

- 2 – różnicowy, zależność  $R_e$  i  $R_{we}$ , zad 104
- 4 – operacyjny, jednobiegunowa ch-ka, zad 26, wykres Bodego
- 6 – zad 124, bieguny, laplas ???
- 11 – zad 51, wzm różnicowy, napięcia różnicowe i sumacyjne
- 15 – zad 107, podobne do powyższego
- 19 – zad 91, wzm z 3 kondensatorami
- 22 – wzm różnicowy, różnicowe i sumacyjne
- 24 – zad 3, chyba wzm z 3 kondensatorami, albo zwykły po prostu
- 26 – zad 29, znowu laplas
- 29 – zad 10, rozpisane bc107, chyba zwykły wzm bip
- 30 – zad 31, laplas
- 33 – zad 52, różnicowy, różnicowe i sumacyjne
- 35 – zad 21, laplas
- 37 – zad 86, wzm bip, dobierz  $R_b$
- 38 – zad 109, różnicowy bjt, obszernie
- 43 – zad 122, operacyjny z jednobiegunową chką, laplas i układ o wzm =-1
- 46 – zad 123, operacyjny, laplas, biegun,  $R_{wy}$ , wzm=-1, stabilność
- 49 – zad 49, wzm różnicowy, zależność  $R_{wy}$  od  $R_{kolektora}$
- 51 – zad 12, wzm bip, zależność impedancji od bety, U częstotliwości dolnej od  $C_e$
- 54 – wzm bip, dobór pasma przenoszenia, impedancja wyjściowa od bety,

# Bober Kinga 104

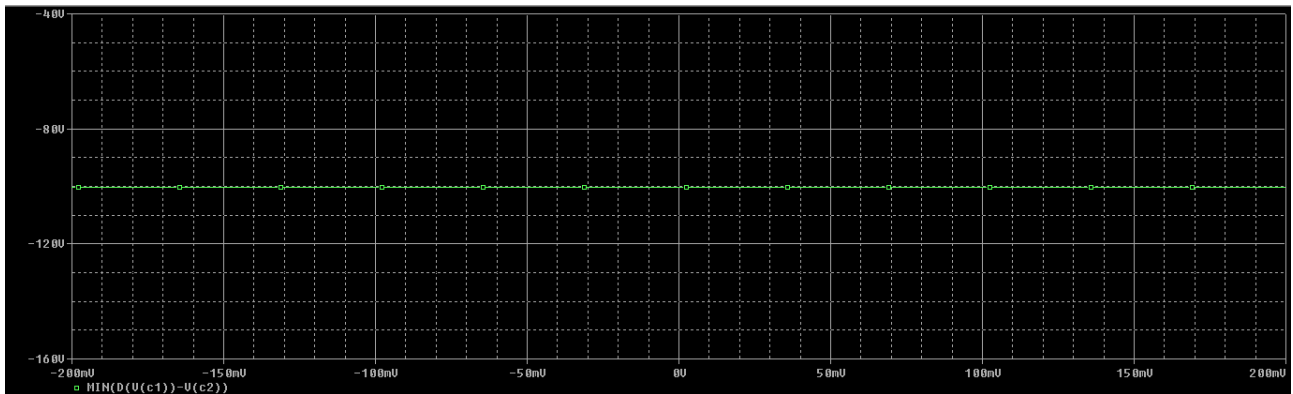
różnicowy

## 1. Netlista

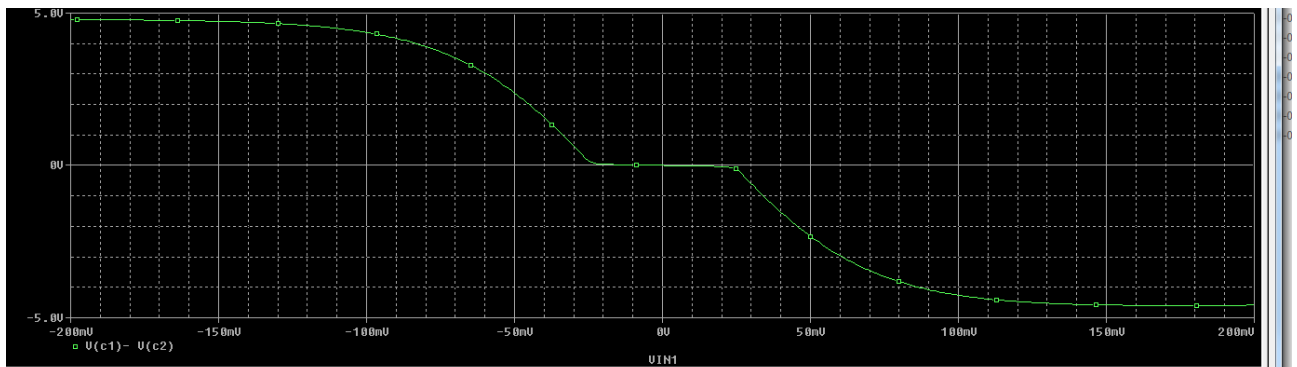
roznicowy

```
.model bc107 npn
q1 c1 b1 e bc107
q2 c2 0 e bc107
VIN1 b1 0 ac 1
VCC VCC 0 4
VEE VEE 0 -4
R1 VCC c1 3.8k
R2 VCC c2 3.8k
.param i=3.5m
IE e VEE {i}
*.step dec param i 3.5m 3.6m 10
.DC VIN1 -200m 200m 0.001
*.ac dec 100 20 1G
.probe
.end
```

$K_{ur} = -g_m R_c$



Wzmocnienie różnicowe wynosi 100.



## 2. Netlista

roznicowy

```
.model bc107 npn
```

```
q1 c1 b1 e bc107
```

```
q2 c2 0 e bc107
```

```
VIN1 b1 0 ac 1
```

```
VCC VCC 0 4
```

```
VEE VEE 0 -4
```

```
R1 VCC c1 3.8k
```

```
R2 VCC c2 3.8k
```

```
.param i=3.5m
```

```
RE VCC c2 5k
```

```
*.step dec param i 3.5m 3.6m 10
```

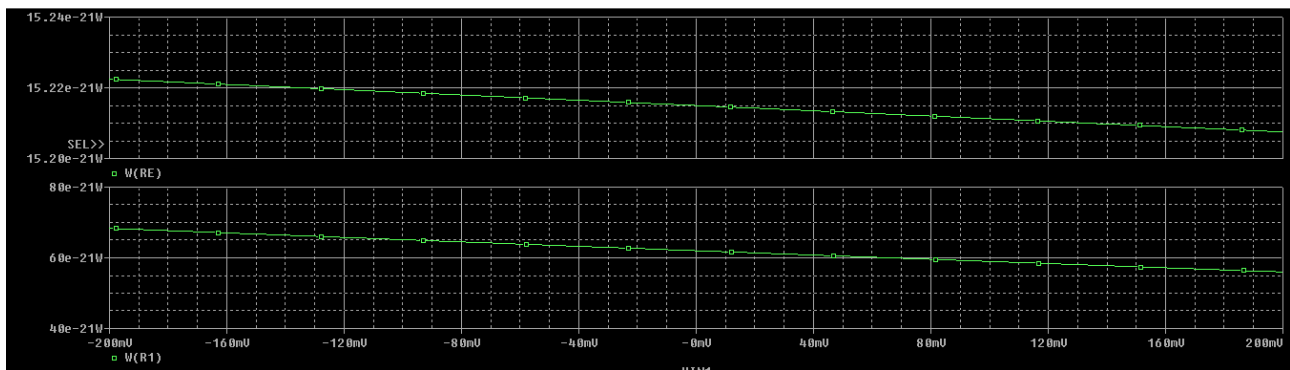
```
.DC VIN1 -200m 200m 0.001
```

```
*.ac dec 100 20 1G
```

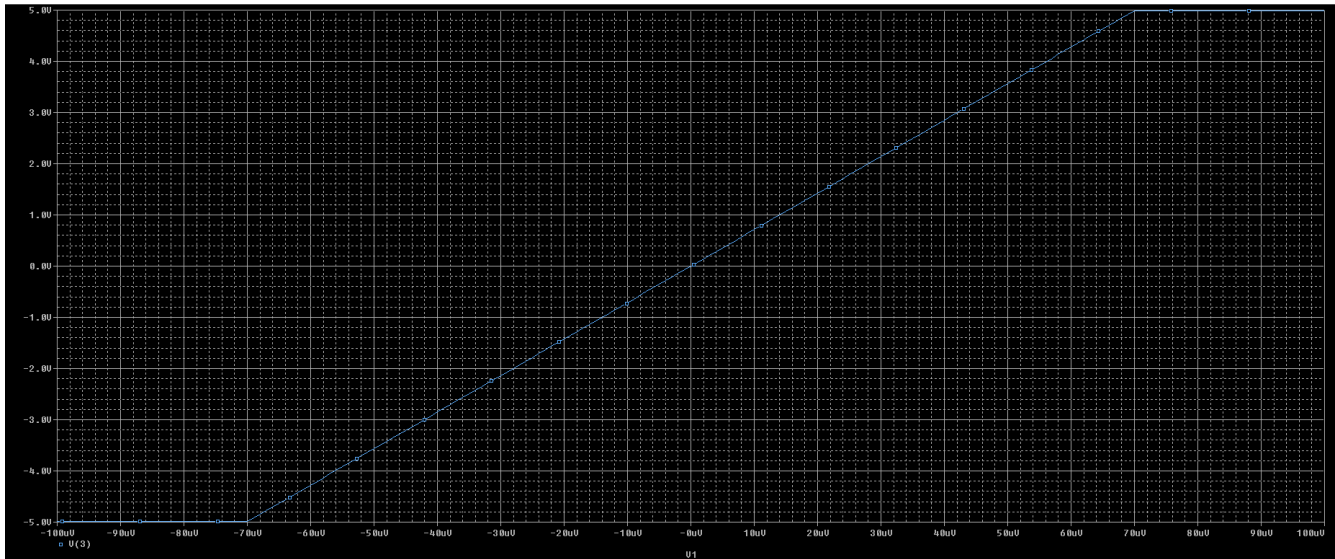
```
.probe
```

```
.end
```

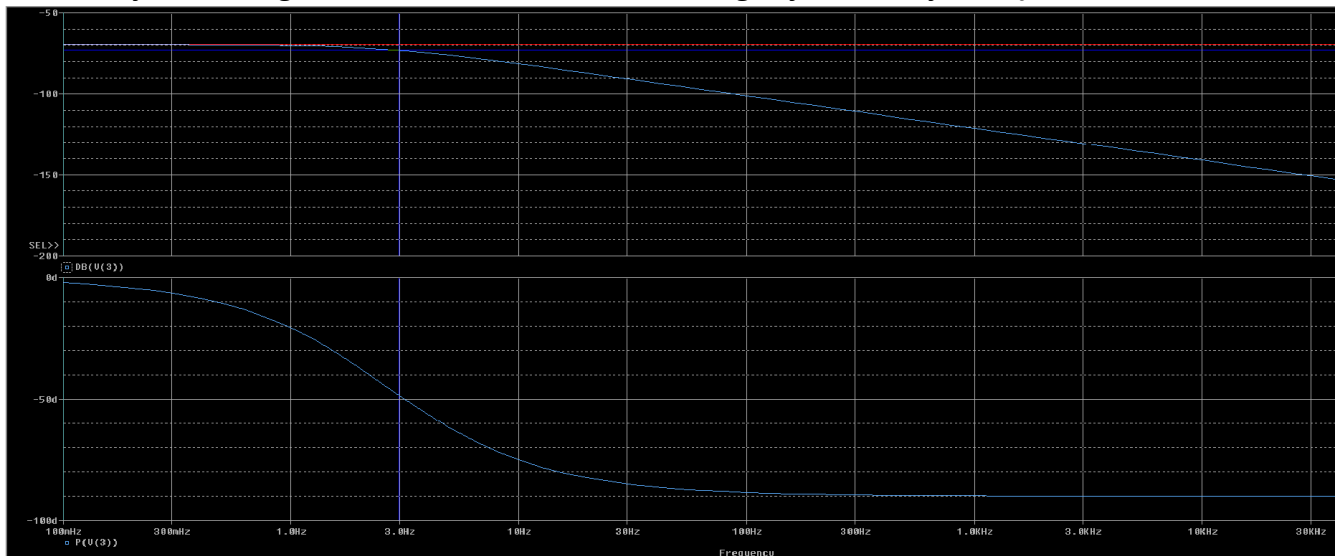
Wykresy zależności  $R_{we}$  i  $R_E$ .



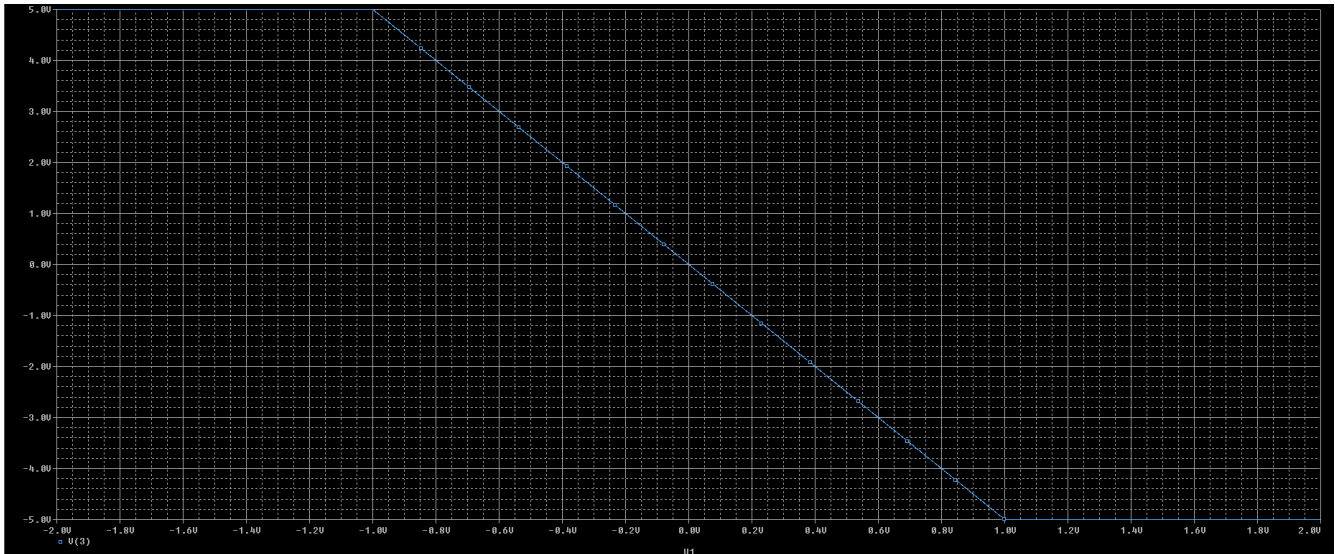
W zadaniu 26 dane było zaprojektować model wzmacniacza operacyjnego o wzmacnieniu 70000, mającego jednobiegunową charakterystykę, o biegunie dla 3 Hz. Wzmacniacz był zasilany napięciem +/- 5 V. Jego charakterystyka jest widoczna na załączonym wykresie.



Wykres Bodego dla wzmacniacza. Jak widać, biegun jest zawarty w częstotliwości 3 Hz.



Na jego podstawie wzmacniacza należało utworzyć układ o wzmacnieniu -5, którego charakterystykę widać na wykresie poniżej.



Netlista dla zadania trzeciego I drugiego

```

J0  Gawenda Jakub, 26
J1  .subckt wzm 1 2 3
J2  *E1 4 0 table {V(1,2)} (-71.429e-6 -5) (71.429e-6 5)
J3  *E1 4 0 laplace {V(1,2)} = {70000/(s/18 + 1)}
J4  E2 5 0 table {V(1,2)} (-70e-6 -5) (70e-6 5)
J5  Rwe 1 2 0.7e6
J6  Rwy 5 3 2
J7  Cwy 3 0 30m
J8  .ends
J9
J10 V1 1 0 ac 1 dc 1
J11 X1 0 2 3 wzm
J12 R1 1 2 1k
J13 R2 2 3 5k
J14
J15 .ac dec 10 .1 100k
J16 .dc lin V1 -2 2 1e-3
J17 .probe
J18 .end

```

## 1. Netlista:

biegun dla 1 zadania

.subckt wzmo 1 2 3

Rwe 1 2 5meg

E1 4 0 LAPLACE { V(1,2) }={ 240000/(1+s/125.5) }

E2 5 0 table {V(4,0)}=(-8, -8)(8,8)

Rwy 5 3 0.7

.ends

V1 5 0 dc 1 ac 0.01

X1 5 1 3 wzmo

R1 0 3 1meg

R2 1 3 1k

.ac dec 100 1 10meg

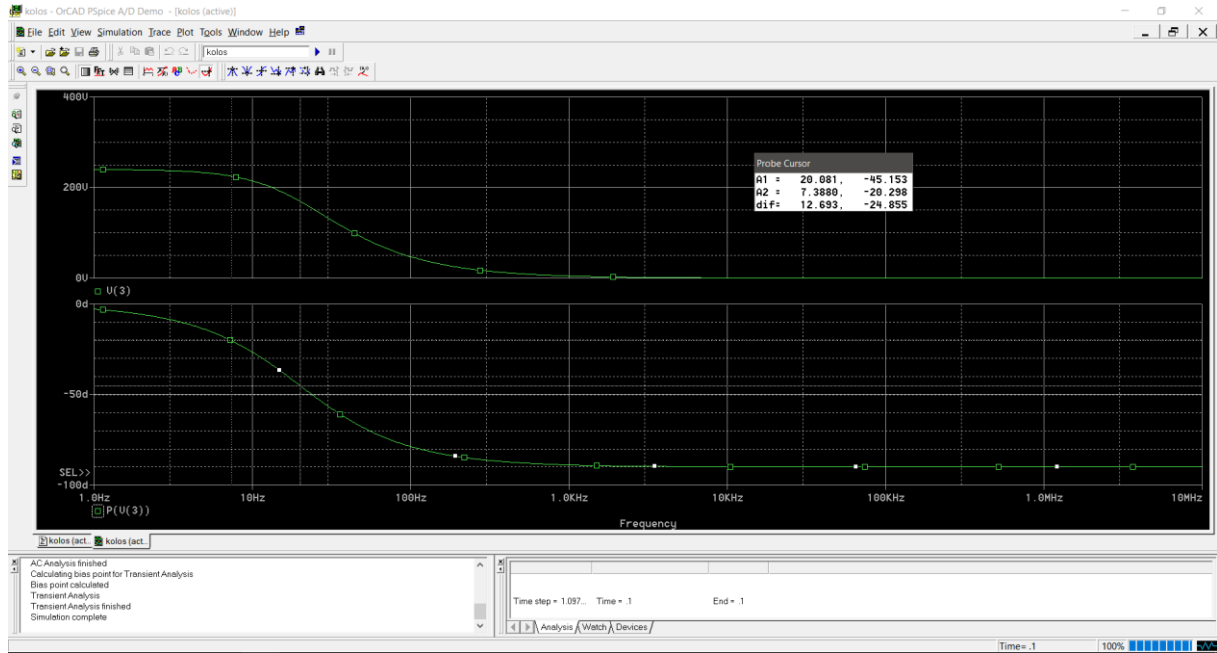
.dc V1 1m 2 0.01

.tran 10u 100m

.probe

.end

## Wykresy:

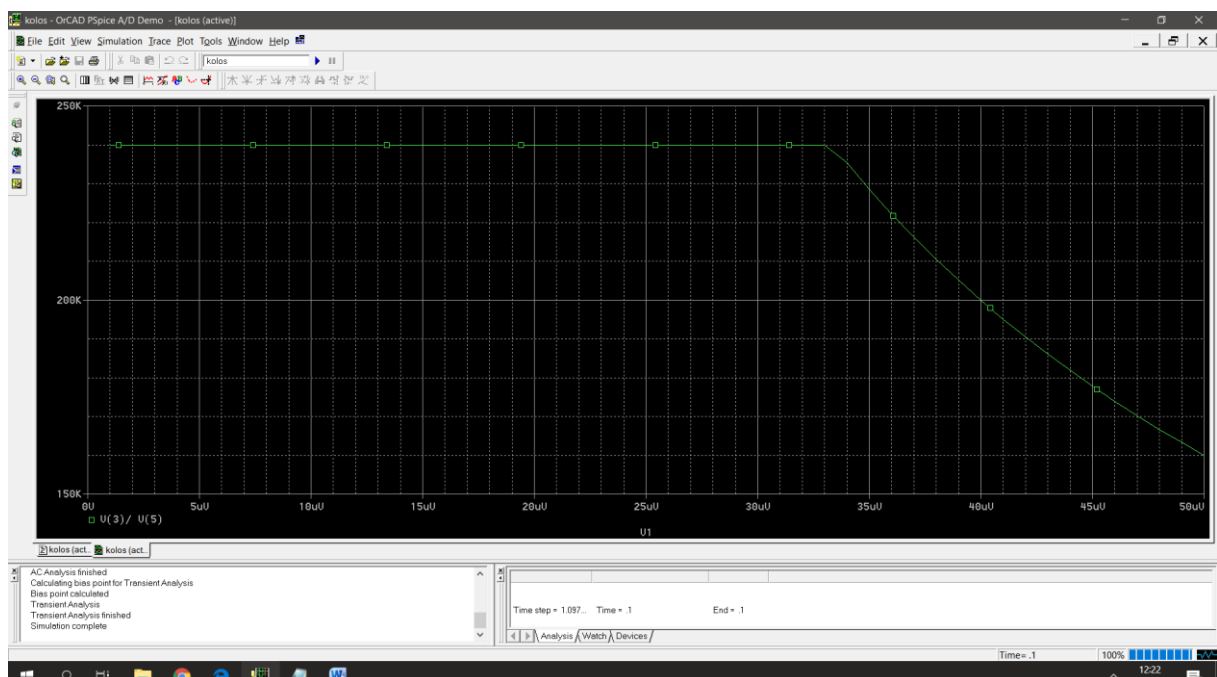


## Biegun:

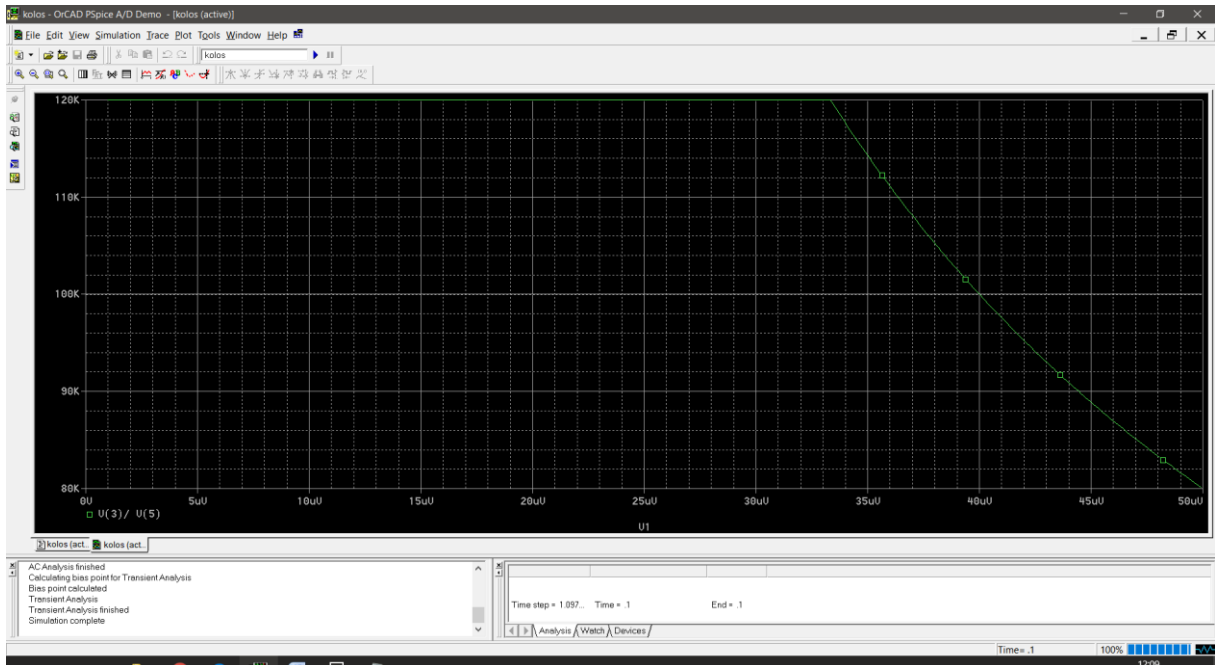
Biegun w  $-45.153$  stopniach dla częstotliwości 20.298 Hz.

## Wzmocnienie:

Wyniosło ono 240 000 (oscyluje wokół tej wartości). Minimalne odchylenia, wynika to z przybliżenia jakie wykonał program. Po rozciągnięciu osi jest to linia prosta na 240 000.



Po dołożeniu Rwy 0.7 Ohm wzmocnienie spadło o połowę bo jest to taka impedancja jaką ma wzmacniacz na swoim wyjściu i jest to opisane w .subckt



Netlista do powyższego:

dolozone robc

.subckt wzmo 1 2 3

Rwe 1 2 5meg

E1 4 0 LAPLACE { V(1,2) }={ 240000/(1+s/125) }

E2 5 0 table {V(4,0)}=(-8, -8)(8, 8)

Rwy 5 3 0.7

.ends

V1 5 0 ac 0.001

X1 5 1 3 wzmo

Robc 0 3 0.7

R2 1 0 1k

.ac dec 100 1 10meg

.dc V1 1u 0.05m 0.11u

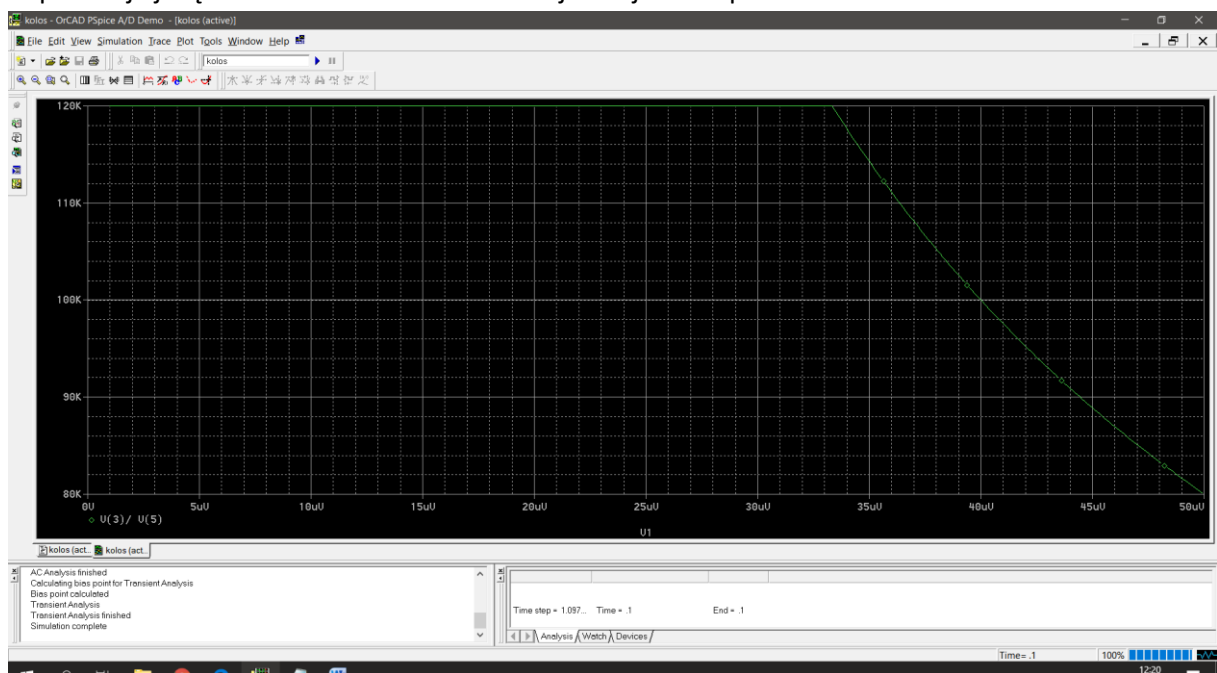


```
.tran 10u 100m
```

```
.probe
```

```
.end
```

Po dołożeniu rezystancji generatora 5mega Ohm wzmacnienie spadło o połowę bo jest to taka impedancja jaką ma wzmacniacz na swoim wejściu i jest to opisane w .subckt



Netlista do powyższego:

dolozone rwe

```
.subckt wzmo 1 2 3
```

```
Rwe 1 2 5meg
```

```
E1 4 0 LAPLACE { V(1,2) }={ 240000/(1+s/125) }
```

```
E2 5 0 table {V(4,0)}=(-8, -8)(8, 8)
```

```
Rwy 5 3 0.7
```

```
.ends
```

V1 7 0 ac 0.001

Rwe2 5 7 5meg

X1 5 1 3 wzmo

R1 0 3 1meg

R2 1 0 1k

.ac dec 100 1 10meg

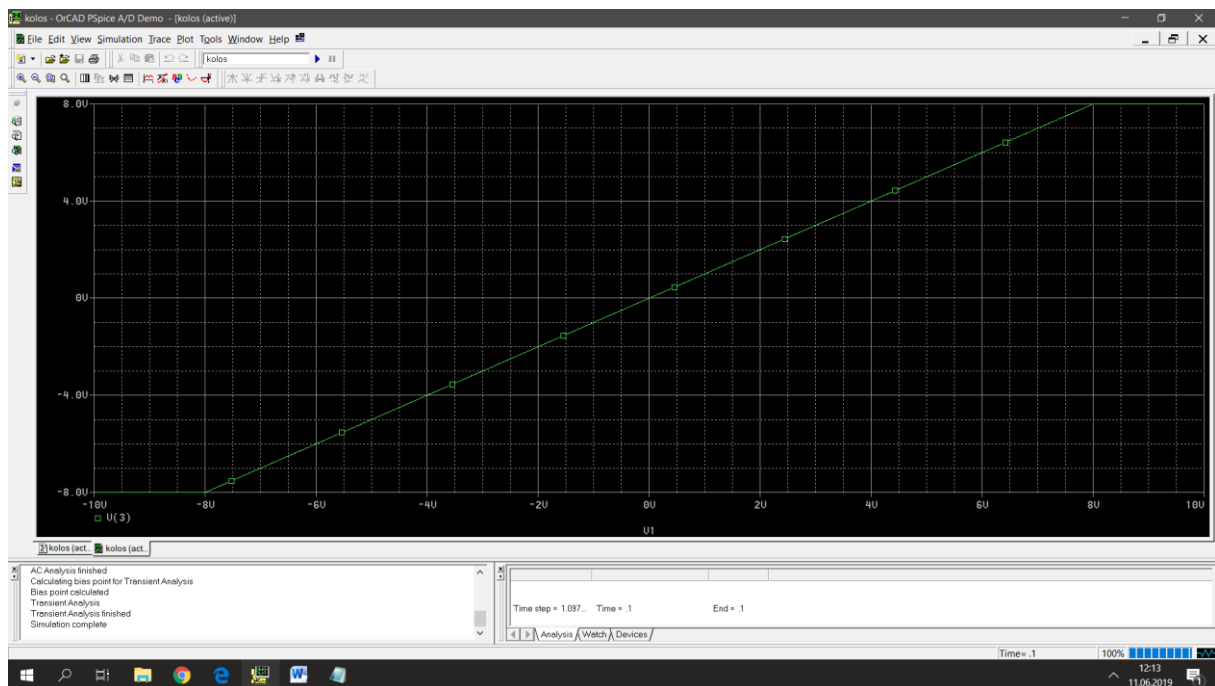
.dc V1 1u 0.05m 0.11u

.tran 10u 100m

.probe

.end

## 2 zadanie:

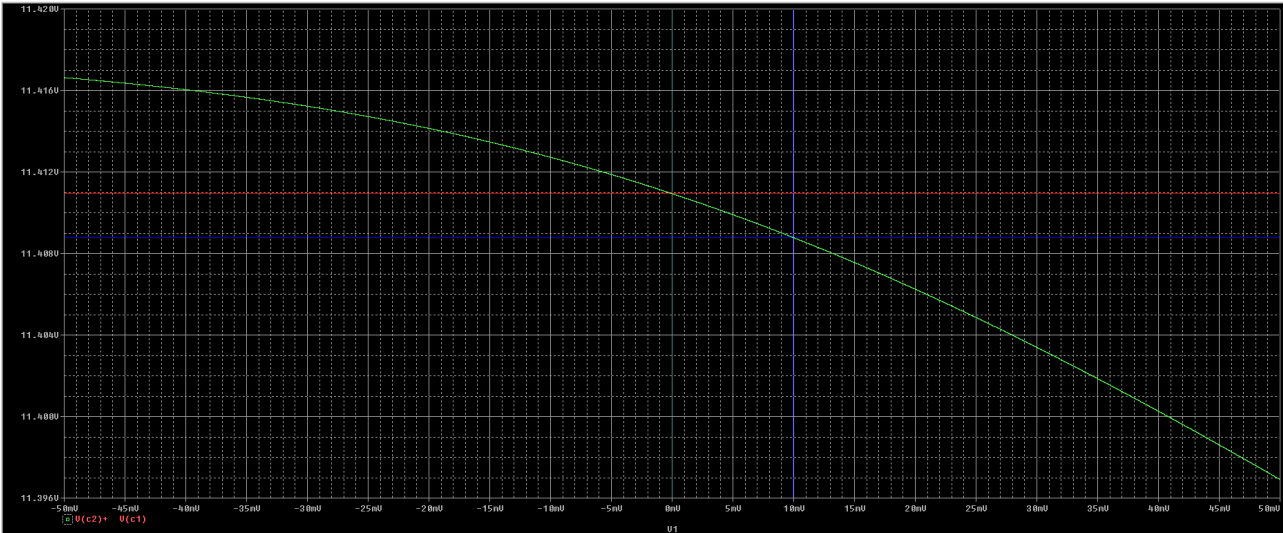


Ograniczenie napięcia wyjściowego do poziomów -8V i 8 V i jednocześnie pokazuje wzmocnienie równe 1 V/V.

Jednocześnie pokazuje to napięcie zasilania dla 1 zadania.



## Wzmocnienie Sumacyjne



Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)		2.0000m			
	X Values	100.000n	9.943m	-9.943m	Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y	
CURSOR 1,2	V(c2)+ V(c1)	11.411	11.409	2.0000m	0.000	0.000	11.411	11.409	11.410	

jak widac dla roznicy napiecia wejscowego 10mV napiecie wyjsciowe zmienia się o 2 mV

zad2.

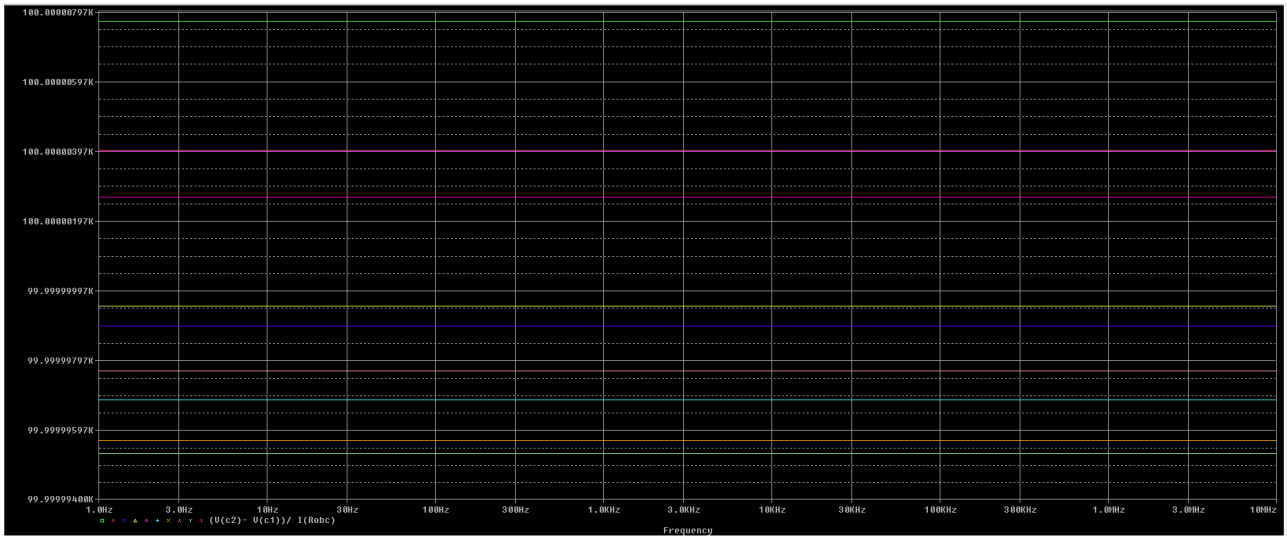
```

.model bc107 npn bf=100
Q1 c1 b1 e bc107
Q2 c2 0 e bc107
vzp p 0 7
vzn n 0 -7
V1 b1 0 dc 1 ac 1
.param opor=1.25k
.param opor2=100k
rc1 c1 p {opor}
rc2 c2 p 1.25k
I1 e n 0.1m
RE e n 3.125k
Robc c1 c2 100k
.op
.step lin param opor 100 5k 500
    
```

```

*.dc lin v1 -50m 50m .0003m
.ac dec 100 1 10meg
.probe
.end

```



Zad 3.

Na wzmacnienie sumacyjne wzmacniacza różnicowego największy wpływ ma stosunek wartości  $R_c/R_e$ .

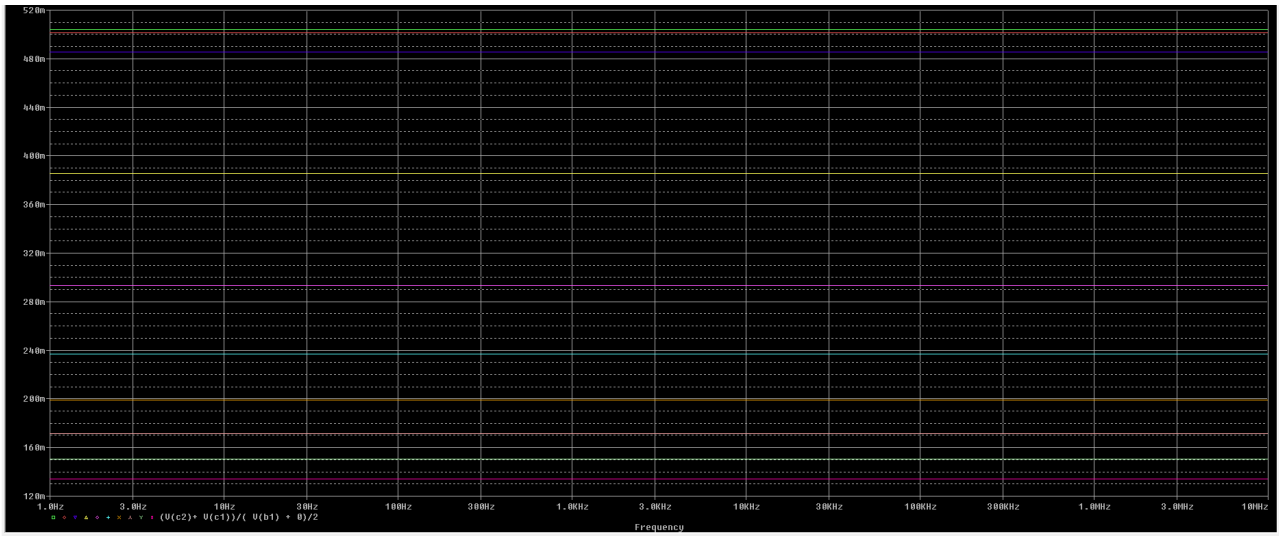
Poniższy wykres pokazuje zależność wzmacnienia sumacyjnego w zależności od wartości rezystancji w emiterach tranzystorów. Jak widać, im mniejsza wartość  $R_e$  tym większe wzmacnienie sumacyjne.

```

.model bc107 npn bf=100
Q1 c1 b1 e bc107
Q2 c2 0 e bc107
vzp p 0 7
vzn n 0 -7
V1 b1 0 dc 1 ac 1
.param opor=100
rc1 c1 p 1.25k

```

```
rc2 c2 p 1.25k
I1 e n 0.1m
RE e n {opor}
.op
.step lin param opor 100 5k 500
.dc lin v1 -50m 50m .0003m
.ac dec 100 1 10meg
.probe
.end
.end
```



## Łukasz Hajec – temat 107.

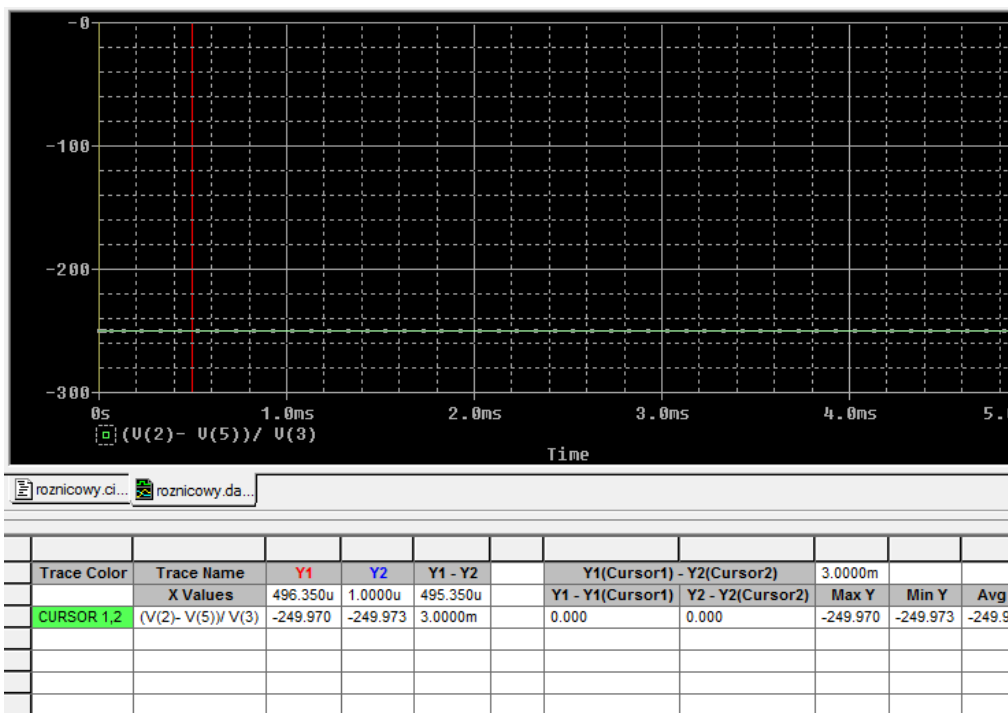
1. Zadaniem było wykonanie wzmacniacza różnicowego na tranzystorach bipolarnych o wzmacnieniu różnicowym = 250 , sumacyjnym = 0,3 i zasilanym +-8V.

Kod symulacji:

```

roznicowy
.MODEL TRANZYSTOR NPN BF=100
VCC 1 0 8V
VEE 0 6 8V
VIN 3 0 dc 0 ac 1 sin 0 1m 1k
*RE 4 6 8.33k
I1 4 6 2m
R1 1 2 {opor}
R2 1 5 {opor}
Q1 2 3 4 TRANZYSTOR
Q2 5 0 4 TRANZYSTOR
*.ac dec 1 10 10meg
.tran 0 5m 1u
.dc vin -4 4 1m
.param opor = 6.53k
*.step param opor list 1k 2k 3k 4k 5k 5.5k 6k 6.3k 7k
*.TF V(5,2) VIN ;oblicz transmitancje ?
.probe
.END
    
```

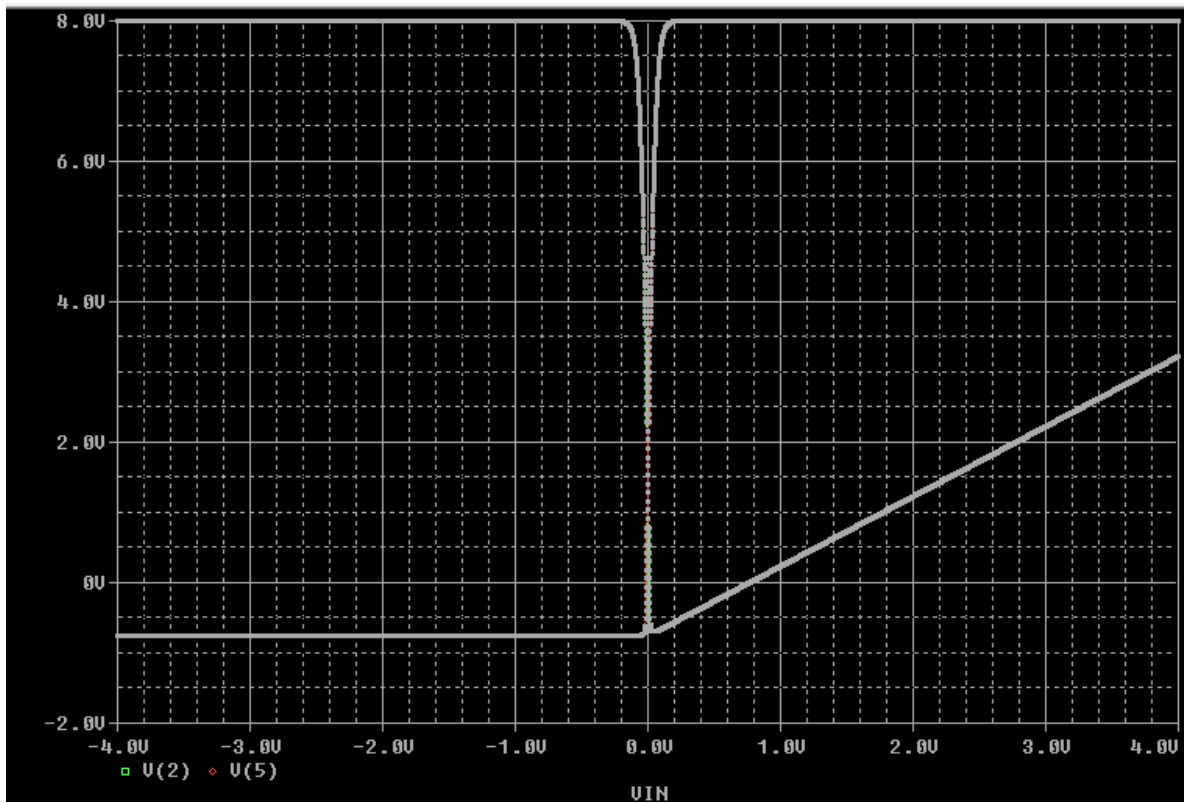
Na pierwszej charakterystyce możemy dzięki analizie .TRAN obserwować wzmacnienie różnicowe, tj.  $k_{ur} = U_{or} / U_{ir} = (V(2) - V(5)) / V(3)$ :



Jak widać na pomiarze kursora, wzmacnienie wynosi – 250.

Nie udało mi się zaobserwować dokładnego wzmacnienia sumacyjnego.

Na kolejnym zdjęciu obserwujemy charakterystykę przejściową  $V(3)(V_{in})$

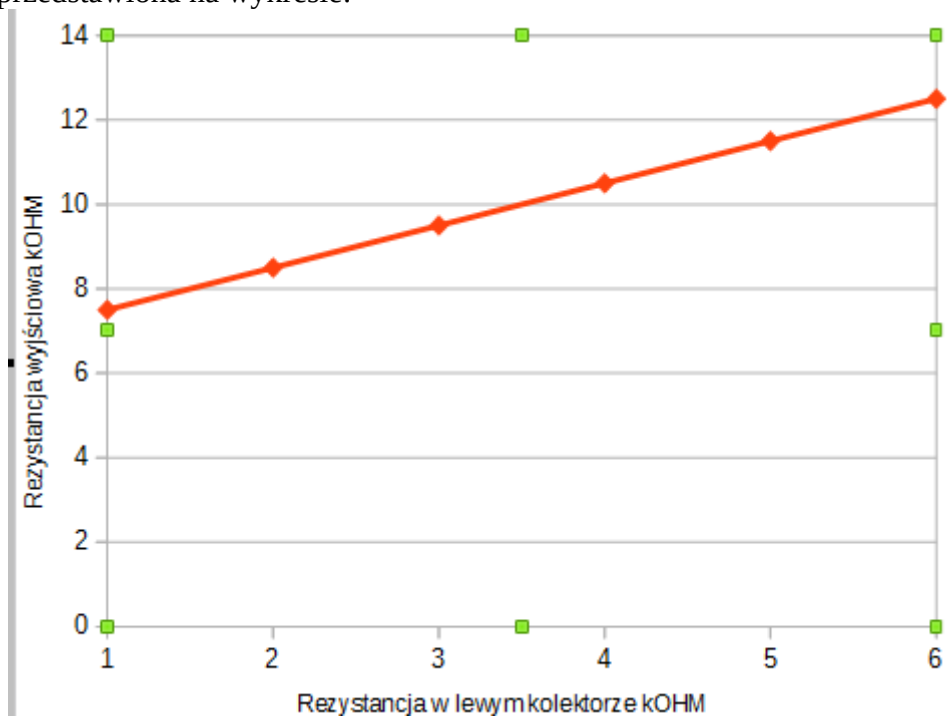


Widać tutaj osiągnięcie zakładanego napięcia zasilania – 8V.





Zależność przedstawiona na wykresie:



Jakiela Albert nr 91

netlista:

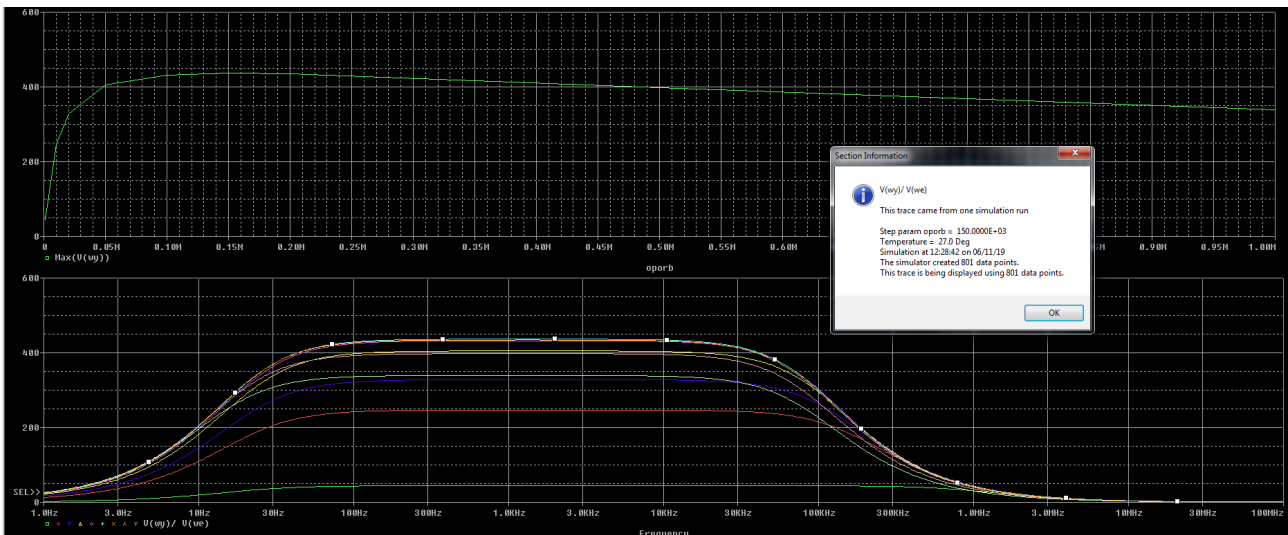
wzm oe

```
.model MOD1 npn BF=200
.param poje=1m
.param oporb=1k
.param pojb=1p
```

```
Vcc 1 0 dc 15
Q1 c b e MOD1
Rc 1 c 10k
Re e 0 1k
Rb c b {oporb}
Cwe we b 100m
Cwy c wy 100m
Ce e 0 400u
Vwe We 0 ac 1
Rwy wy 0 10G
Cb c b 180p
```

```
*.Temp 0 26 50 70 100
*.step param pojb list 170p 180p 200p
*.step param oporb list 1k 10k 20k 50k 100k 150k 200k 500k 1Meg
*.step param poje list 1u 10u 100u 200u 300u 400u 500u 600u 700u 1m
.ac dec 100 1 100Meg
.probe
.end
```

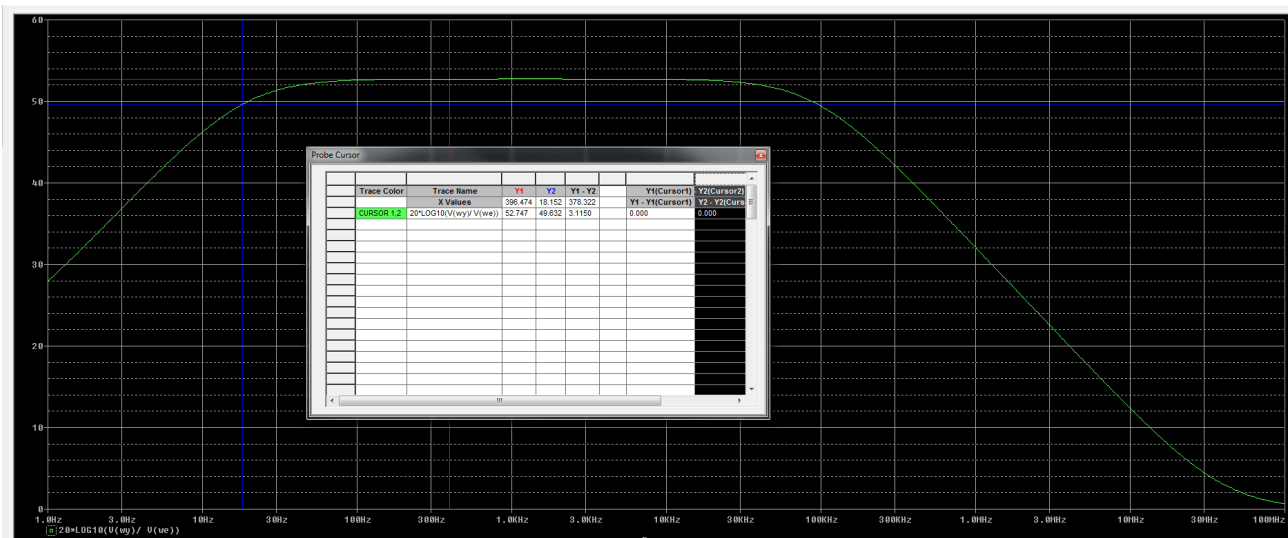
## 1. Dobieranie Rb

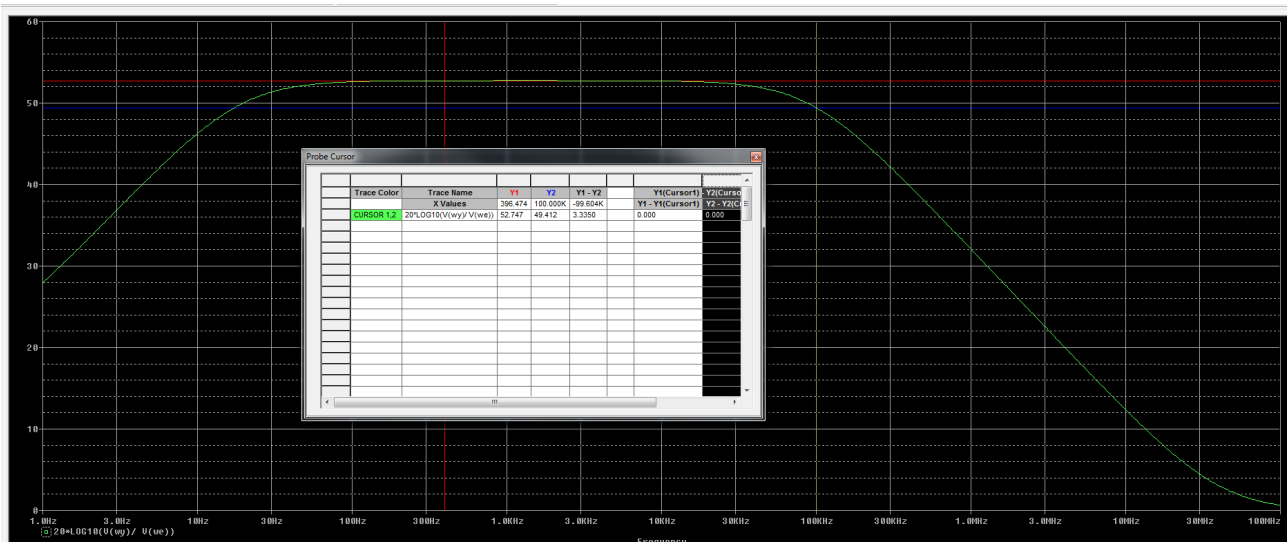


Symulacja została przeprowadzona z wykorzystaniem dyrektywy `.step param oporb list 1k 10k 20k 50k 100k 150k 200k 500k 1Meg` oraz opcji Performance Analysis w menu Trace. Największą amplitudę otrzymujemy dla  $R_b = 150k$ .

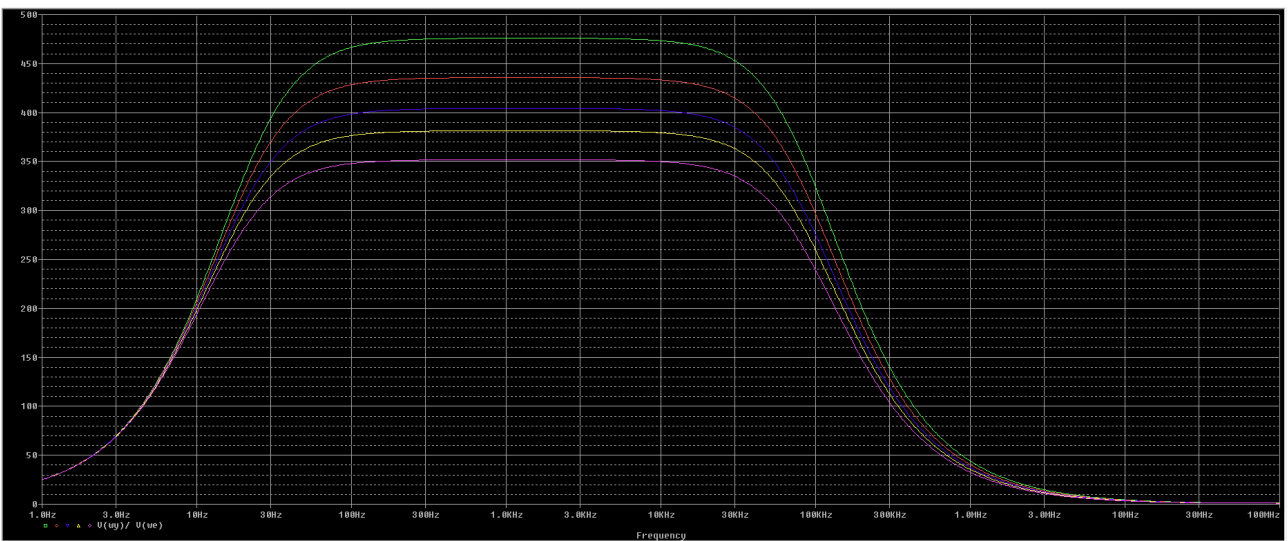
## Pasma 20Hz-100kHz

Górną częstotliwość osiągnięto dodając pojemność równoległą do  $R_b$ . Do sprawdzenia różnych wartości wykorzystano dyrektywę `.param` oraz `.step` sprawdzając dla jakich wartości pojemności  $C_b$  górna częstotliwość będzie miała wartość 100kHz  $C_b = 180pF$ . Dolna częstotliwość została wyznaczona w podobny sposób tylko była zmieniana wartość  $C_e$  dla ustalonych wcześniej wartości  $C_{we}$  i  $C_{wy}$  równych 100mF. Dla takich warunków  $C_e = 400\mu F$ .





## 2, Wpływ temperatury na wzmacnienie



Wpływ temperatury na wzmacnienie można zbadać używając dyrektywy `.temp`. Obwód został zbadany przy temperaturze równej 0, 26, 50, 70, 100 stopni Celjusza (i w takiej kolejności są od góry). Najlepsze wzmacnienie ma układ pracujący przy temperaturze 0 (zielony) a najgorsze dla 100 (różowy).

Jakub Maniak SUE, wtorek 9:35 11.06.2019

W celu zbudowania wzmacniacza różnicowego zasilanego napięciem  $+5V$ , o  $k_{ur}=150$  i  $k_{us}=0.3$ , najpierw szukam dla jakiego prądu  $I_e$  otrzymam wzmocnienie różnicowe 150.

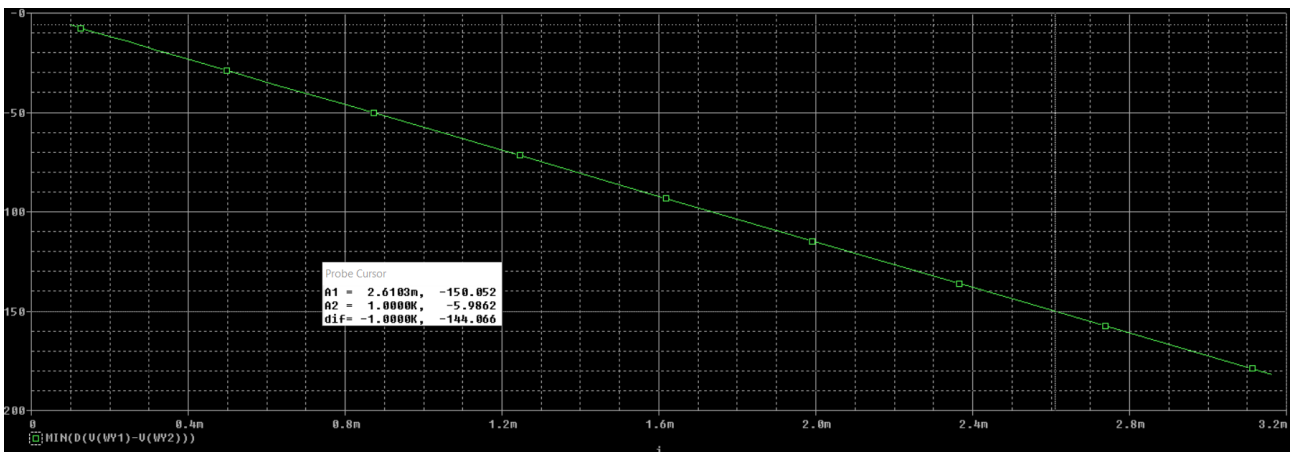
Zakładam wstępnie

$R_{c1}=R_{c2}=1,5K$

$R_e=1meg$  (sterujemy bezpośrednio  $I_e$  ze źródła)

netlista kur:

```
.MODEL TRANZYSTOR PNP
VCC 1 0 -5V
VEE 6 0 5V
VIN WE1 0 dc 1
EIN2 WE2 0 WE1 0 -1
.PARAM i = 1m
IE 6 4 {i}
RE 4 6 1meg
R1 1 WY1 1.5k
R2 1 WY2 1.5K
Q1 WY1 WE1 4 TRANZYSTOR
Q2 WY2 WE2 4 TRANZYSTOR
.STEP dec PARAM i 0.1m 3m 10
.dc VIN -1 1 0.001
.probe
.end
```



Następnie dla wyznaczonego prądu (2,61mA) dobieram rezystor  $R_e$ , tak aby wzmocnienie sumacyjne wynosiło 0,3.

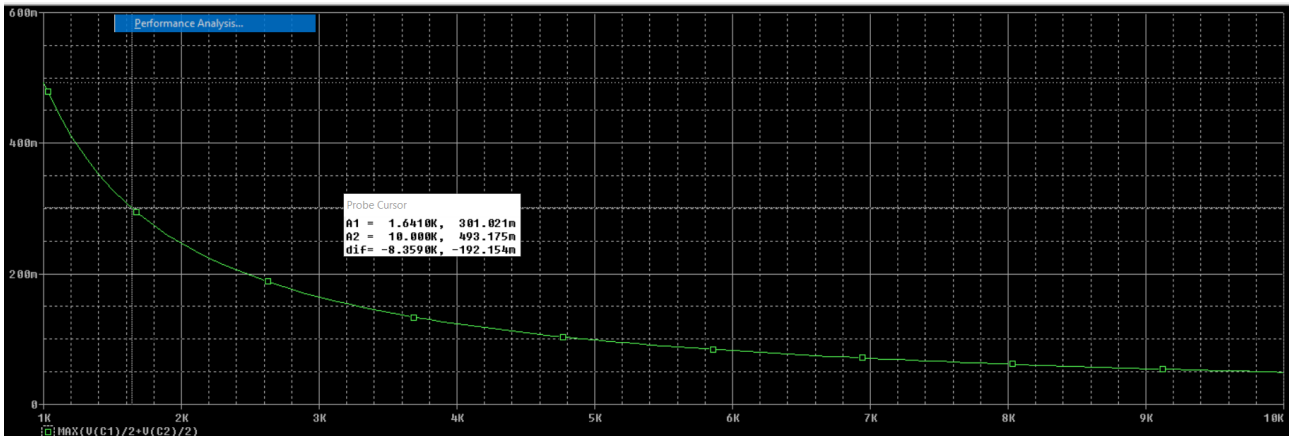
netlista kus

```
.model TRANZYSTOR PNP
Vcc Vcc 0 DC -5V
Vee Vee 0 DC 5V
Q1 C1 B1 E TRANZYSTOR
Q2 C2 B2 E TRANZYSTOR
Rc1 Vcc C1 1k5
Rc2 Vcc C2 1k5
```

```

RE E Vee {RI}
.param RI = 1MEG
IE E Vee -2.61mA
V1 B1 0 DC 0 AC 1V
V2 B2 0 DC 0 AC 1V
.AC DEC 20 1hz 1khz
.step param RI 1k 10k 100
.op
.probe
.end

```



W ten sposób wyznaczyliśmy wartość rezystancji  $R_e = 1,64k$

### Rafał Król zadanie 3

#### podpunkt 1

netlista:

Cwe we 1 1

Rb 1 2 10

Rc 2 3 10

Re 4 0 200

Ce 4 0 1

Cwy 3 wy 1

Robc wy 0 1k

Vc 2 0 dc 15

.model BC107 npn BF={beta}

.param beta=100

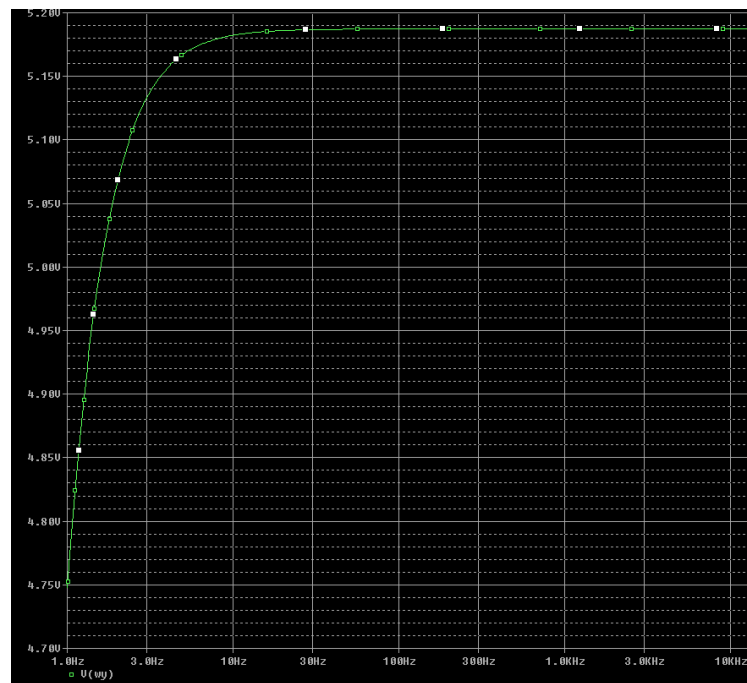
Q1 3 1 4 BC107

Vwe we 0 ac 0.2

.ac dec 10 0.1 10meg

.probe

.end



#### Podpunkt 2

netlista

kolokwium

Cwe we 1 1

Rb 1 2 10

Rc 2 3 10

Re 4 0 200

Ce 4 0 1

Cwy 3 wy 1

Robc wy 0 1k

Vc 2 0 dc 15

.model BC107 npn BF={beta}

.param beta=100

Q1 3 1 4 BC107

Vwe we 0 ac 1

.ac dec 10 0.1 10meg

.step param beta 1 200 1

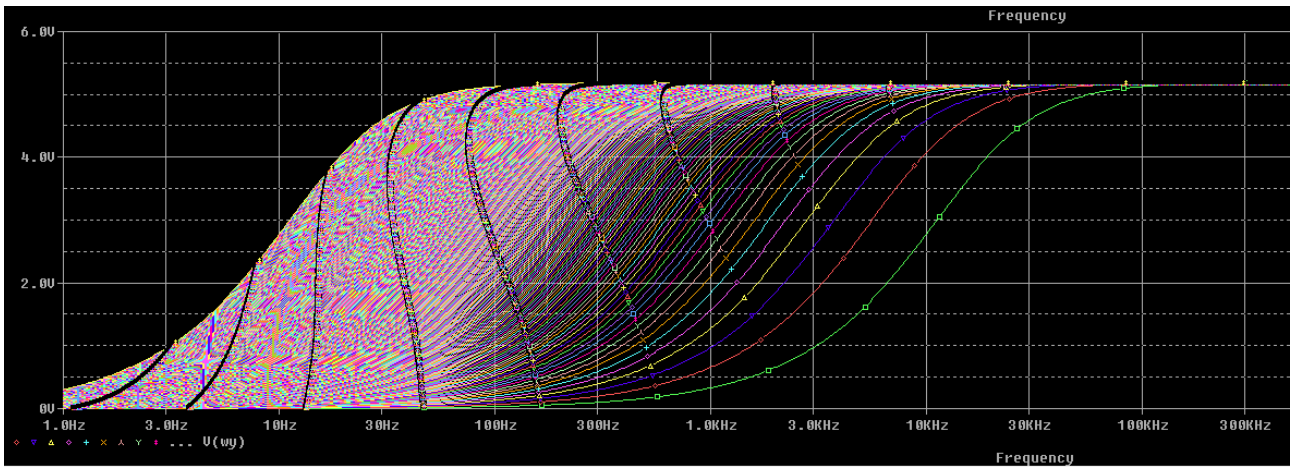
.probe

.end

#### podpunkt 3

wynik symulacji dla wartości C od 10 n do 10 u co 10 n





wynik symulacji

netlista kolokwium

Cwe we 1 1

Rb 1 2 10

Rc 2 3 10

Re 4 0 200

Ce 4 0 1

.param C=1

Cwy 3 wy {C}

Robc wy 0 1k

Vc 2 0 dc 15

.model BC107 npn BF={beta}

.param beta=100

Q1 3 1 4 BC107

Vve we 0 ac 0.2

.ac dec 100 1 1g

.step param C 10n 10u 10n

.probe

.end

Mateusz Jaskot EiT gr III wtorek 11:15 numer indeksu 296771

zestaw 29

zadanie 1

test1

```
.subckt opamp 1 2 3
```

```
Rwe 1 2 1meg
```

```
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {40000/(1+s/1884)}
```

```
Rwy 4 3 100
```

```
.ends opamp
```

```
V1 1 0 ac 1 sin 0 100 1k
```

```
.param opor = 10k
```

```
.param wzm = 1meg
```

```
R1 0 2 1k
```

```
R2 2 3 {opor}
```

```
X1 1 2 3 opamp
```

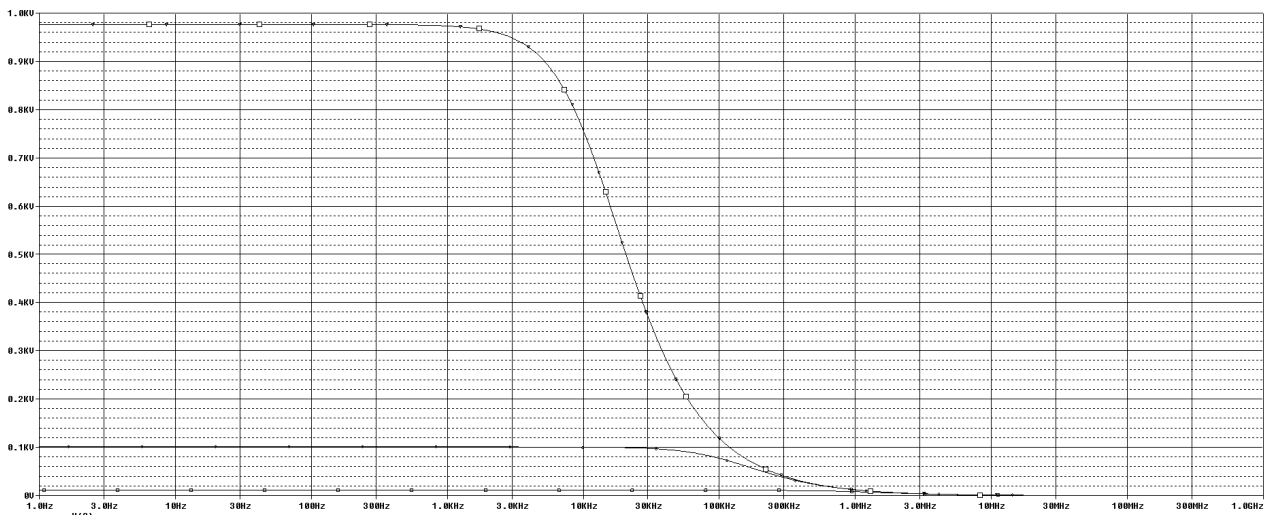
```
.ac dec 100 1 1g
```

```
.step param opor LIST 10k 100k 1meg
```

```
.tran 1u 10m
```

```
.probe
```

```
.end
```



Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)	0.000			
	X Values	1.8197K	1.0000	1.8187K	Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
CURSOR 1,2	V(3)	10.997	10.997	0.000	0.000	0.000	10.997	10.997	10.997
	V(3)	100.744	100.745	-1.0000m	89.747	89.748	100.745	100.744	100.745
	V(3)	975.216	976.535	-1.3190	964.219	965.538	976.535	975.216	975.876

W zadaniu zrobione wzmacniacz operacyjny o wzmacnieniu 40000 który posiada jeden biegun dla 300Hz czyli dla czestosci okolo  $300 \cdot 2 \cdot \pi$ . Dla 3 roznych opornikow (10k 100k 1meg) zmierzono charakterystyke amplitudowa na wyjsciu.

## Zadanie 2

```
test1
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 1.7meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {40000/(1+s/1884)}
Rwy 4 3 1.3
.ends opamp
```

```
V1 1 0 ac 1 sin 0 100 1k
.param opor = 10k
.param wzm = 1meg
R1 0 2 1k
R2 2 3 {opor}
X1 1 2 3 opamp
```

```
.ac dec 100 1 1g
.step param opor LIST 10k 100k 1meg
.tran 1u 10m
.probe
.end
```

Układ zmodyfikowałem tak aby uzyskać impedancję wejściową na poziomie 1.7MΩ a impedancję wyjściową na poziomie 1,3Ω.

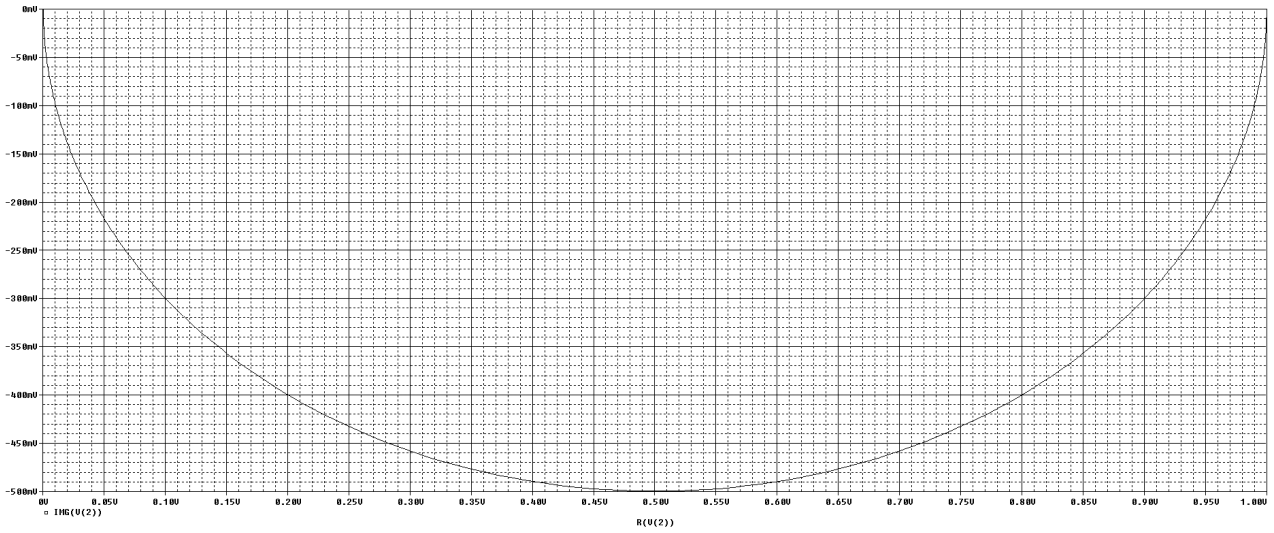
## Zadaniu 3

```
test1
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 1.7meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {40000/(1+s/1884)}
Rwy 4 3 1.3
.ends opamp
```

```
V1 1 0 ac 1
.param opor = 7k
.param wzm = 1meg
R1 0 2 1k
R2 2 3 {opor}
X1 1 2 3 opamp
```

```
.ac dec 100 1 100g
.step param opor LIST 7k
.tran 1u 10m
.probe
.end
```

uzywamy wzmacniacz nieodwracajacego którego wzmacnienie wynosi +8. Nastepnie sprawdzamy kryterium stabilnosci ukladu za pomoca kryterium nyquista. Układ jest stabilny wynika to z kryterium nyquitsa i charakterystyki amplitudowo-fazowej.



Krajewski Sebastian 296790 zestaw 10

Zad 1.

Opis układu:

```
.model BC107 NPN(Is=40.72f Bf=200 Vaf=21.03 Ikf=1 Ise=40.72f Ne=1.305 Ikr=3.726  
+ Isc=594.8p Nc=2.033 Rc=1.393 Cje=12.5p Vje=.5391 Mje=.4869 Tf=441.1p Cjc=6p  
+ Mjc=.3821 Tr=114n Xtb=1.5 )
```

```
.param poj 5000u
```

```
Vcc up 0 dc 20
```

```
Vwe we 0 ac 1
```

```
RB up b 100k
```

```
CWE we b 820u
```

```
RC up c 10k
```

```
CWY c wy 220u
```

```
RWY wy 0 100G
```

```
Q1 c b e BC107
```

```
RE e 0 1k
```

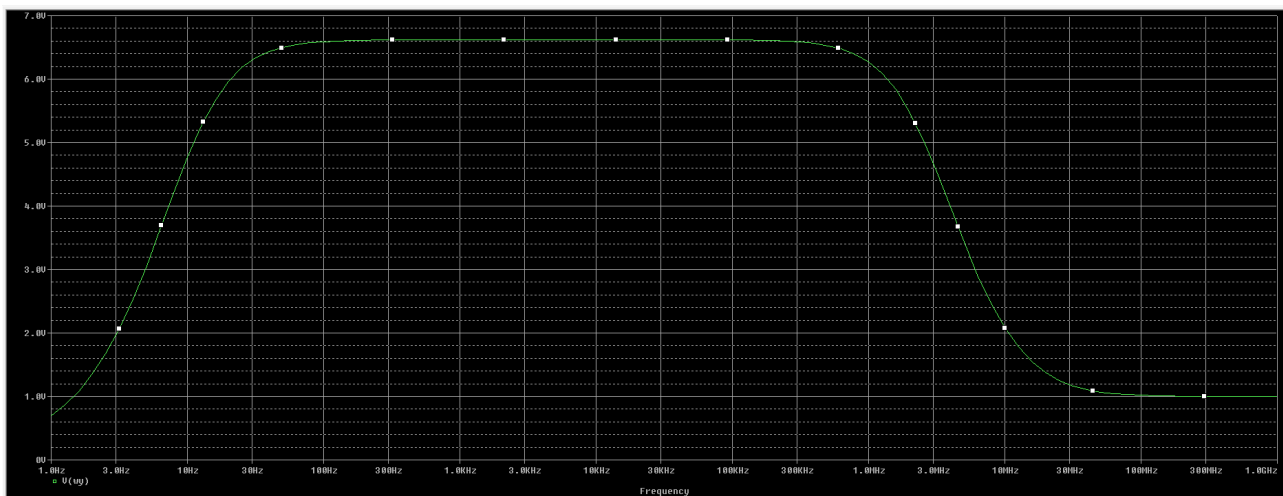
```
CE e 0 {poj}
```

```
.step dec param poj 1u 10000u 5
```

```
.ac dec 10 1 1G
```

```
.probe
```

```
.end
```



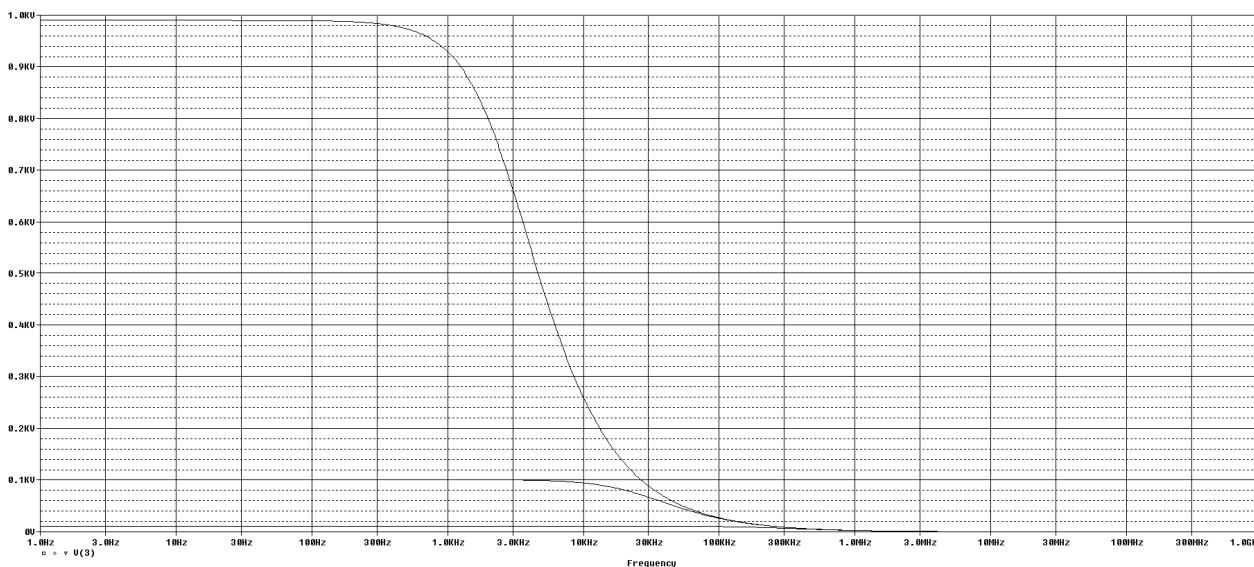
**Zadanie 1.**

Kolokwium

```
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 1meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {90000/(1+s/188.4)}
Rwy 4 3 100
.ends opamp
V1 1 0 ac 1 sin 0 100 1k
.param opor=10k
```

```
R1 0 2 1k
R2 2 3 {opor}
X1 1 2 3 opamp
```

```
.ac dec 100 1 1g
.step param opor LIST 10k 100k 1meg
.tran 1u 10m
.probe
.end
```



Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)	0.000			
	X Values	188.586	1.0000	187.586	Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
CURSOR 1,2	V(X1.4)	11.099	11.099	0.000	0.000	0.000	11.099	11.099	11.099
	V(X1.4)	100.984	100.986	-2.0000m	89.885	89.887	100.986	100.984	100.985
	V(X1.4)	987.709	990.076	-2.3670	976.610	978.977	990.076	987.709	988.893

Biegun w 30 Hz czyli czestotliwosc okolo  $188.4 = 30 \cdot 2 \cdot \pi$

## Zadanie 2.

Kolokwium

```
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 0.8meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {90000/(1+s/188.4)}
Rwy 4 3 3
.ends opamp
V1 1 0 ac 1 sin 0 100 1k
.param opor=10k

R1 0 2 1k
R2 2 3 {opor}
X1 1 2 3 opamp

.ac dec 100 1 1g
.step param opor LIST 10k 100k 1meg
.tran 1u 10m
.probe
.end
Rezystancja wejsciowa(Rwe) 0.8 MΩ a wyjsciowa(Rwy) 3 Ω
```

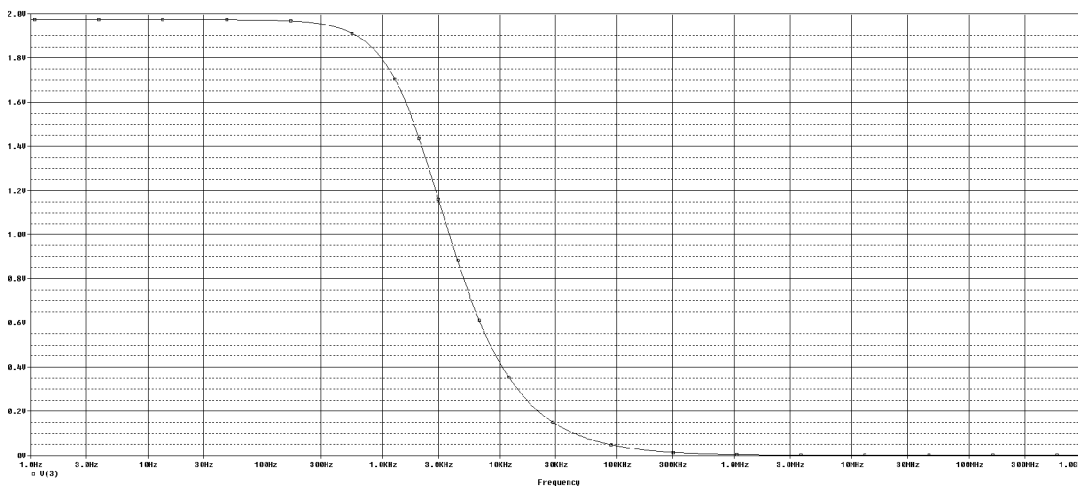
## Zadanie 3.

Kolokwium

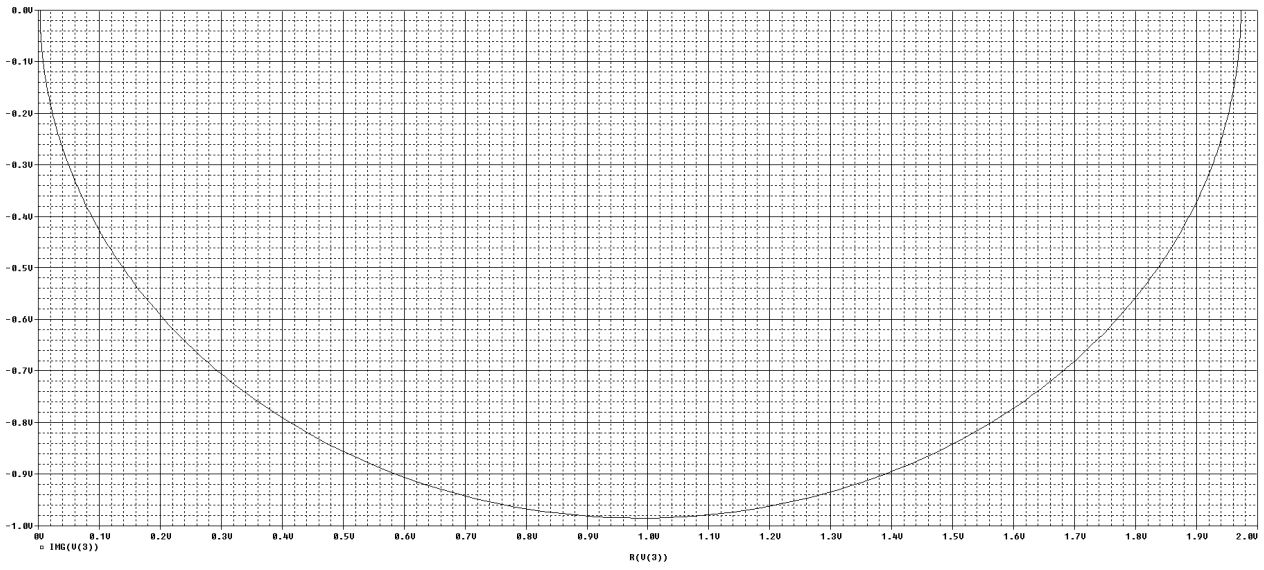
```
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 0.8
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = {90000/(1+s/188.4)}
Rwy 4 3 3
.ends opamp
V1 1 0 ac 1 sin 0 100 1k
.param opor=1k

R1 0 2 1k
R2 2 3 {opor}
X1 1 2 3 opamp

.ac dec 100 1 1g
.step param opor LIST 1k
.tran 1u 10m
.probe
.end
```



Wzmacniacz o  
wzmocnieniu  
+2



Stabilność układu: Układ Stabilny



Mateusz Bąk 52

kur

```
.MODEL TRANZYSTOR PNP
```

```
VCC 1 0 -9V
```

```
VEE 6 0 9V
```

```
VIN WE1 0 dc 1
```

```
EIN2 WE2 0 WE1 0 -1
```

```
.PARAM i = 0.9m
```

```
IE 6 4 {i}
```

```
RE 4 6 1meg
```

```
R1 1 WY1 3.3k
```

```
R2 1 WY2 3K
```

```
Q1 WY1 WE1 4 TRANZYSTOR
```

```
Q2 WY2 WE2 4 TRANZYSTOR
```

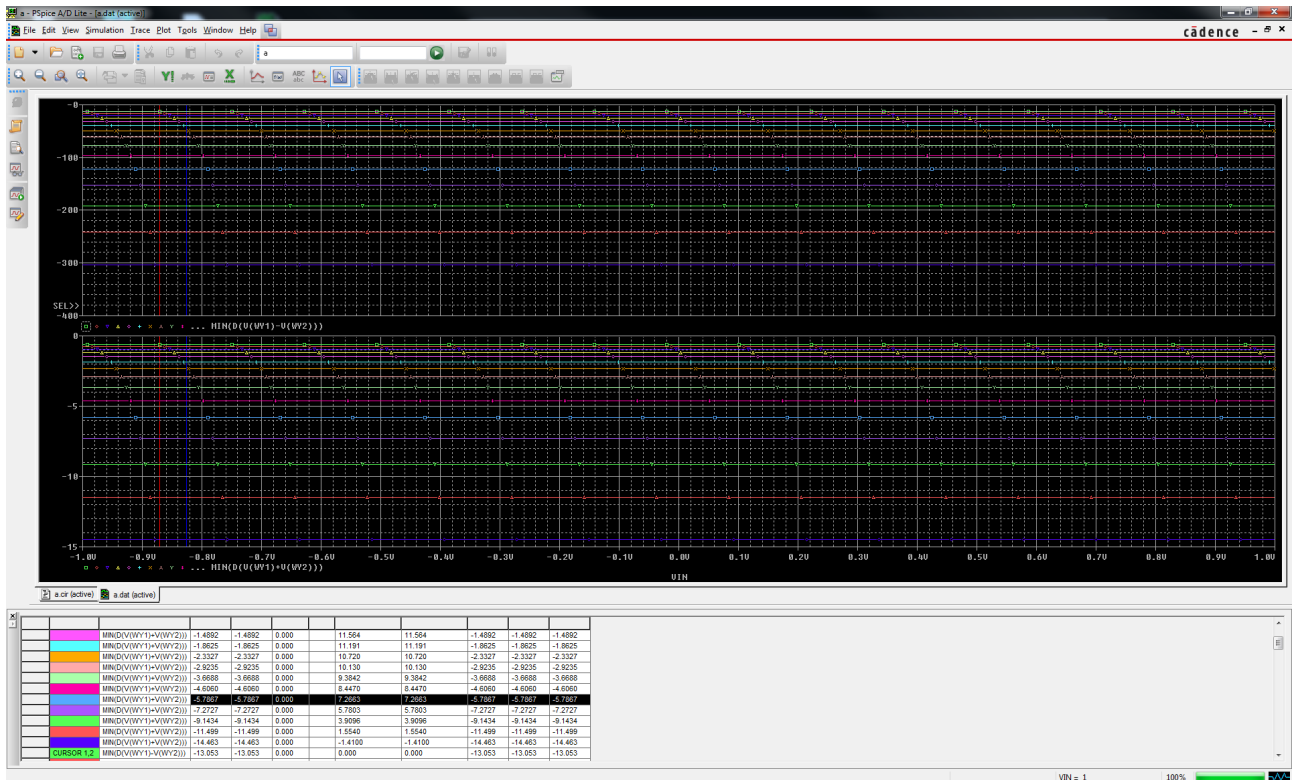
```
*.STEP dec PARAM i 0.1m 2m 10
```

```
.dc VIN -1 1 0.001
```

```
.probe
```

```
.end
```





W drodze symulacji dowiodłem, że dla prądu  $i = 0.9\text{mA}$  wzmocnienie różnicowe jest równe około 110 a wzmocnienie sumacyjne około 0.05. Ciemnoniebieska linia na wykresie powyżej. W kursorze zaznaczyłem na czarno dla jakiego prądu mamy odpowiedź poprawną.

Zad 2. Rezystancja wejściowa nie zależy od wartości rezystancji na emiterze.

Sprawozdanie – kolokwium praktyczne z Symulacji Układów Elektronicznych  
Temat nr 21

Netlista:

Kolokwium

```
.subckt wzmo 1 2 3
```

```
Rwe 1 2 10MEG
```

```
Rwy 4 3 0.1
```

```
E1 4 0 LAPLACE {V(1, 2)} {200k/(1+s/62.8)}
```

```
.ends
```

```
V1 4 0 ac 10 sin 1 1 1k
```

```
R 4 1 1k
```

```
R1 1 3 1k
```

```
X1 1 0 3 wzmo
```

```
.ac dec 100 1 1g
```

```
.tran 100n 1m
```

```
.probe
```

```
.end
```

Zad.2

Dodałem linijki

```
Rwe 1 2 10MEG
```

```
Rwy 4 3 0.1
```

Do deklaracji subcircuit

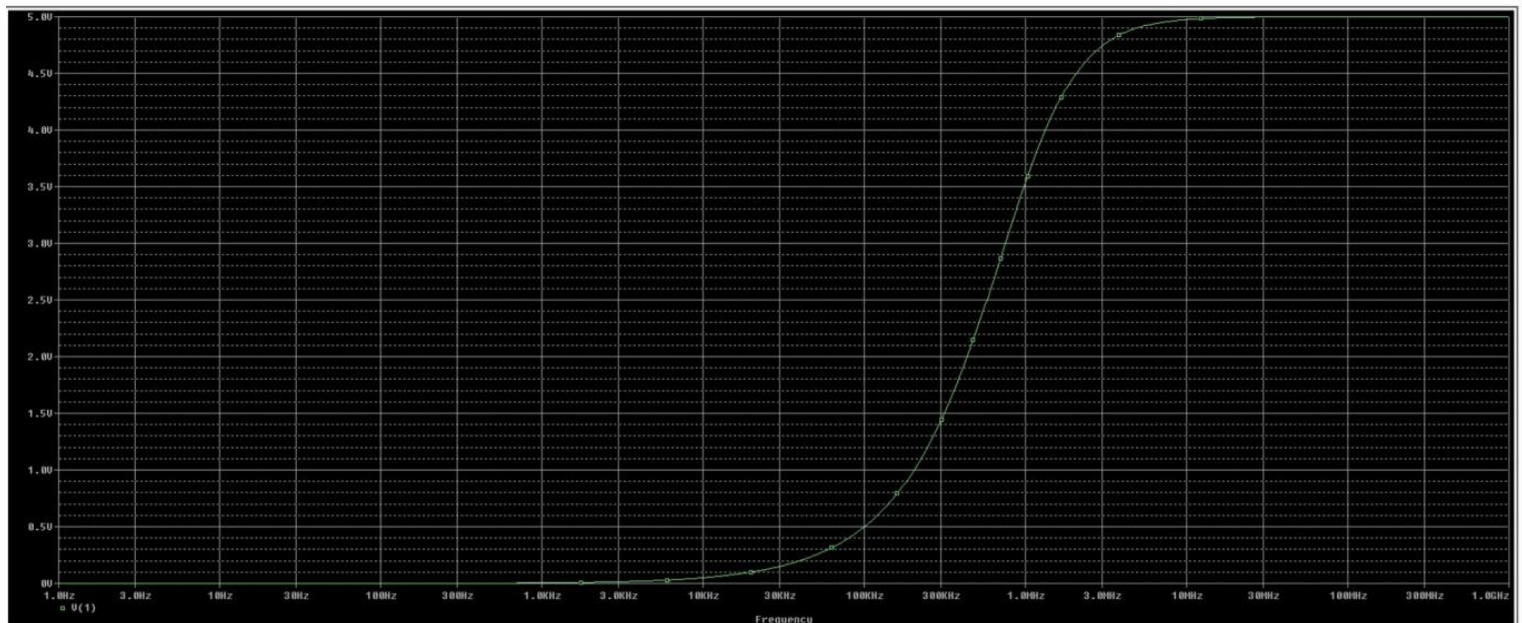
Zad.3

Rezystory R i R1 o wartości 1k → wzmacnienie +1

11:19

VoLTE 48%

.end



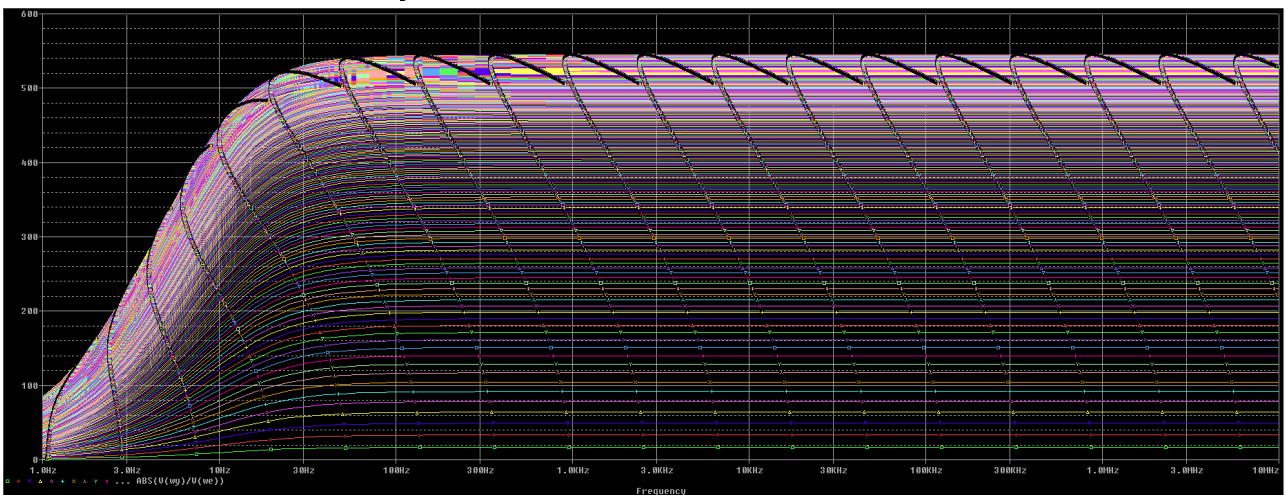


# 1. Benita Myśliwiec temat 86

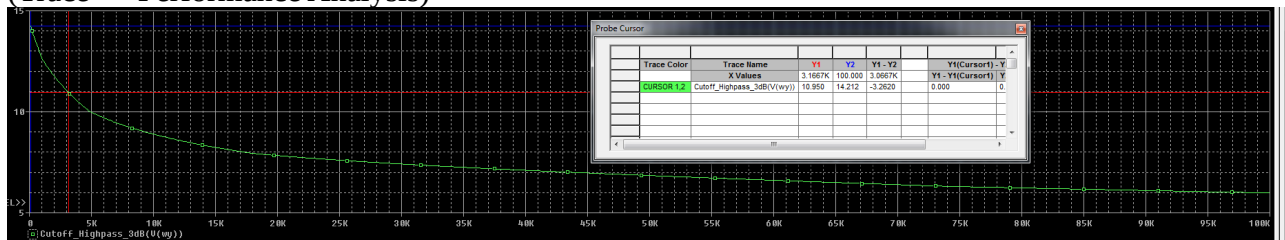
Dane :  $U_{cc} = 20V$   $R_e = 370\Omega$   $R_c = 3.7k\Omega$

Netlista:

```
bjt
.model BC107 NPN(BF = 100 )
q1 c b e BC107
vcc vcc 0 dc 20
rc vcc c 3.7k
cwy c wy 1000u
rl wy 0 150000
rb c b {opor}
cwe we b 4000u
vin we 0 ac 1
re e 0 370
ce e 0 4200u
.param opor 100
.step param opor 100 100k 100
.ac dec 10 1 10meg
.probe
.end
```



Do znalezienia  $R_b$  posłużyłam się funkcją Performance Analysis.  
(Trace → Performance Analysis)



Jak widać  $R_b$  powinno wynosić ok  $3k\Omega$  (sprawdziłam to przy pomocy kursorów), aby wzmacnienie było maksymalne.  
Pozostałe elementy dobieram tak, aby otrzymać wzmacniacz o paśmie przenoszenia od 10 Hz.

- $C_{wy} = 1000\mu$
- $C_{we} = 4000\mu$
- $C_e = 4200\mu$

Nowak Artur 109

1.

wzm roznicowy bjt

```
.model BC107 npn BF=100
```

```
vcc 1 0 10
```

```
rc1 1 c1 10k
```

```
rc2 1 c2 10k
```

```
q1 c1 b1 e BC107
```

```
q2 c2 0 e BC107
```

```
re e 2 19k
```

```
vee 2 0 -10
```

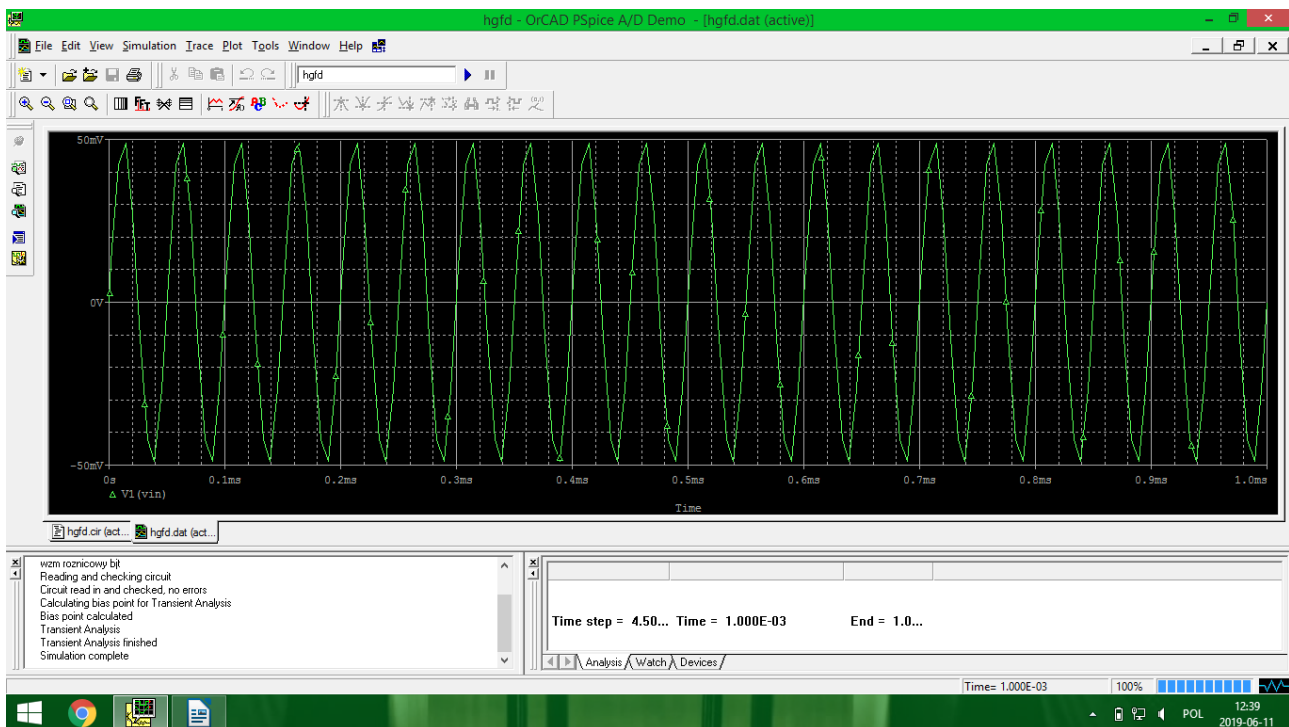
```
vin b1 0 sin 0 0.05 20k
```

```
.probe
```

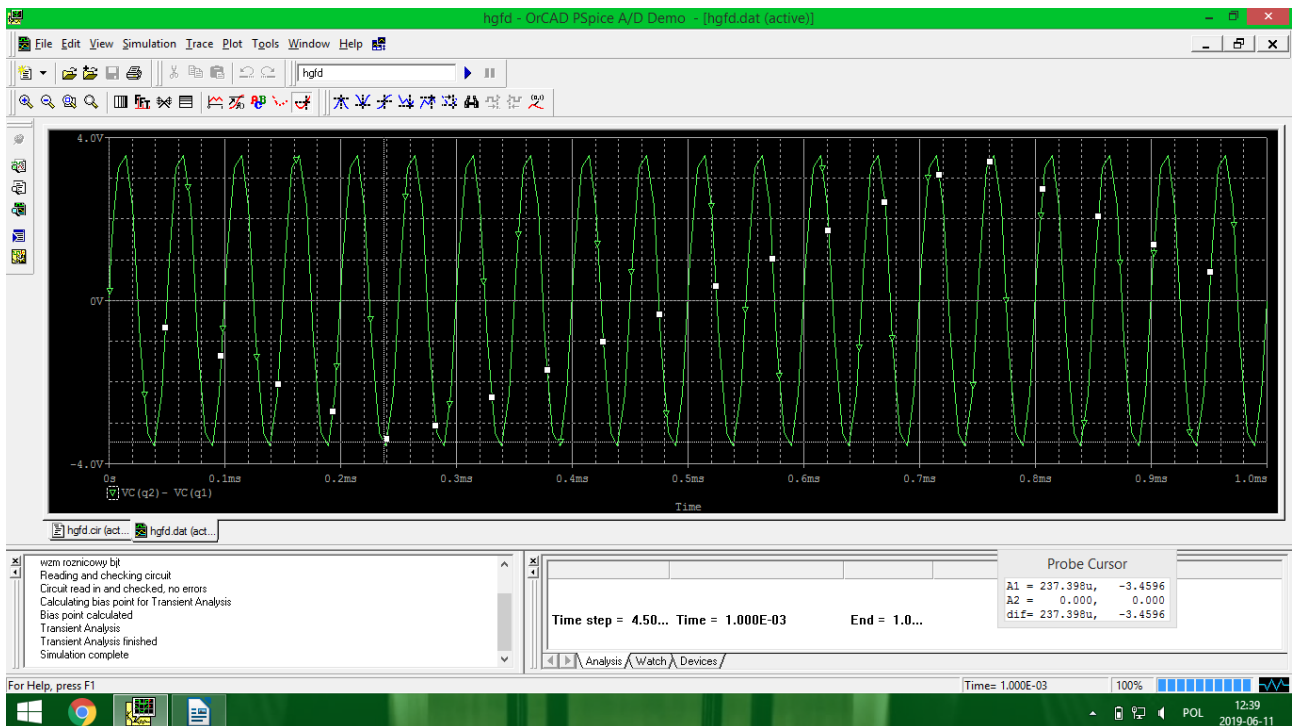
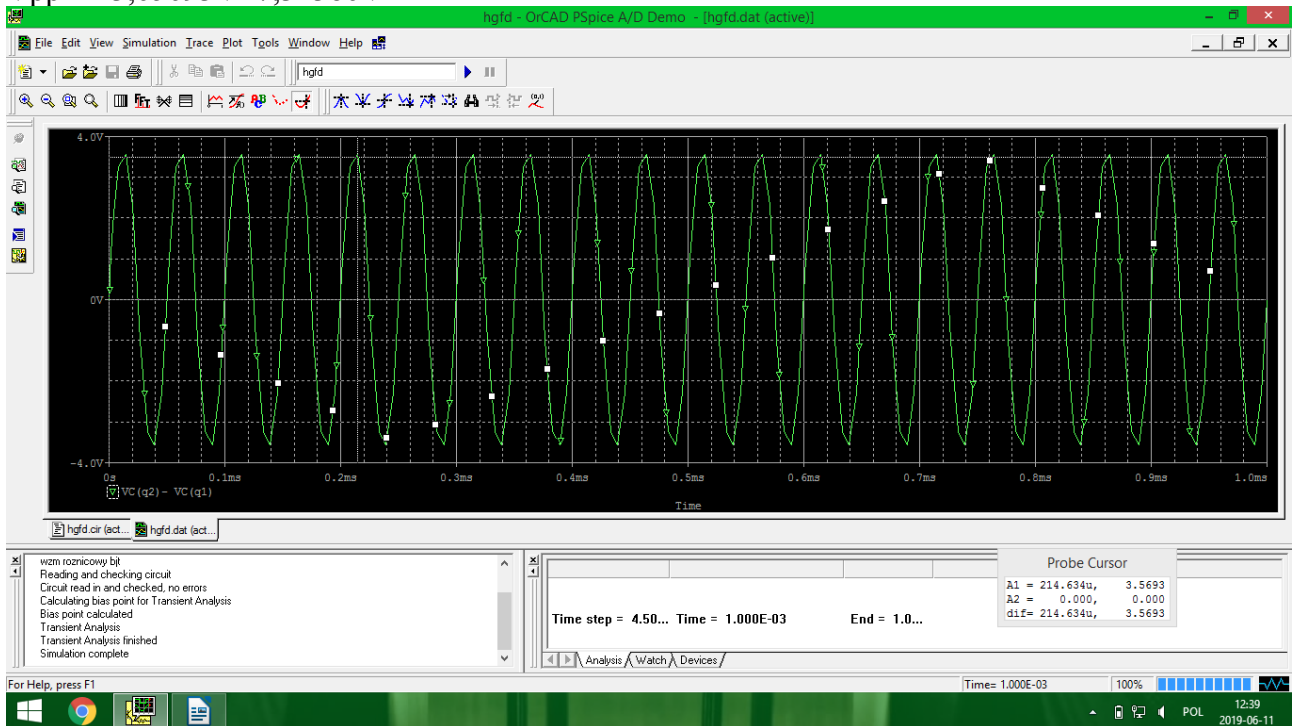
```
.tran 0 1m
```

```
.end
```

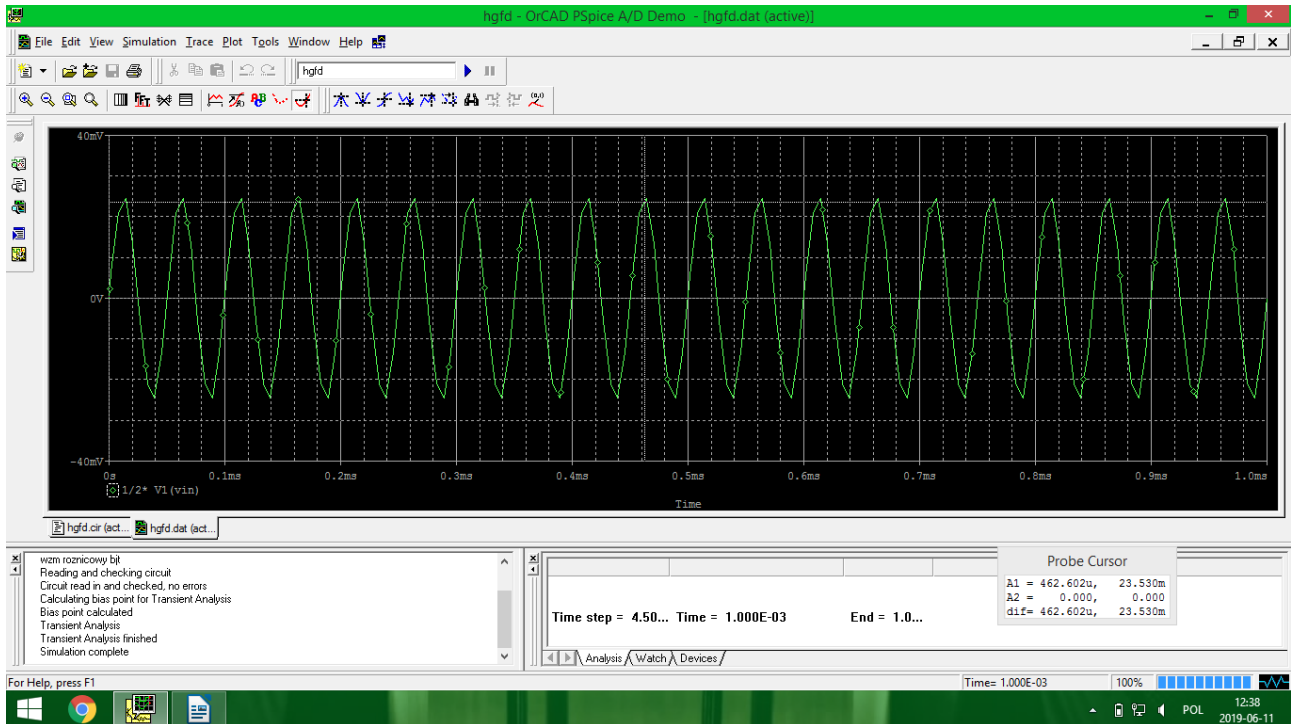
Na wejście podajemy sygnał różnicowy o  $V_{pp}=2*50mV=100mV$



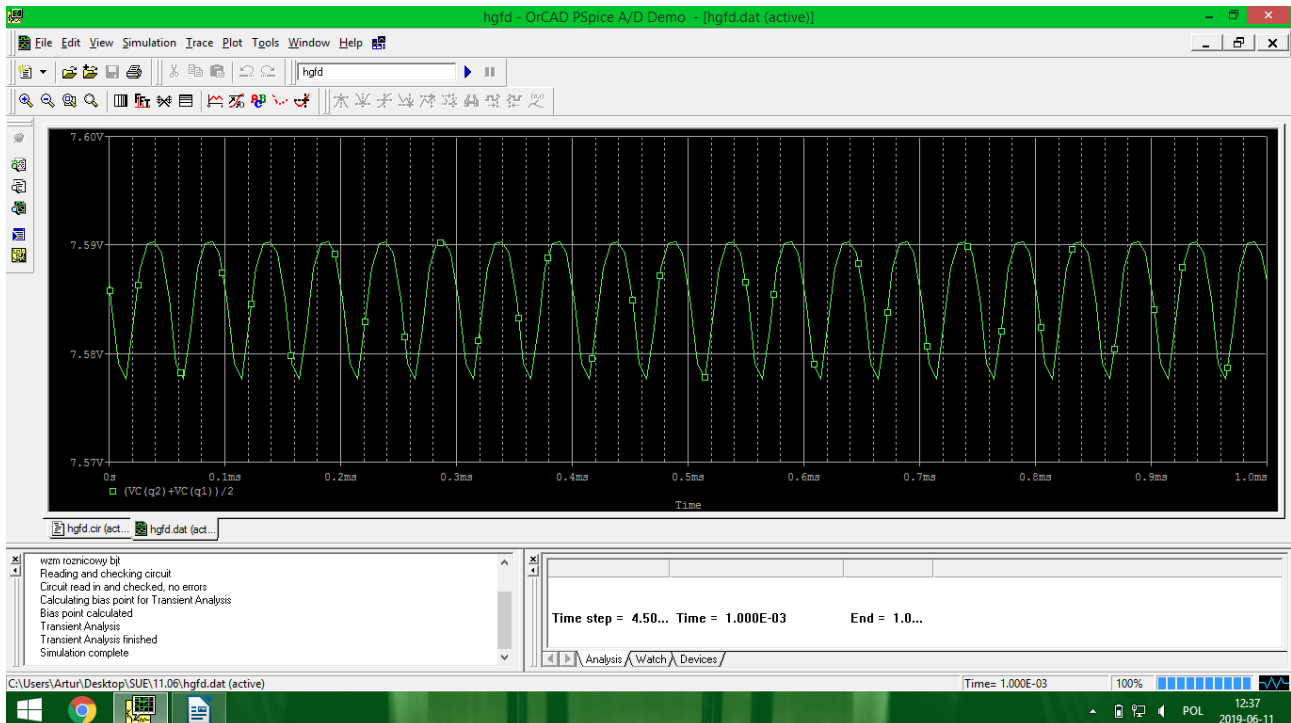
Napięcie wyjściowe różnicowe równe różnicy potencjałów kolektorów obu tranzysotorów.  
 $V_{pp} = 2 * 3,65693V = 7,31386V$



Napięcie wejściowe sumacyjne jest równe 0,5 napięcia różnicowego  $V_{pp}=50mV$



Napięcie wyjściowe sumacyjne poniżej:





2.

wzm różnicowy bjt – rezystancja wyjściowa

```
.model BC107 npn BF=100
```

```
vcc 1 0 10
```

```
.param opor = 20k
```

```
.step param opor list 18k 19k 20k 21k 22k
```

```
rc1 1 c1 {opor}
```

```
rc2 1 c2 20k
```

```
q1 c1 b1 e BC107
```

```
q2 c2 0 e BC107
```

```
re e 2 19k
```

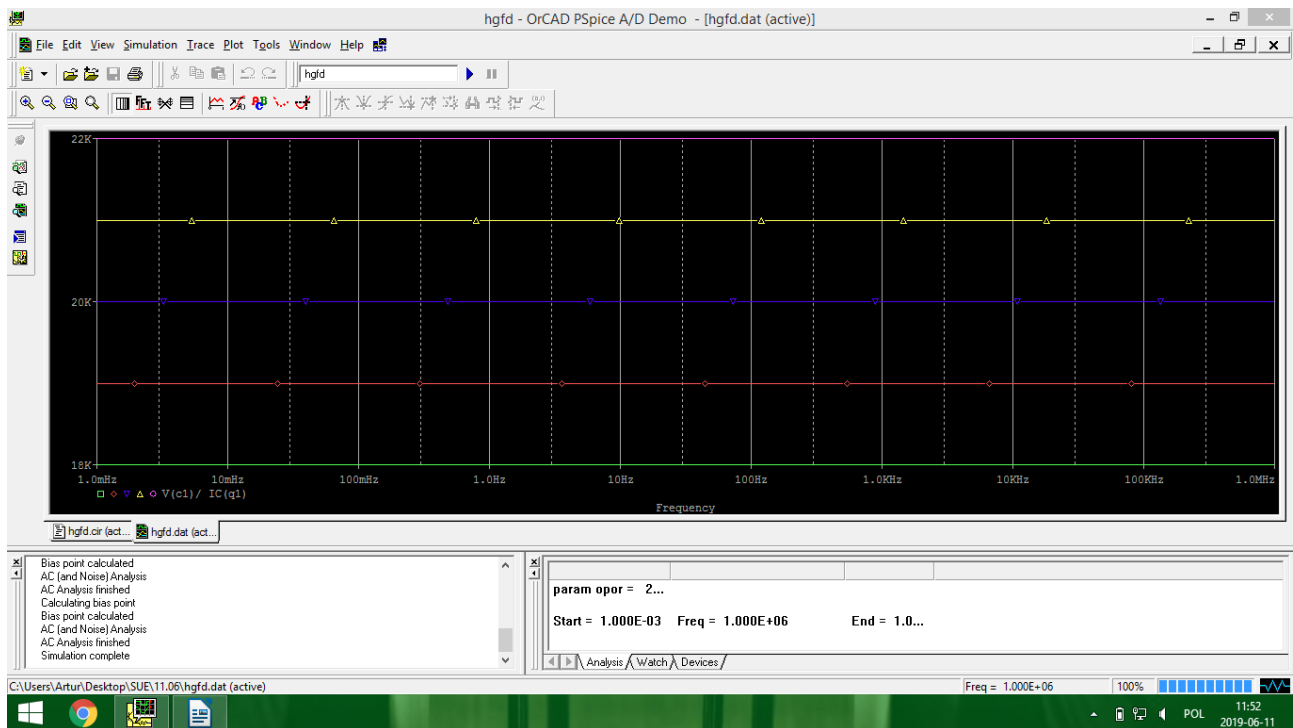
```
vee 2 0 -10
```

```
vin b1 0 ac 1
```

```
.ac dec 100 1m 1Meg
```

```
.probe
```

```
.end
```



3.

wzm roznicyowy bjt – wzmacnienie sumacyjne od obciazenia ac

```
.model BC107 npn BF=100
```

```
vcc 1 0 10
```

```
rc1 1 c1 20k
```

```
rc2 1 c2 20k
```

```
.param opor = 200k
```

```
.step param opor list 100k 200k 300k
```

```
robc c2 wy {opor}
```

```
iobc wy 0 sin 0 0.01 15k
```

```
q1 c1 b1 e BC107
```

```
q2 c2 0 e BC107
```

```
re e 0 19k
```

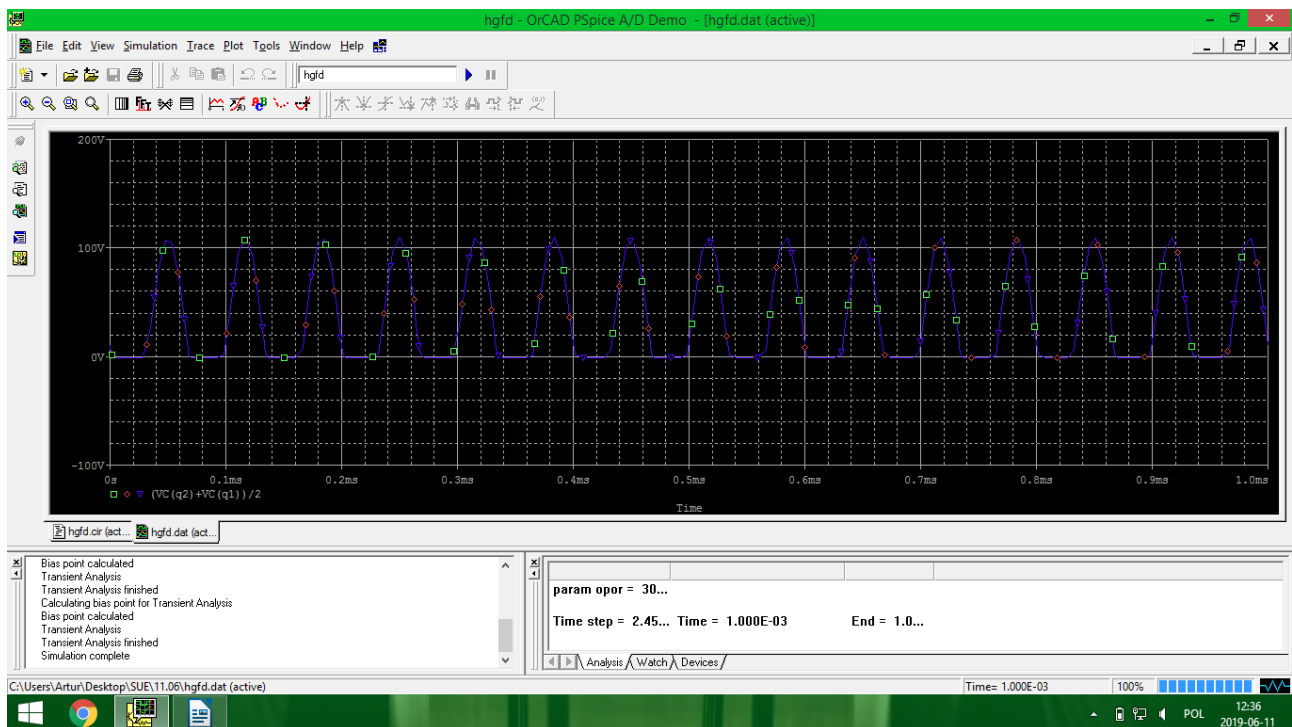
```
vee 2 0 -10
```

```
vin1 b1 0 sin 0 0.01 20k
```

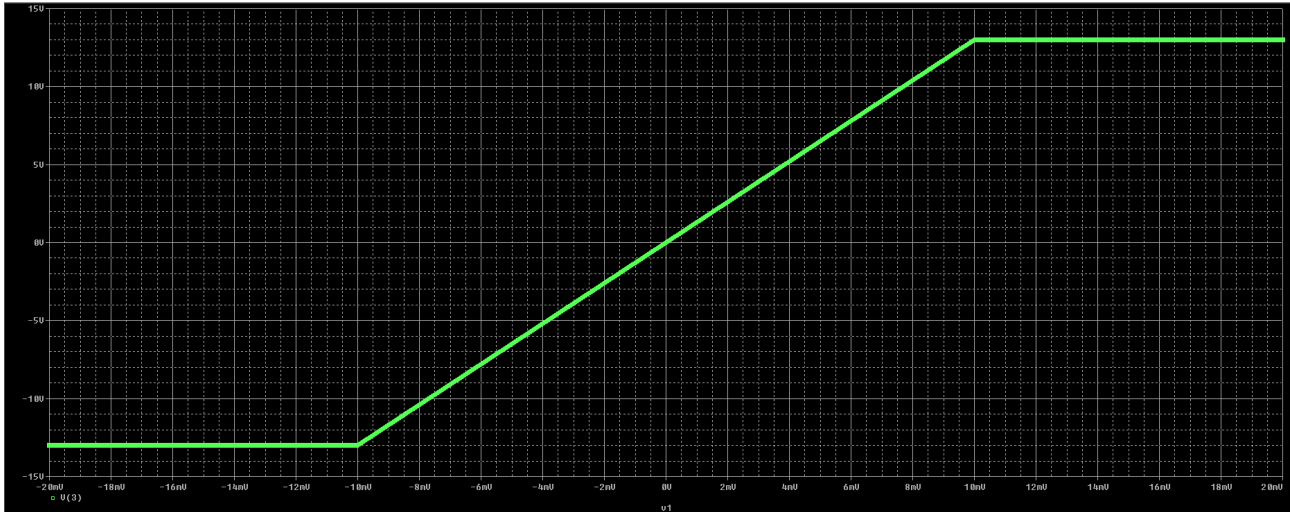
```
.tran 0 1m
```

```
.probe
```

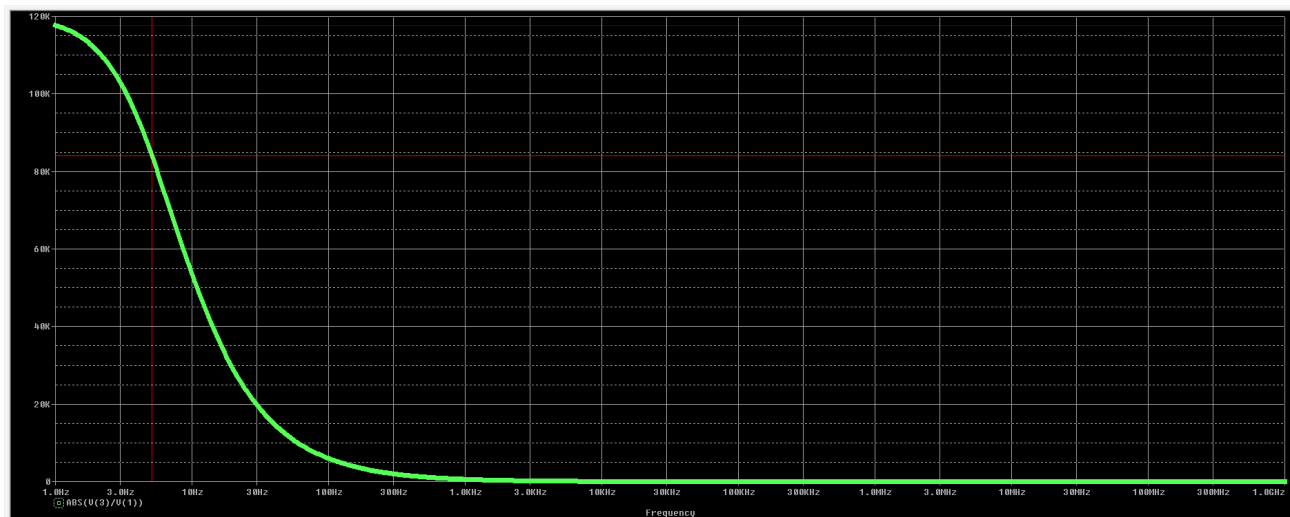
```
.end
```



Celem zadania 122 było zaprojektować model wzmacniacza operacyjnego o wzmacnieniu 120 000, mającego jednobiegunową charakterystykę o biegunie 5Hz. Wzmacniacz zasilany +/- 13 V. Jego charakterystyka:



więc aby sprawdzić biegun mnożymy tę wartość \* 0,7. Otrzymujemy 84 000 i w tym miejscu sprawdzamy częstotliwość. Jak widać zgadza się z naszym założeniem i biegun wynosi 5 Hz.



Simulation results interface showing a table of cursor data and simulation logs.

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)
CURSOR 1,2	ABS(V(3)/V(1))	84.035K	-33.632K	0.000	0.000

Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	5.0941
CURSOR 1,2	ABS(V(3)/V(1))	84.035K

Simulation logs:

```

INFO(DRPPROBE:3183) Simulation running...
and
Flattening and checking circuit
Circuit read in and checked, no errors
DC Analysis
DC Analysis finished
Calculating bias point
Bias point calculated
AC (and Noise) Analysis
AC Analysis finished
    
```

Netlista dla zadania 1

Piotr Mercik 122

.subckt oper 1 2 3 ; 1 = v+, 2 = v-, 3 = wyj

rwe 1 2 1meg

E1 4 0 LAPLACE {V(1, 2)} {120000/(1+s/31.4)}

E0 3 0 TABLE {V(4)} = (-13, -13) (13, 13)

rwyt 3 4 0.2

.ends

v1 1 2 ac 1 dc 1

r2 2 0 1

x1 1 2 3 oper

r1 3 0 1

.ac dec 100 1 1g

.dc v1 -20m 20m 10m

.probe

.end

Na podstawie wzmacniacza należało stworzyć układ o wzmacnieniu -1, którego charakterystykę widać na wykresie poniżej.



Jak widać wzmacnienie układu wynosi -1. Ograniczenie stanowi napięcie zasilania.

## Netlista zadania 2

Piotr Mercik, 122

```
.subckt oper 1 2 3 ; 1 = v+, 2 = v-, 3 = wyj
```

```
rwe 1 2 1meg
```

```
E2 5 0 table {V(1,2)} (-70e-6, -13) (70e-6, 13)
```

```
rwyt 5 3 0.2
```

```
Cwy 3 0 30m
```

```
.ends
```

```
v1 1 0 ac 1 dc 1
```

```
x1 0 2 3 oper
```

```
r1 1 2 1k
```

```
r2 2 3 1k
```

```
.ac dec 10 .1 100k
```

```
.dc v1 -15 15 .1
```

```
.probe
```

```
.end
```

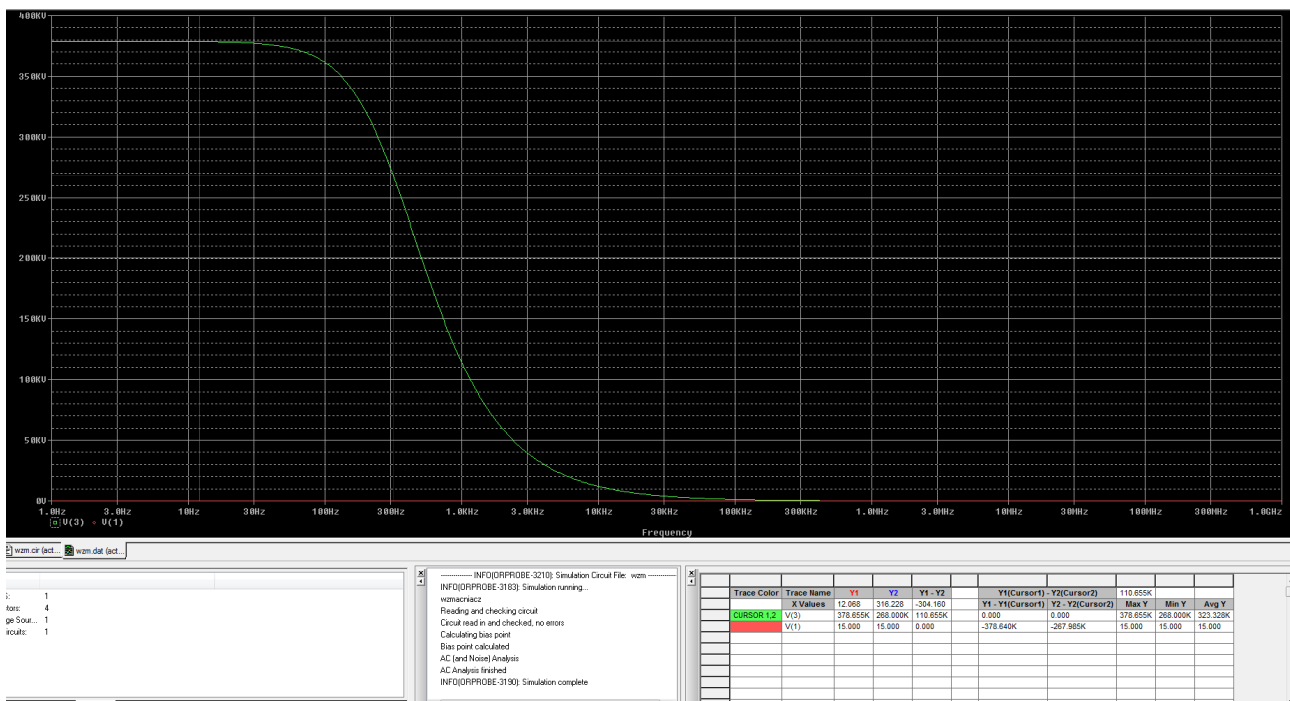
**1. Wzmacniacz operacyjny o  $K_u = 160\ 000$ , jeden biegun w  $f = 50\text{Hz}$ , zasilanie  $\pm 15$ ,  $Z_{we} = 2\ \text{Mohm}$ ,  $Z_{wy} = 0,5\ \text{ohm}$**

**Netlista:**

```
wzmacniacz
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 2Meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = { 160000/(1+s/314)}
Rwy 4 3 0.5
.ends opamp

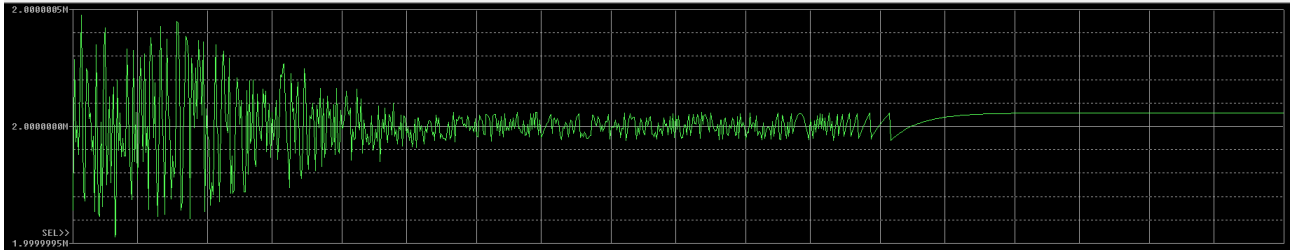
V1 1 0 ac 15 sin 0 10 1k
R1 0 2 1k
R2 2 3 30Meg
X1 1 2 3 opamp

.ac dec 100 1 1g
.probe
.end
```



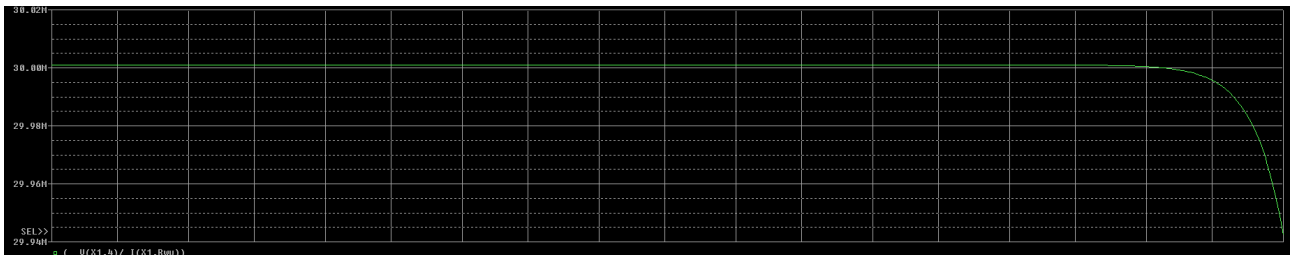
Zgodnie z treścią zadania, biegun występuje dla  $f = 50\text{Hz} \rightarrow \omega = 2 * \pi * 50 = 314\text{Hz}$   
Obliczając  $U_{3dB}$  jako  $0,707 * U_{max}$  otrzymujemy położenie niebieskiego kursora na wykresie.

### Wartość rezystancji wejściowej:



$$R_{we} = (V(1) - V(2)) / I(X1.R_{we})$$

### Wartość rezystancji wyjściowej:



Brak zgodności z oczekiwaną wartością.

## 2. Wykonanie na wcześniej zdefiniowanym .subckt wzmacniacza o $K_u = -1$ i zbadanie jego stabilności.

### Netlista:

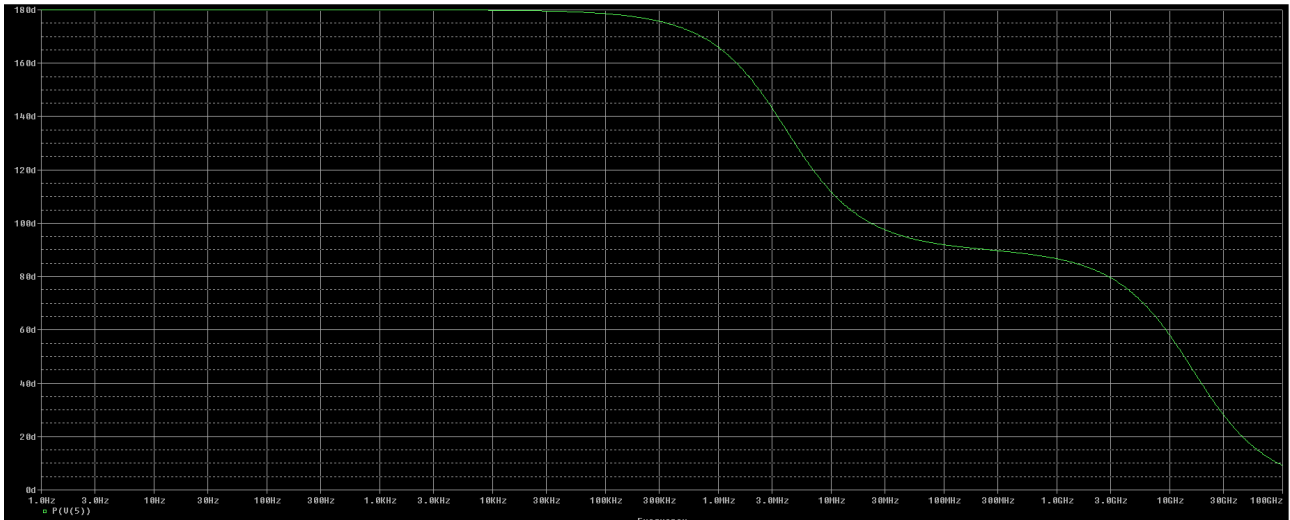
```
wzmacniacz
.subckt opamp 1 2 3
Rwe 1 2 2Meg
E1 4 0 LAPLACE {V(1,2)} = { 160000/(1+s/314)}
Rwy 4 3 0.5
.ends opamp
```

```
V1 1 0 ac 15 sin 0 10 1k
*R1 0 2 1k
*R2 2 3 30Meg
*X1 1 2 3 opamp
```

```
R3 1 4 1k
R4 4 5 1k
X2 0 4 5 opamp
```

```
.ac dec 100 1 1g
.probe
.end
```

### Wykres charakterystyki fazowej wzmacniacza:



Wzmacniacz jest niestabilny.



**Paweł Kopciara, nr 49**

### Zad. 1

kod w programie PSpice:

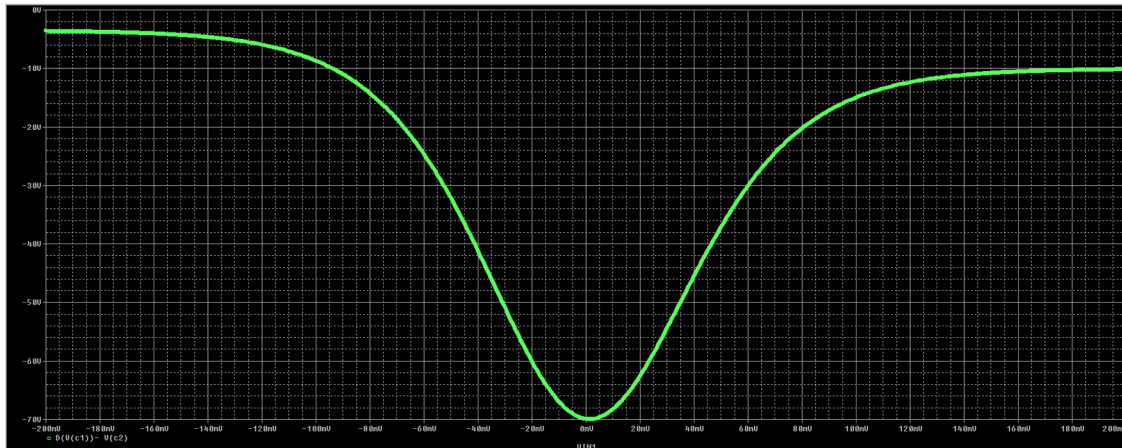
wzmroz

```
.model bc107 npn  
q1 c1 b1 e bc107  
q2 c2 0 e bc107
```

```
VIN1 b1 0 ac 1  
VCC VCC 0 10  
VEE VEE 0 -10
```

```
R1 VCC c1 1.5k  
R2 VCC c2 1.5k  
.param i=4.4m  
IE e VEE {i}
```

```
*.step dec param i 0.5m 4m 20  
.DC VIN1 -200m 200m 0.001  
*.ac dec 100 20 1G  
.probe  
.end
```



Na zrzucie wykazano, że wzmacnienie wynosi 70.  
W punkcie 0 widoczna jest wartość -70.

### Zad. 2

Rezystancja wejściowa nie zależy od wartości rezystancji na kolektorze.

Wartość rezystancji wejściowej dla składowej różnicowej możemy obliczyć korzystając ze schematu małosygnałowego:

$$r_{wer} = 2/gb'e$$

Dla składowej sumacyjnej możemy wyliczyć wartość rezystancji wejściowej, również ze schematu małosygnałowego:

$$r_{wes} = (1+2*gm)/gb'e$$

### Zad. 3

kod w programie Pspice:

wzmroz

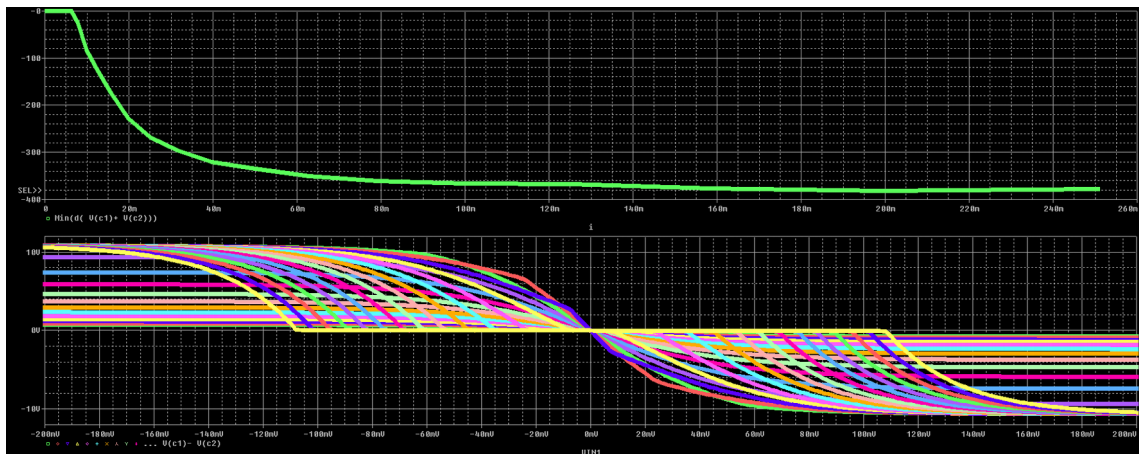
```
.model bc107 npn  
q1 c1 b1 e bc107  
q2 c2 0 e bc107
```

```
VIN1 b1 0 ac 1  
VCC VCC 0 10  
VEE VEE 0 -10
```

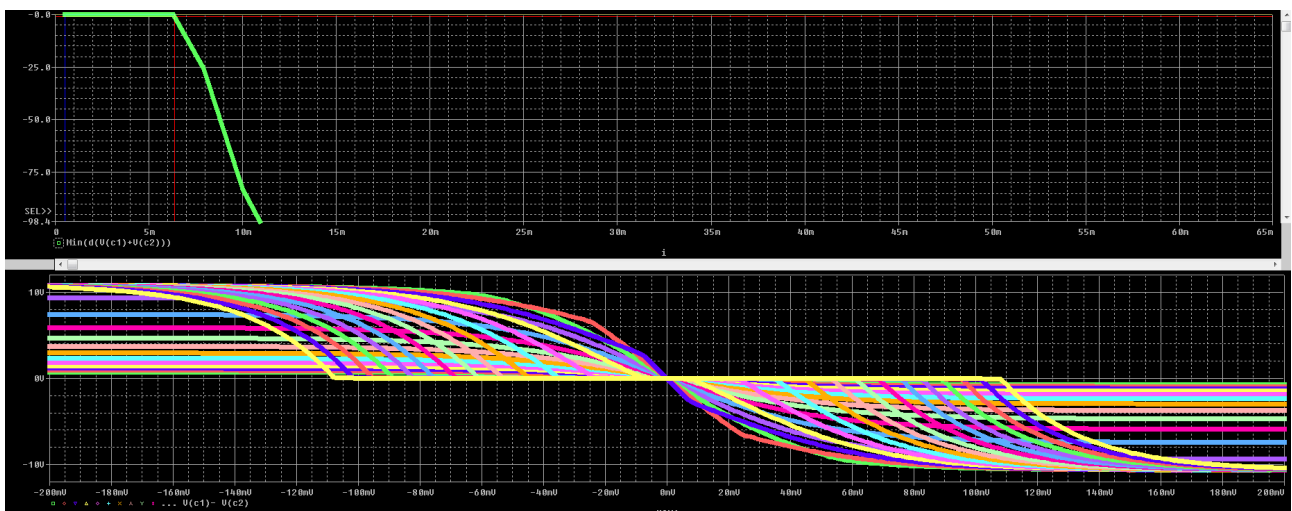
```
R1 VCC c1 1.5k  
R2 VCC c2 1.5k  
.param i=0.2506  
IE e VEE {i}
```

```
*.step dec param i 0.5m 200m 10  
.DC VIN1 -200m 200m 0.001  
*.ac dec 100 20 1G  
.probe  
.end
```

Dla wartości 6,33m wartość wzmocnienia wynosi -560,2m, zmniejszając wartość wzmocnienie mocno oscyluje wokół zera, co nie jest pożądane w tym ćwiczeniu.



Poniżej zrzut z badania minimalnego wzmocnienia kursorem.



Bartłomiej Kołodziejczyk 296781  
SUE NR 12

Zadanie 1  
Wzmacniacz

\* źródło sygnału wejściowego małosygnałowego

.MODEL BC107 npn BF=200

Vin in 0 ac 1

Vza Vcc 0 20

Cwe in b 10m

Rb b c 1.5k

Rc Vcc c 1.5k

Cwy c out 10m

Rwy out 0 1000000k

Q1 c b e BC107

Re e 0 1.5k

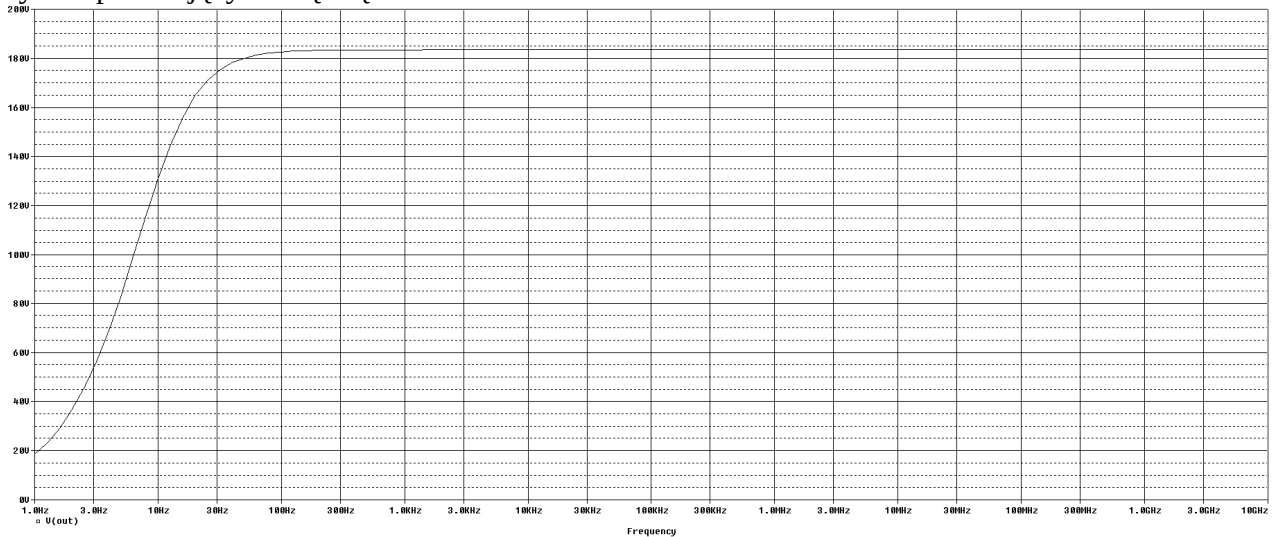
Ce e 0 5m

.ac dec 10 1 10G

.probe

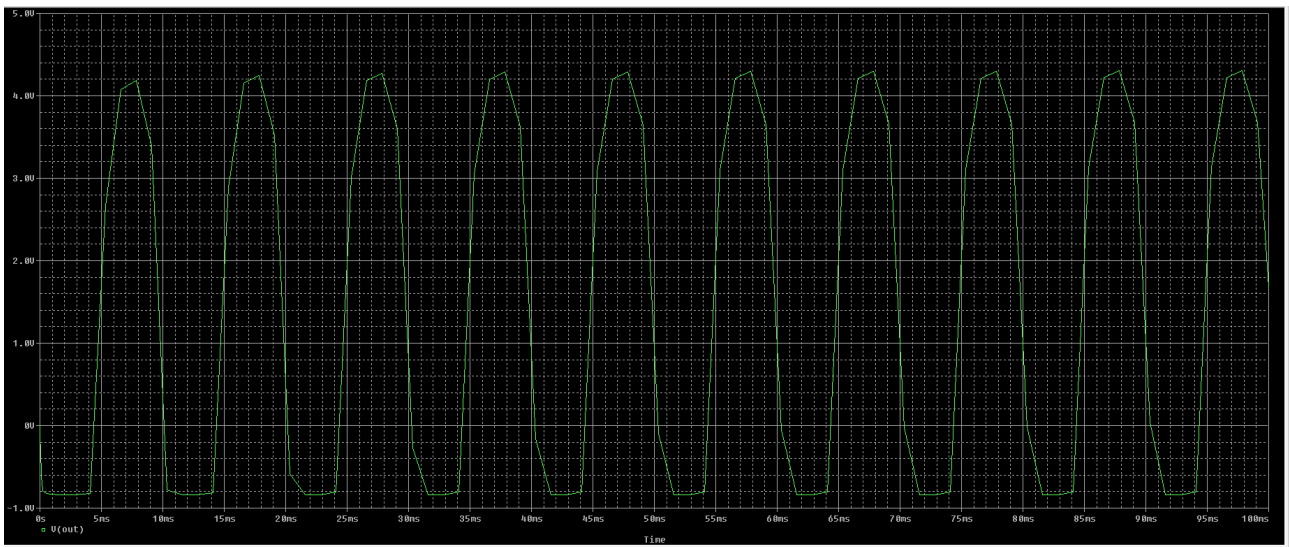
.end

Wykres pokazujący dolną częstotliwość 10 Hz



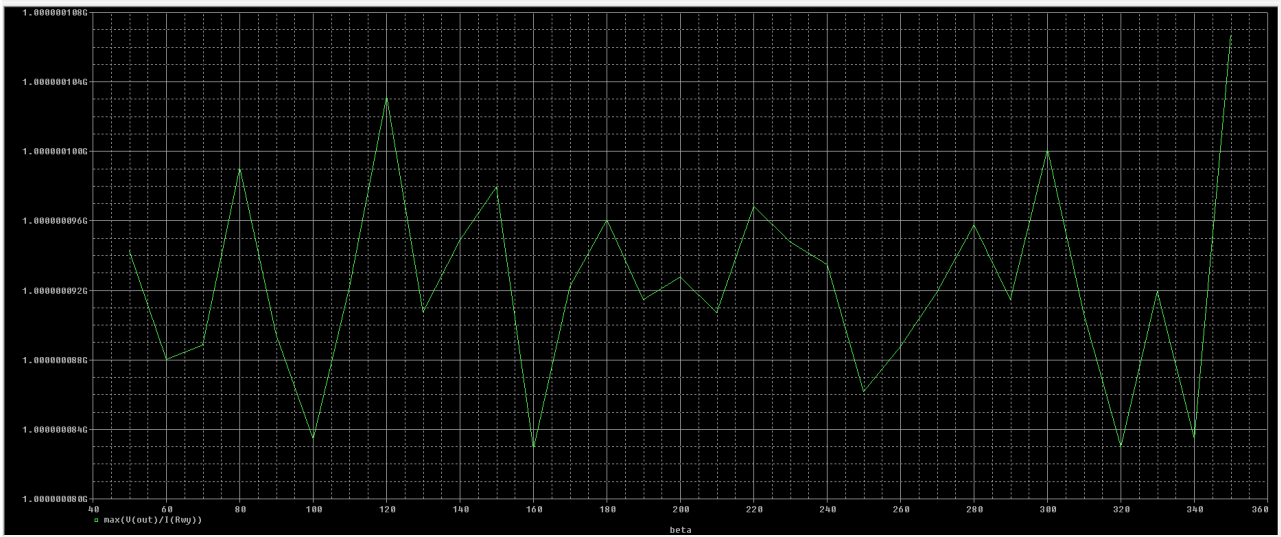
Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y	
	X Values	9.872	1.0000	8.8720	Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)			
CURSOR 1,2	V(out)	129.924	18.555	111.369	0.000	0.000	129.924	18.555	74.240

Dolna częstotliwość 10 Hz



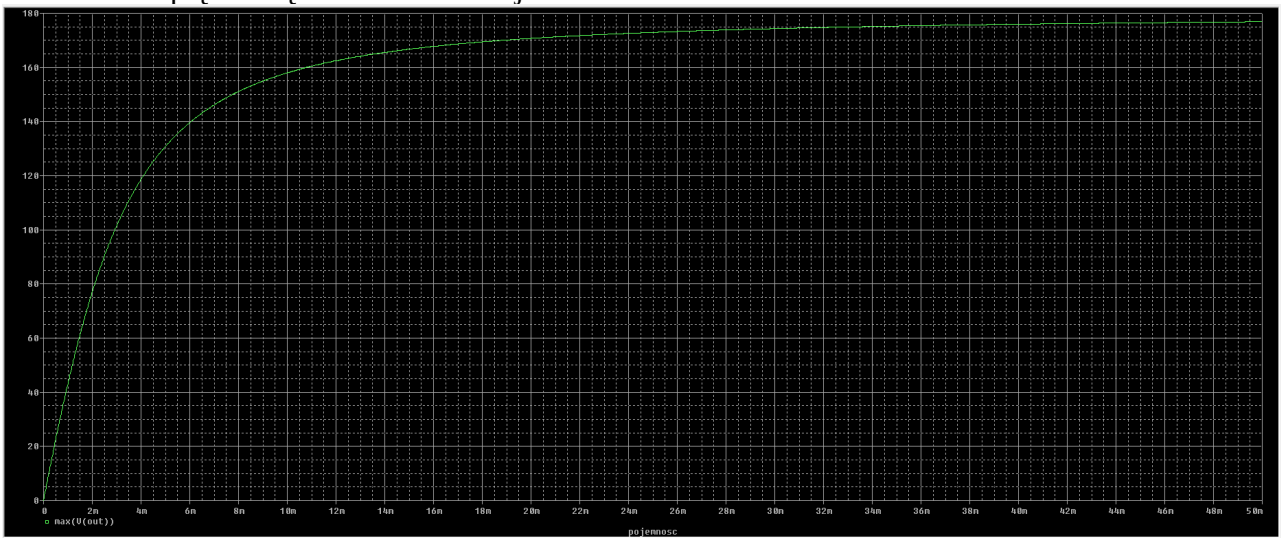
Pokazanie Uwy sygnału wyjściowego który ma powyżej 3V pp  
Zadanie 2

Zależność impedancji od bety



Zadanie 3

Zależność napięcia częstotliwości dolnej od C<sub>e</sub>



## Wzmacniacz

\* źródło sygnału wejściowego małosygnałowego

.param beta=200

.MODEL BC107 npn BF={beta}

Vin in 0 ac 1 sin 0 0.05 100

Vza Vcc 0 20

Cwe in b 10m

Rb b c 1.5k

Rc Vcc c 1.5k

Cwy c out 10m

Rwy out 0 1000000k

Q1 c b e BC107

Re e 0 1.5k

.param pojemnosc=5m

Ce e 0 {pojemnosc}

.tran 0.01u 100m

\*.step lin param beta 50 350 10

.step lin param pojemnosc 1u 50m 50u

.ac dec 9 1 20

.probe

.end

**Przybyło Wojciech**

SUE Data: 11.06.2019

godz: 11:15

## Zadanie 1.

Netlista w formie tekstowej:

**program**

**.model BC107 npn BF=100 ;Deklaracja modelu tranzystora npn o  $\beta = 100$ .**

**Q1 c b e BC107**

<b>vcc 1 0 20</b>	<b>;Napięcie zasilania to zgodnie z zadaniem 20V</b>
<b>Rc c 1 15k</b>	<b>;Rezystor w obwodzie kolektora</b>
<b>Rb b c 1000k</b>	<b>;Rezystor łączący bazę z kolektorem</b>
<b>Cwe we b 2.6u</b>	<b>;Kondensator na wejściu</b>
<b>Cwy c wy 1n</b>	<b>;Kondensator na wyjściu</b>
<b>Re e 0 370</b>	<b>;Rezystor emiterowy</b>
<b>Ce e 0 1n</b>	<b>;Kondensator w obwodzie emitera równolegle z Re</b>
<b>Rwy wy 0 1000</b>	<b>;Badanie napięcia bez składowej stałej</b>

**vin we 0 ac 1 sin 0 0.2 20k**

**\*vin we 0 ac 0.05**

<b>.tran 100u 0.5m</b>	<b>;Analiza czasowa typu .tran od 0 do 500us z krokiem 100u</b>
<b>.ac dec 100 1 1000k</b>	<b>;Analiza małosygnałowa AC</b>
<b>.probe</b>	
<b>.end</b>	

Parametry ogólnie zadane:

$$U_{CC} = 20V$$

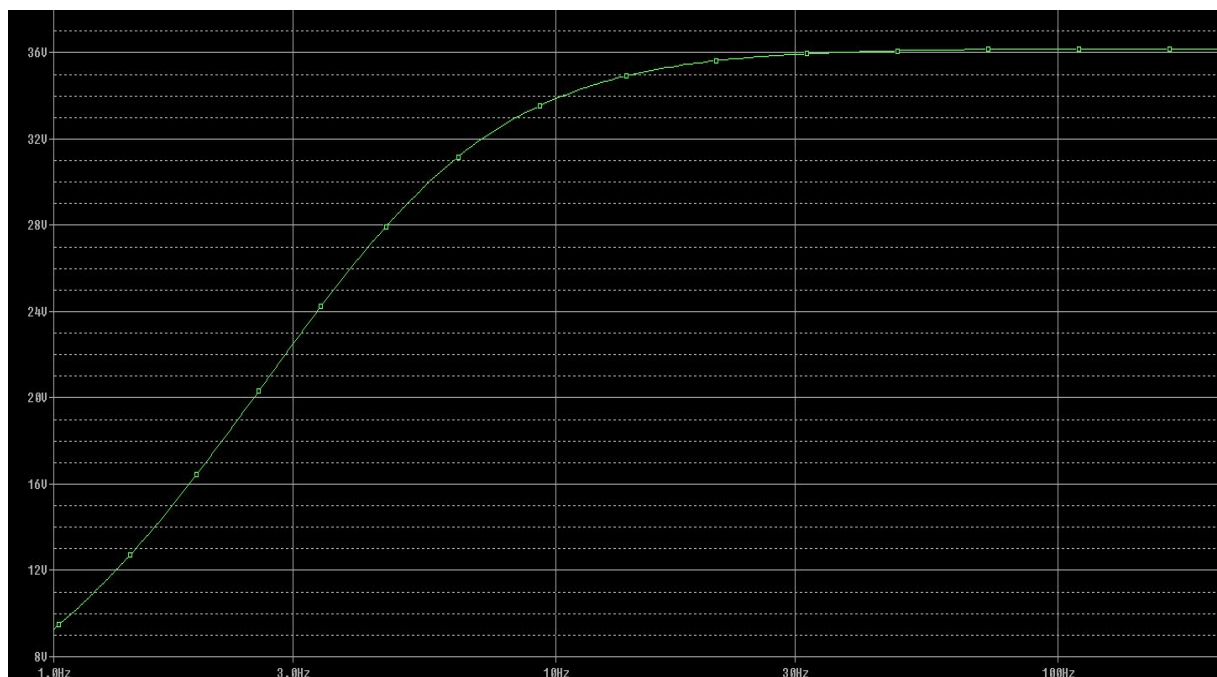
$$R_E = 370\Omega$$

Do realizacji zadania wykorzystuje także tranzystor **BC107** o parametrze  $\beta = 100$ .

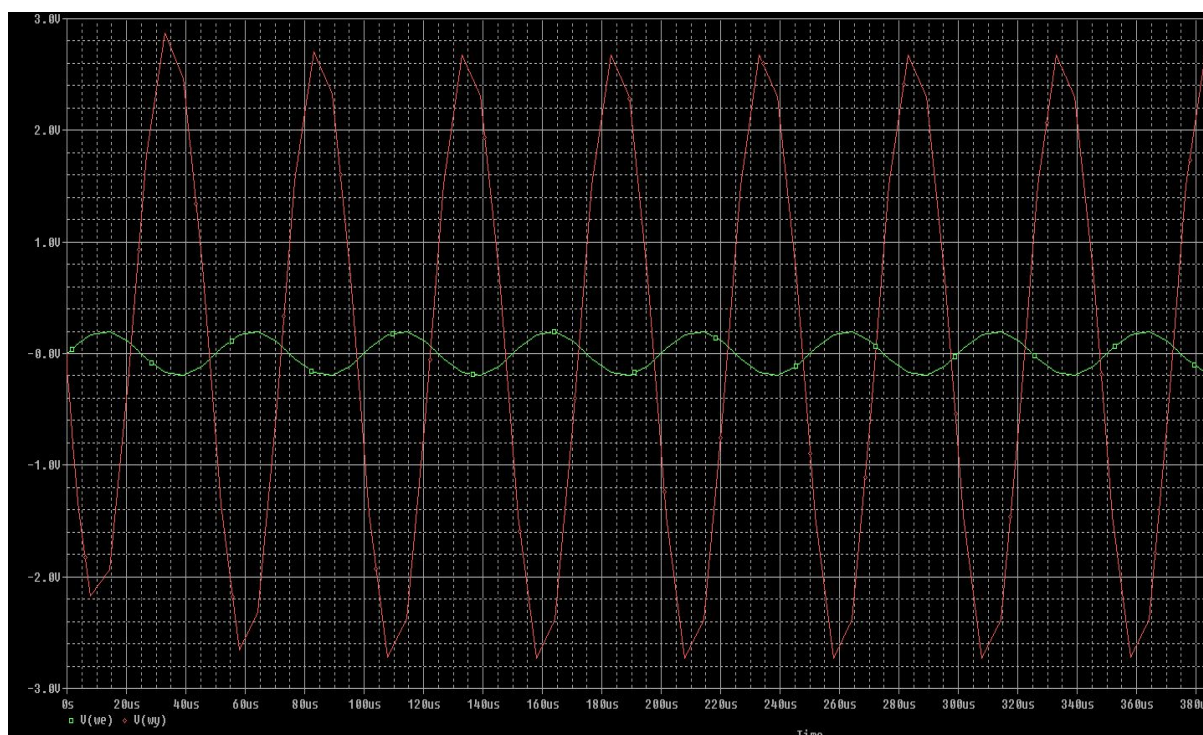
Za zadanie miałem dobrać parametry wzmacniacza tak, aby otrzymać pasmo przenoszenia od 10Hz.

Na wejście podaje sygnał sinusoidalny o amplitudzie 0.2 V oraz częstotliwości 20kHz.

Pasmo przenoszenia przedstawia następujący wykres (analiza AC):



Dla ukazania wzmocnienia przeprowadziłem także analizę czasową .tran  
Wykres prezentuje się następująco:



### **Wnioski:**

Układ zasymulowany przeze mnie działa poprawnie. Sygnał wejściowy jest wzmacniany, natomiast jego faza odwracana (wzmacniacz OE → odwracający).

Pozostałe wartości elementów tworzących wzmacniacz:

$$R_C = 15k\Omega$$

$$R_B = 1000k\Omega$$

$$C_{we} = 2,6\mu F$$

$$C_{wy} = 1nF$$

$$C_E = 1nF$$

### **Zadanie 2.**

Do wyznaczenia zależności impedancji wyjściowej wzmacniacza w zależności od parametru  $\beta$  posłużę się dyrektywą

```
.step lin param BETA (Podając w tym miejscu kolejne parametry  $\beta$ ) np. 100  
150 200 250 300
```

Posłużę się analizą typu **performance analysis**, która pozwala na analizę funkcji w zależności od zmiennego parametru.

Moja netlista prezentuje się następująco:

```
program ;pierwsza, nieznająca linia programu

;Deklaracja tranzystora typu npn
.model BC107 npn BF={beta} ;W to miejsce będę podstawił kolejne  
;wartości parametru  $\beta$  używając  
;dyrektywy .step lin param

Q1 c b e BC107 ;Podłączenie tranzystora BC107

vcc 1 0 20 ;Napięcie zasilania to zgodnie z zadaniem 20V
Rc c 1 15k ;Rezystor w obwodzie kolektora
Rb b c 1000k ;Rezystor łączący bazę z kolektorem
Cwe we b 2.6u ;Kondensator na wejściu
Cwy c wy 1n ;Kondensator na wyjściu
Re e 0 370 ;Rezystor emiterowy
Ce e 0 1n ;Kondensator w obwodzie emitera równolegle z Re
Rwy wy 0 10000 ;Badanie napięcia bez składowej stałej

vin we 0 ac 1 sin 0 0.2 20k

.param beta = 100
```



```
.step lin param beta 100 400 10 ; Podstawiam kolejne parametry  $\beta$  0d 100 do 400 z  
;z krokiem co 10
```

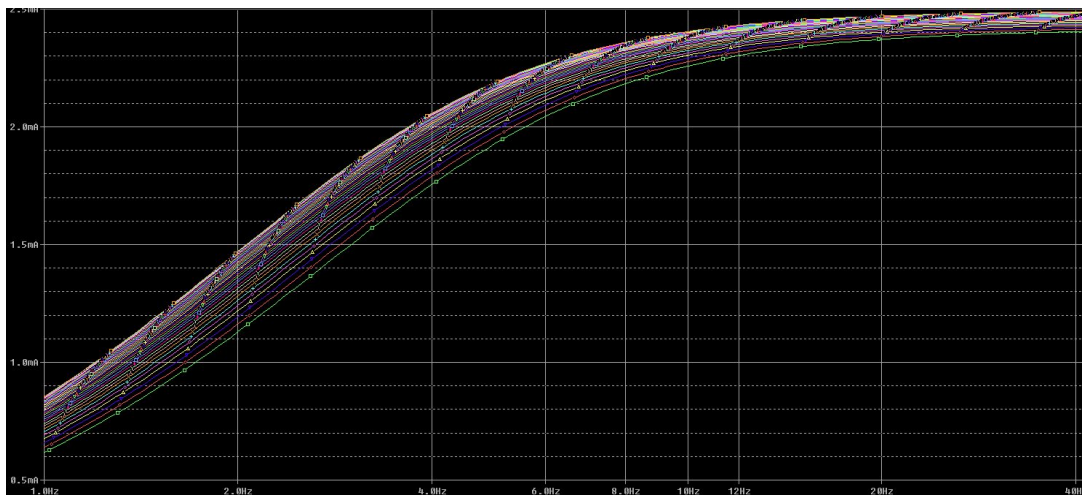
```
.dc lin Vin 0.1 0.3 1m  
.ac dec 100 1 1g
```

```
.tran 100u 0.5m  
.probe  
.end
```

Przeprowadzam analizę performance.

Zależności prezentują się następująco:

Analiza AC



Analiza DC

