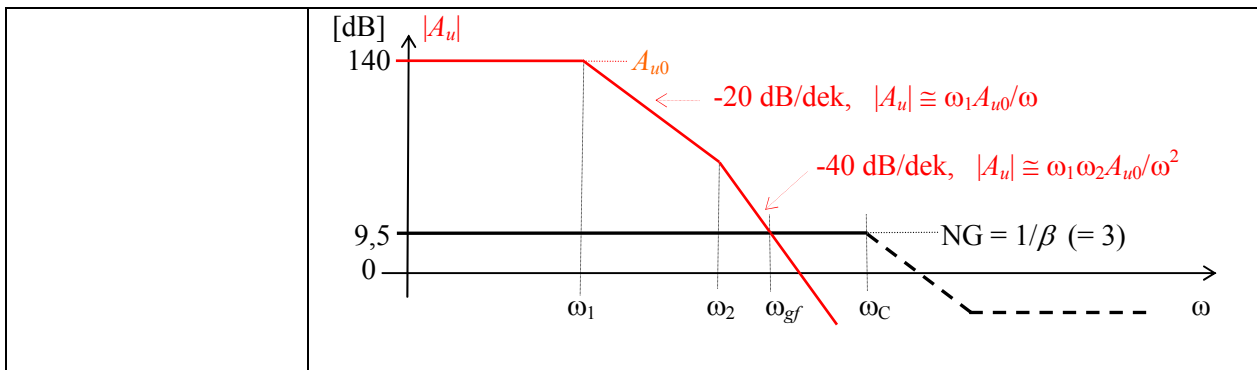
10. $u_{WY} = -u_{WE}, k_{uf} = -1$ [wróć \(back\)](#)

11.



(a) $\omega_{gf} = GB/NG = 30 \text{ Mrad/s}$

(b)



Z równania $|A_u| \cong \omega_1 \omega_2 A_{u0} / \omega^2 = NG$, jest $\omega_{gf} = \sqrt{A_{u0} \omega_1 \omega_2 / NG} = 100 \text{ Mrad/s}$. Charakterystyki $|A_u|$ i $|1/\beta|$ przecinają się z nachyleniem względem siebie = $-40 \text{ dB/dek} \Rightarrow$ wzmacniacz niestabilny. Pojemność kompensującą C należy dołączyć równoległe do rezystora R_2 . Wtedy wzmacnienie szumowe $NG = 1/\beta = 1 + \frac{R_2 \parallel (1/j\omega C)}{R_1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1 + j\omega CR_1 \parallel R_2}{1 + j\omega CR_2}$ ma biegun w punkcie $\omega_C = 1/(CR_2)$ (linia przerywana). Wzmacniacz będzie stabilny jeśli $\omega_C \leq \omega_{gf} \Rightarrow C \geq 1/(\omega_{gf} R_2) = 5 \text{ pF}$.

,

18. [wróć \(back\)](#)

19. Wzmacniacz logarytmujący $U_{WY} = -U_{BE} = -\eta U_T \ln \frac{U_{WE}}{R_2 I_0} = -0,026 \ln \frac{U_{WE}}{5 \cdot 10^{-13} \text{ V}}$, jeśli $U_{WE} > 0$,

$U_{WY} = +E$ (15V), jeśli $U_{WE} < 0$. $\Delta U_{WY} = -\eta U_T \ln 10 = -59,9 \text{ mV}$ [wróć \(back\)](#)

20. [wróć\(back\)](#)

21. $u_{WY} = -\sqrt{u_{WE}}$ [wróć \(back\)](#)

21.