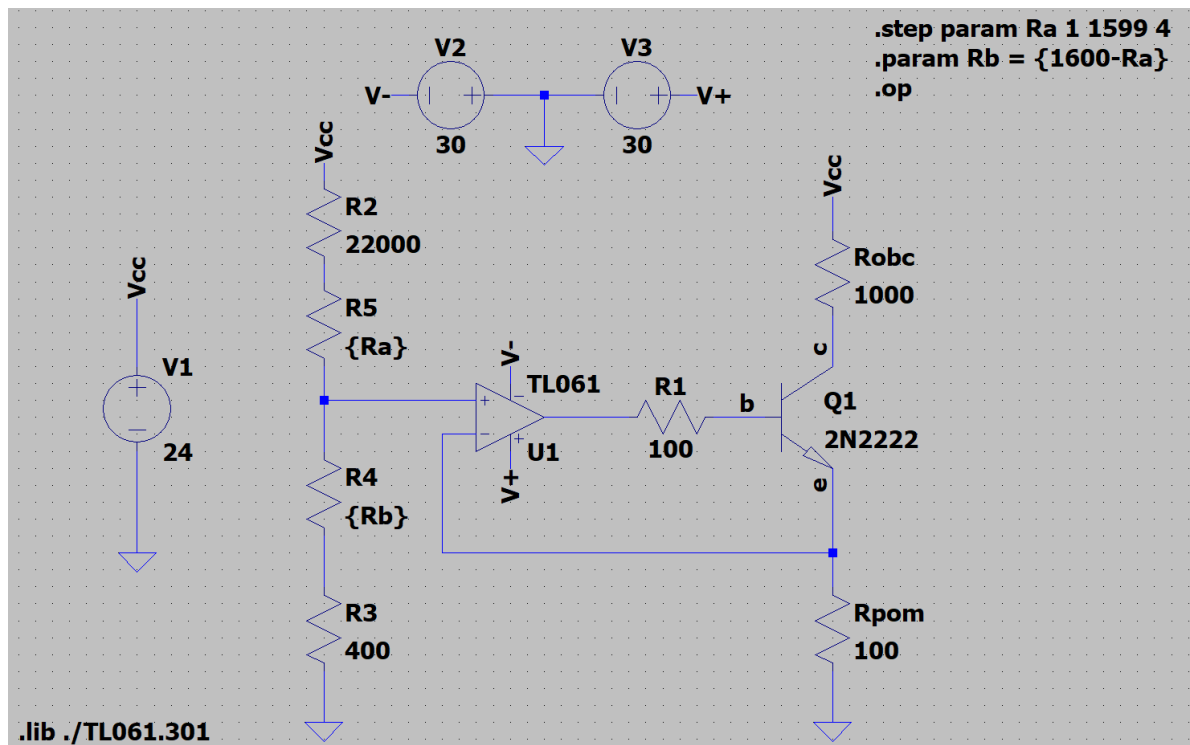


Sprawozdanie 3

1. Zadanie do wykonania

Opisać schemat, policzyć, wyznaczyć parametry i przesymulować układ 4..20mA dla wybranych 3 wartości R_{pom} i dla nich określić : max wartość R_{obc} dla $I=4..20mA$, wykonać wykres $U_{ster}(U_{ce})$, $U_{ce}(R_{obc})$, $R_{obc}(P_{diss})$ dla wybranych R_{obc} oraz I_z (x3).

2. Moduł 4-20mA na tranzystorze NPN



Powyższy układ przedstawia przetwornik 4..20mA, który pozwala na uzyskanie na wyjściu prądu o określonym natężeniu. Prąd można regulować za pomocą potencjometru, który reguluje napięcie wejściowe wzmacniacza operacyjnego. Na kolektorze tranzystora podłączone jest obciążenie, którego maksymalna wartość zależy od parametrów układu – napięcia zasilania, rezystancji pomiarowej i zadanego prądu na wyjściu układu.

Parametry układu wyliczano na podstawie wzorów:

$$U_{20mA} = R_{pom} \cdot 20mA, \quad U_{4mA} = R_{pom} \cdot 4mA$$

Wartości rezystorów R2 i R3 obliczano dla przyjętej wartości prądu sterowania $I = 1mA$:

$$R_2 = \frac{24V - U_{20mA}}{1mA}$$

$$R_{pot} = \frac{U_{20mA} - U_{4mA}}{1mA}$$

$$R_3 = \frac{U_{4mA}}{1mA}$$

Wartości Robc:

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - U_{ce} - R_{pom} \cdot 4mA}{4mA}$$

$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - U_{ce} - R_{pom} \cdot 20mA}{20mA}$$

2.1. $R_{pom} = 50\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 50\Omega \cdot 20mA = 1V, U_{4mA} = 50\Omega \cdot 4mA = 0.2V$$

$$R_2 = \frac{24V - 1V}{1mA} = 23k\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{1V - 0.2V}{1mA} = 800\Omega$$

$$R_3 = \frac{0.2V}{1mA} = 200\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 50\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5924\Omega$$

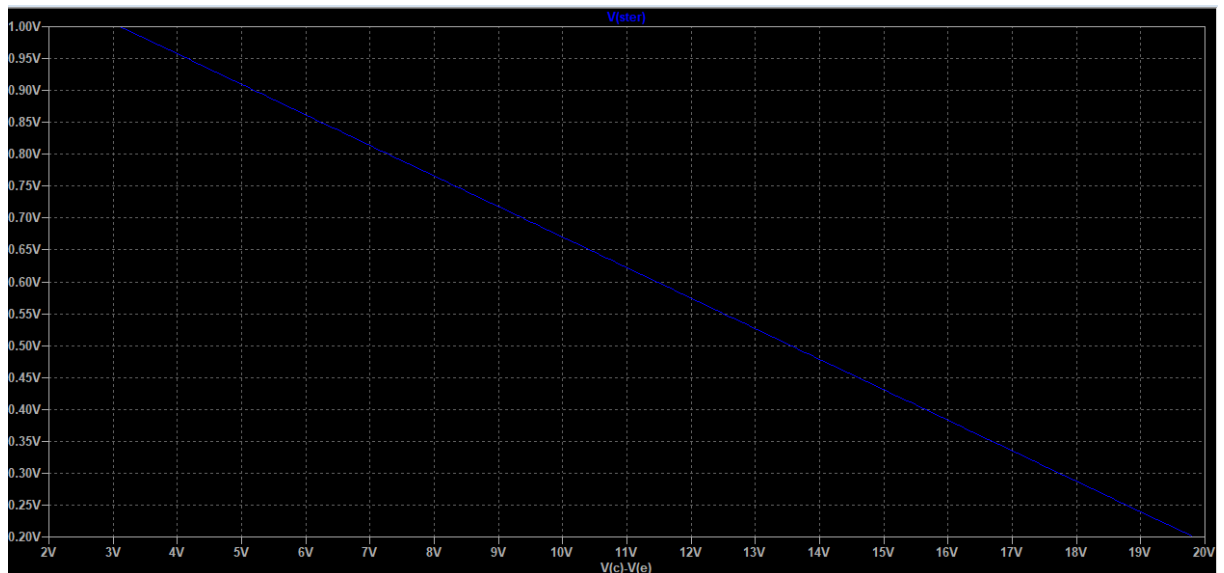
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 50\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1145\Omega$$

Obliczone dane:

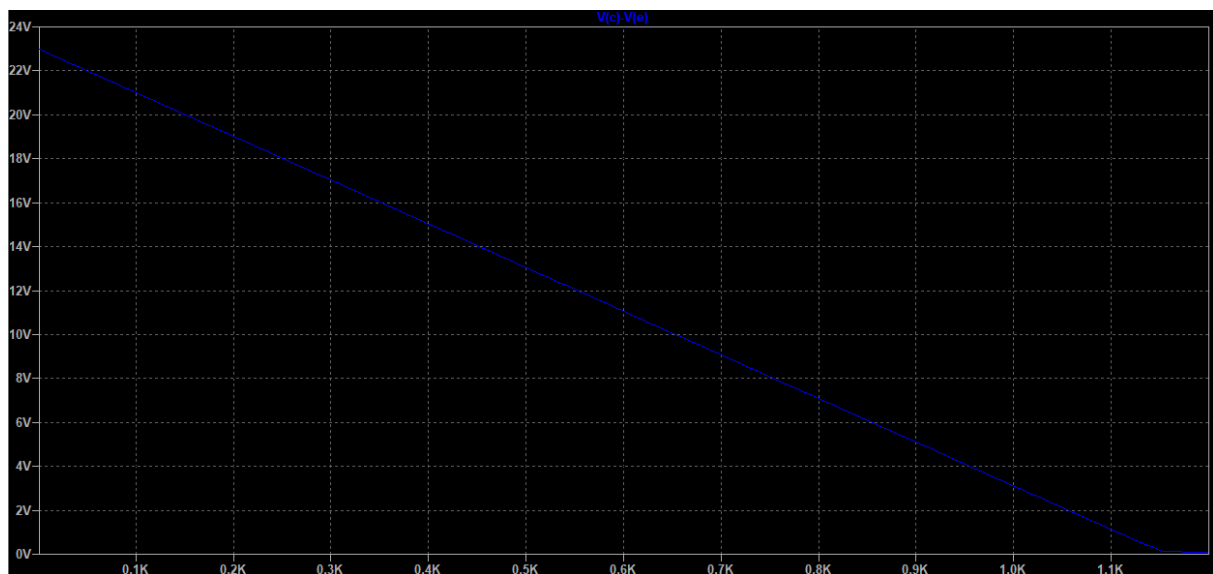
$$U_{4mA} = 0.2V, U_{20mA} = 1V,$$

$$R_2 = 23k\Omega, R_{pot} = 800\Omega, R_3 = 200\Omega,$$

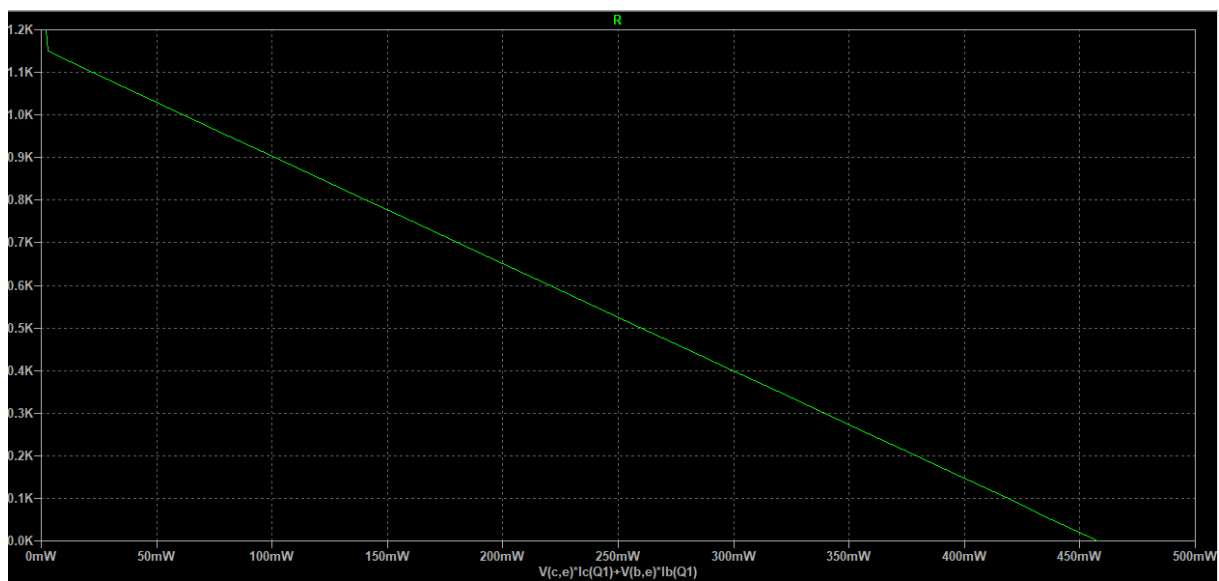
$$R_{obc_{max}} = 5925\Omega, R_{obc_{min}} = 1145\Omega$$



Rysunek 1 Uster(U_{ce}) dla $R_{obc} = 1000$



Rysunek 2 $U_{ce}(I_{bc})$, $I = 20\text{mA}$



Rysunek 3 $R_{bc}(P_{diss})$, $I = 20\text{mA}$

2.2. $R_{pom} = 100\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 100\Omega \cdot 20mA = 2V, U_{4mA} = 100\Omega \cdot 4mA = 0.4V$$

$$R_2 = \frac{24V - 2V}{1mA} = 22k\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{2V - 0.4V}{1mA} = 1.6k\Omega$$

$$R_3 = \frac{0.4V}{1mA} = 400\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 100\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5875\Omega$$

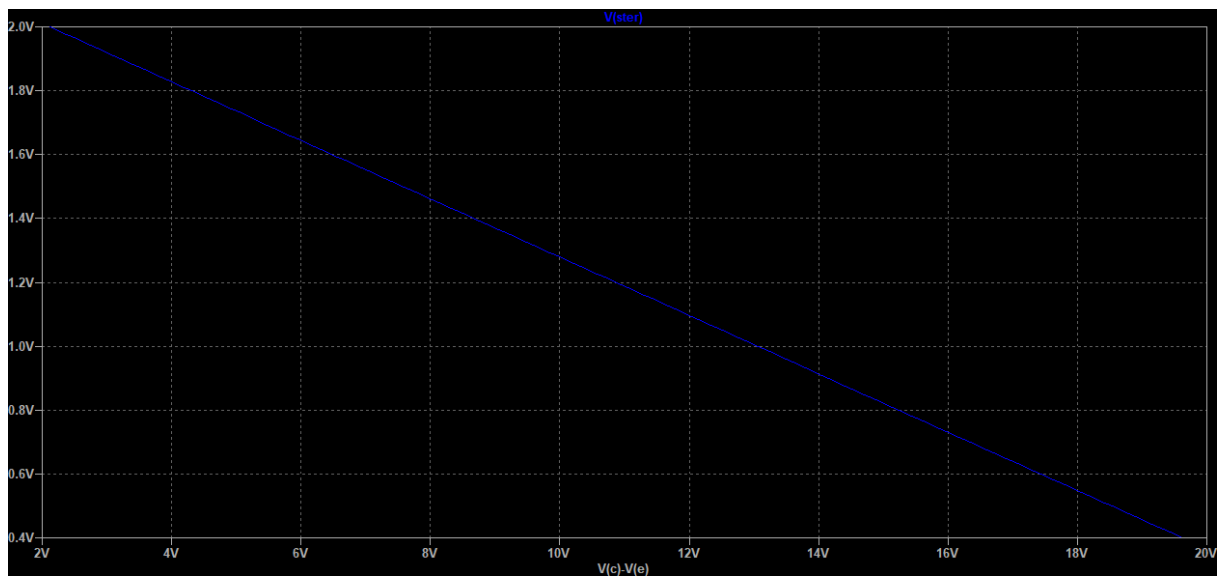
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 100\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1095\Omega$$

Obliczone dane:

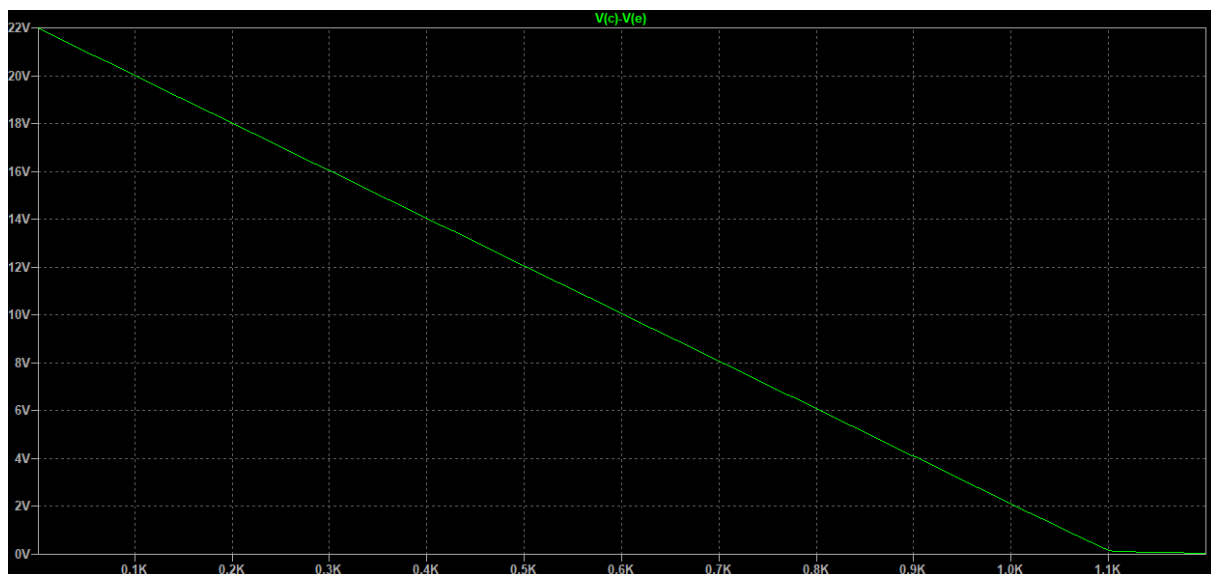
$$U_{4mA} = 0.4V, U_{20mA} = 2V,$$

$$R_2 = 22k\Omega, R_{pot} = 1.6k\Omega, R_3 = 400\Omega,$$

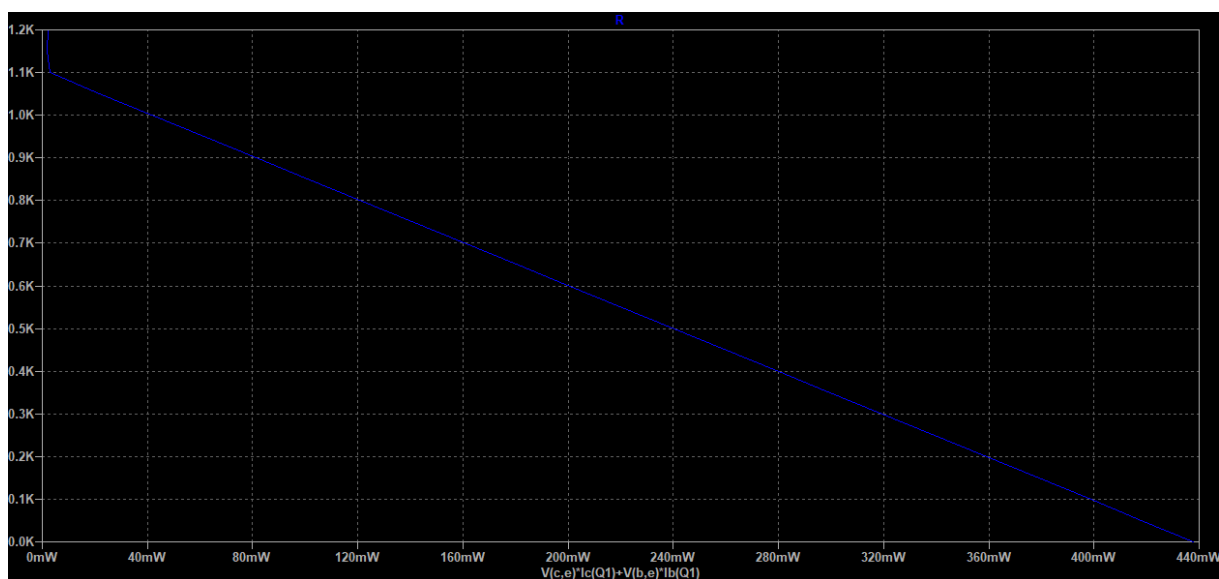
$$R_{obc_{max}} = 5875\Omega, R_{obc_{min}} = 1095\Omega$$



Rysunek 4 Uster(U_{ce}) $R_{obc} = 1000$



Rysunek 5 $U_{ce}(R_{obc})$, $I = 20mA$



Rysunek 6 $R_{obc}(P_{diss})$, $I = 20mA$

2.3. $R_{pom} = 200\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 200\Omega \cdot 20mA = 4V, U_{4mA} = 200\Omega \cdot 4mA = 0.8V$$

$$R_2 = \frac{24V - 4V}{1mA} = 20k\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{4V - 0.8V}{1mA} = 3.2k\Omega$$

$$R_3 = \frac{0.8V}{1mA} = 800\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5725\Omega$$

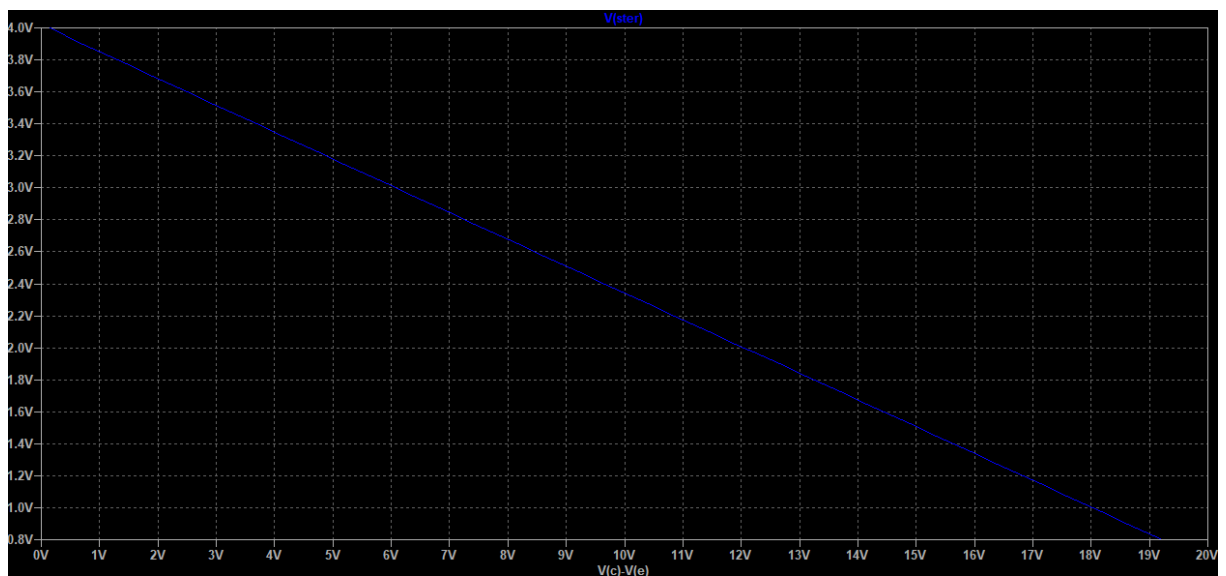
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 995\Omega$$

Obliczone dane:

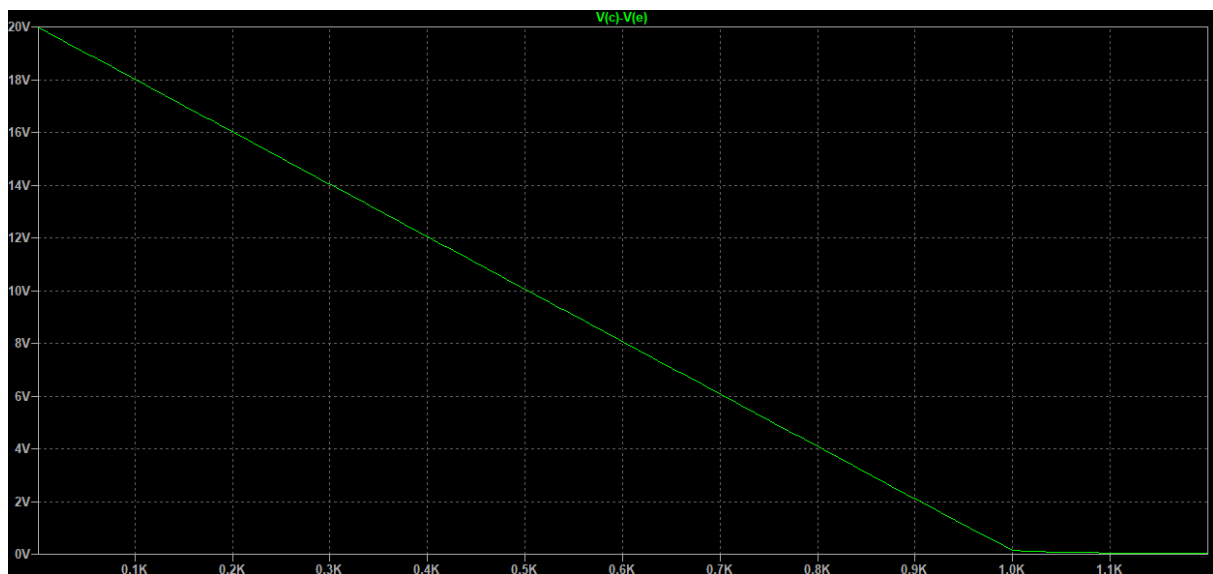
$$U_{4mA} = 0.8V, U_{20mA} = 4V,$$

$$R_2 = 20k\Omega, R_{pot} = 3.2k\Omega, R_3 = 800\Omega,$$

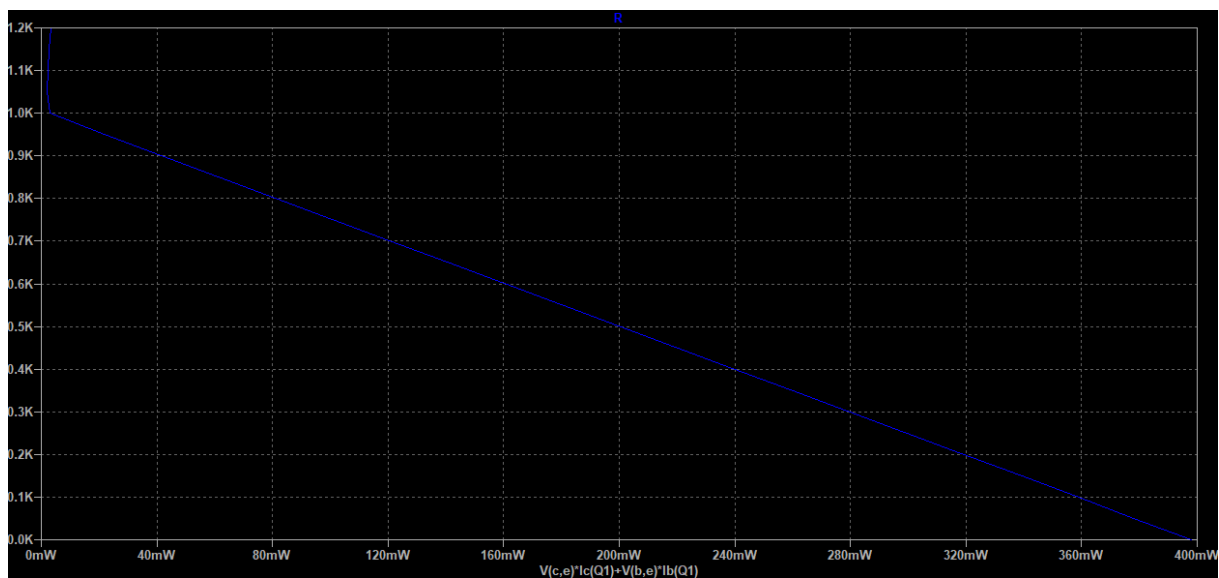
$$R_{obc_{max}} = 5725\Omega, R_{obc_{min}} = 995\Omega$$



Rysunek 7 Uster(U_{ce}) dla $R_{obc} = 1000$

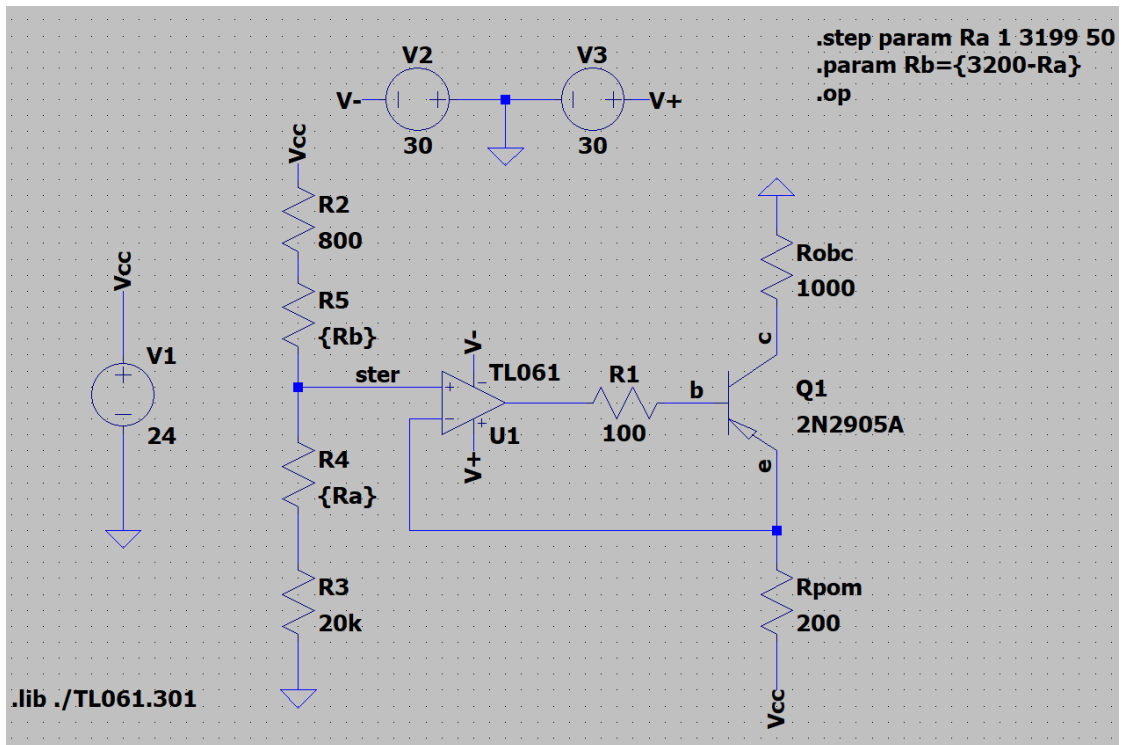


Rysunek 8 $U_{ce}(I_{cQ1})$, $I = 20mA$



Rysunek 9 $P_{diss}(I_{cQ1})$, $I = 20mA$

3. Moduł 4-20mA na tranzystorze PNP



Powyższy układ jest bardzo podobny do wykorzystującego tranzystor NPN. Poza typem tranzystora układy różnią się jedynie polaryzacją zasilania na wejściu i wyjściu modułu – jest ona odwrócona.

Parametry układu wyliczono na podstawie wzorów:

$$U_{20mA} = 24 - R_{pom} \cdot 20mA, \quad U_{4mA} = 24 - R_{pom} \cdot 4mA$$

Wartości rezystorów R2 i R3 obliczano dla przyjętej wartości prądu sterowania $I = 1mA$:

$$R_2 = \frac{24V - U_{max}}{1mA}$$

$$R_{pot} = \frac{U_{max} - U_{min}}{1mA}$$

$$R_3 = \frac{U_{min}}{1mA}$$

Wartości Robc:

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - U_{ce} - R_{pom} \cdot 4mA}{4mA}$$

$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - U_{ce} - R_{pom} \cdot 20mA}{20mA}$$

3.1. $R_{pom} = 50\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 24 - 50\Omega \cdot 20mA = 23V, U_{4mA} = 24 - R_{pom} \cdot 4mA = 23.8V$$

$$R_2 = \frac{24V - 23.8V}{1mA} = 200\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{23.8V - 23V}{1mA} = 800\Omega$$

$$R_3 = \frac{23V}{1mA} = 23k\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 50\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5924\Omega$$

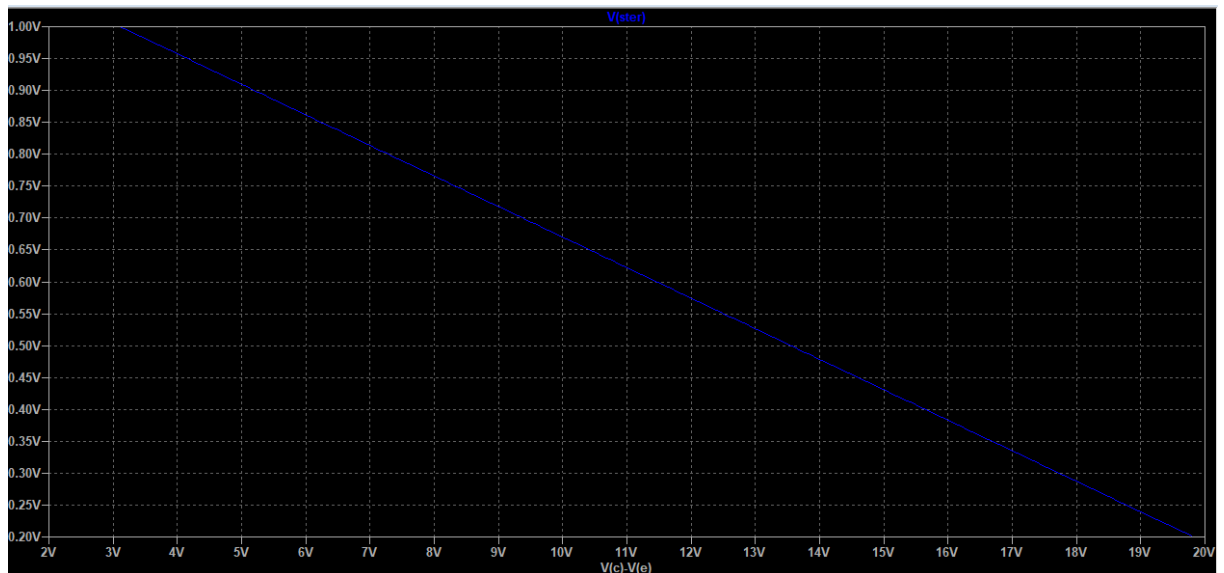
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 50\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1145\Omega$$

Obliczone dane:

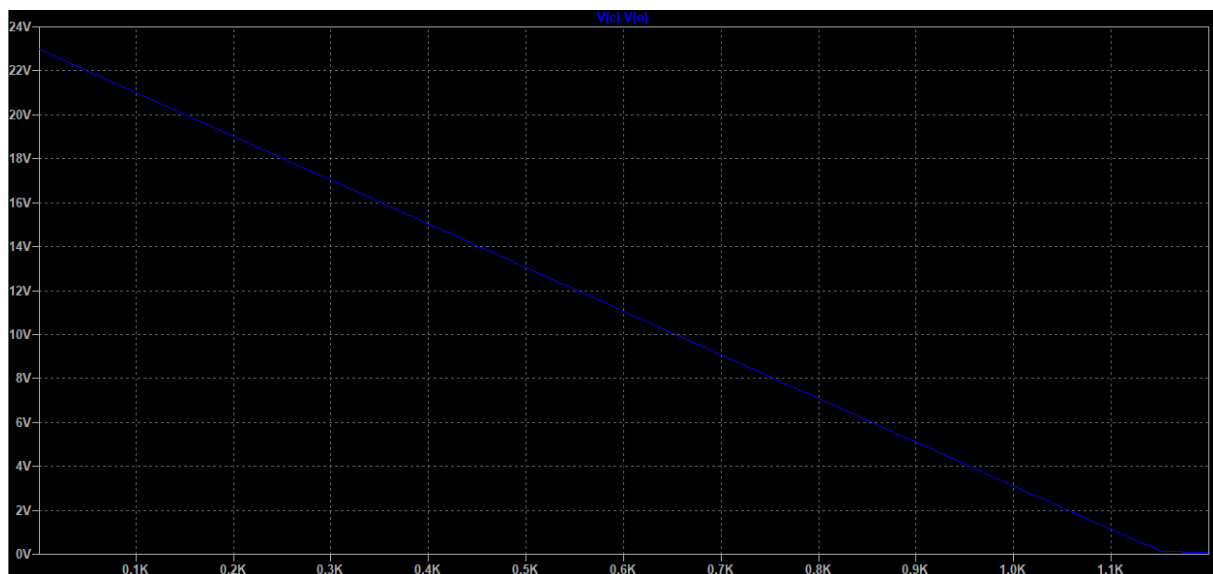
$$U_{4mA} = 0.2V, U_{20mA} = 1V,$$

$$R_2 = 23k\Omega, R_{pot} = 800\Omega, R_3 = 200\Omega,$$

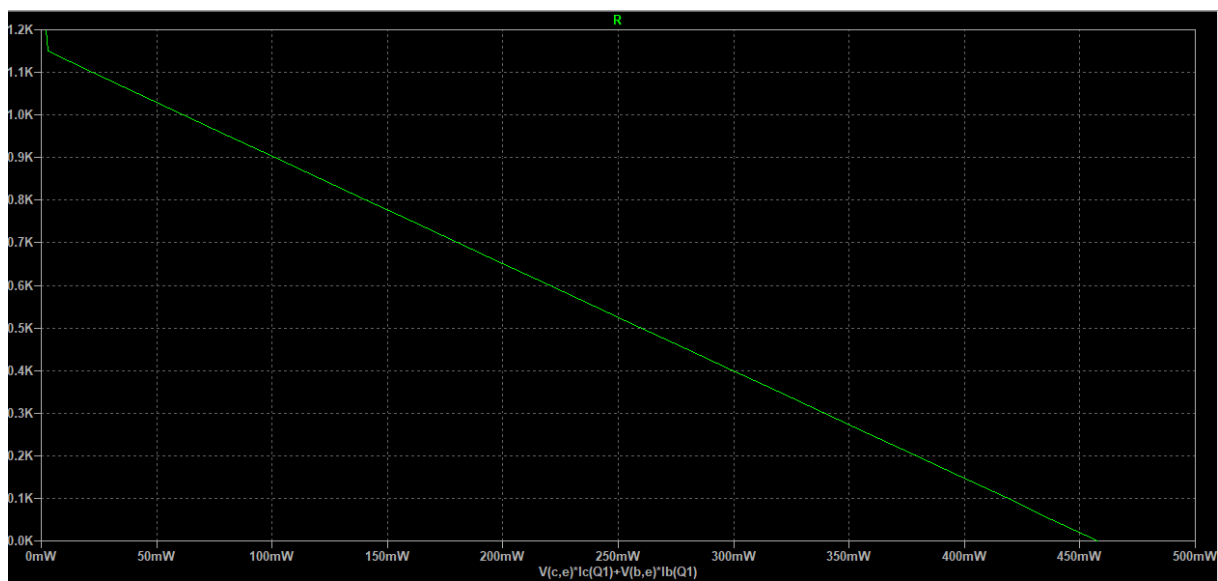
$$R_{obc_{max}} = 5925\Omega, R_{obc_{min}} = 1145\Omega$$



Rysunek 10 Uster(U_{ce}) dla $R_{obc} = 1000$



Rysunek 11 $U_{ce}(R_{obc})$, $I = 20mA$



Rysunek 12 $R_{obc}(P_{diss})$, $I = 20mA$

3.2. $R_{pom} = 100\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 24 - 100\Omega \cdot 20mA = 22V, U_{4mA} = 24 - 100\Omega \cdot 4mA = 23.6V$$

$$R_2 = \frac{24V - 23.6V}{1mA} = 400\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{23.6V - 22V}{1mA} = 1.6k\Omega$$

$$R_3 = \frac{22V}{1mA} = 22k\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 100\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5875\Omega$$

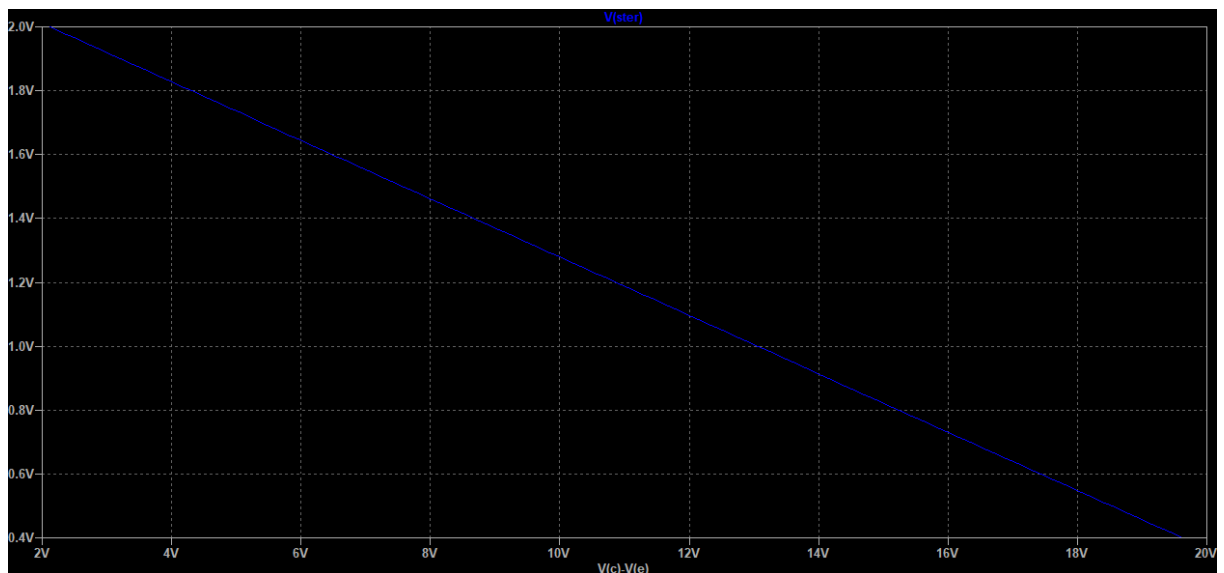
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 100\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1095\Omega$$

Obliczone dane:

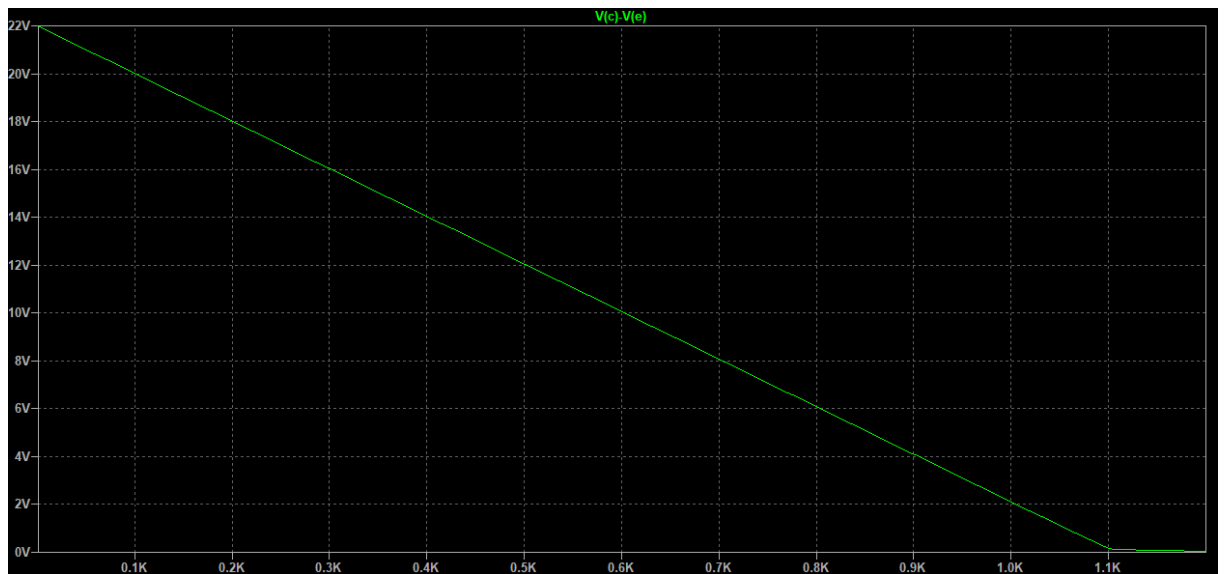
$$U_{4mA} = 0.4V, U_{20mA} = 2V,$$

$$R_2 = 22k\Omega, R_{pot} = 1.6k\Omega, R_3 = 400\Omega,$$

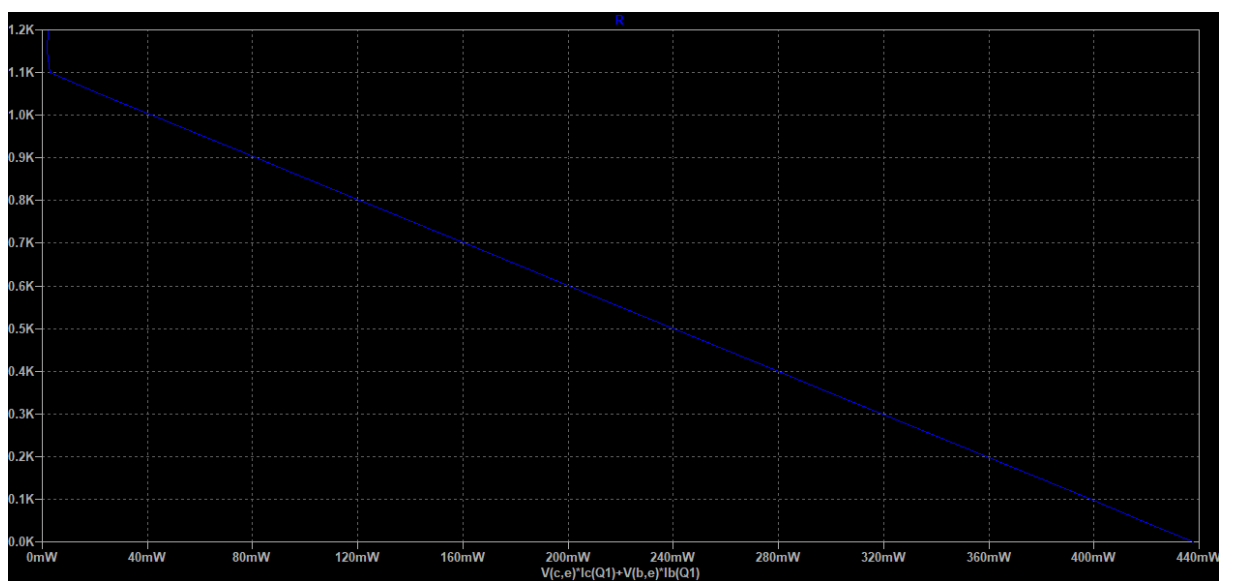
$$R_{obc_{max}} = 5875\Omega, R_{obc_{min}} = 1095\Omega$$



Rysunek 13 Uster(Uce) Robc =1000



Rysunek 14 $U_{ce}(R_{obc})$, $I = 20\text{mA}$



Rysunek 15 $R_{obc}(P_{diss})$, $I = 20\text{mA}$

3.3. $R_{pom} = 200\Omega$

Obliczenia:

$$U_{20mA} = 24 - 200\Omega \cdot 20mA = 20V, U_{4mA} = 24 - 200\Omega \cdot 4mA = 23.2V$$

$$R_2 = \frac{24V - 23.2V}{1mA} = 800\Omega$$

$$R_{pot} = \frac{23.2V - 20V}{1mA} = 3.2k\Omega$$

$$R_3 = \frac{20V}{1mA} = 2000\Omega$$

$$R_{MAX_{4mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 4mA}{4mA} = 5725\Omega$$

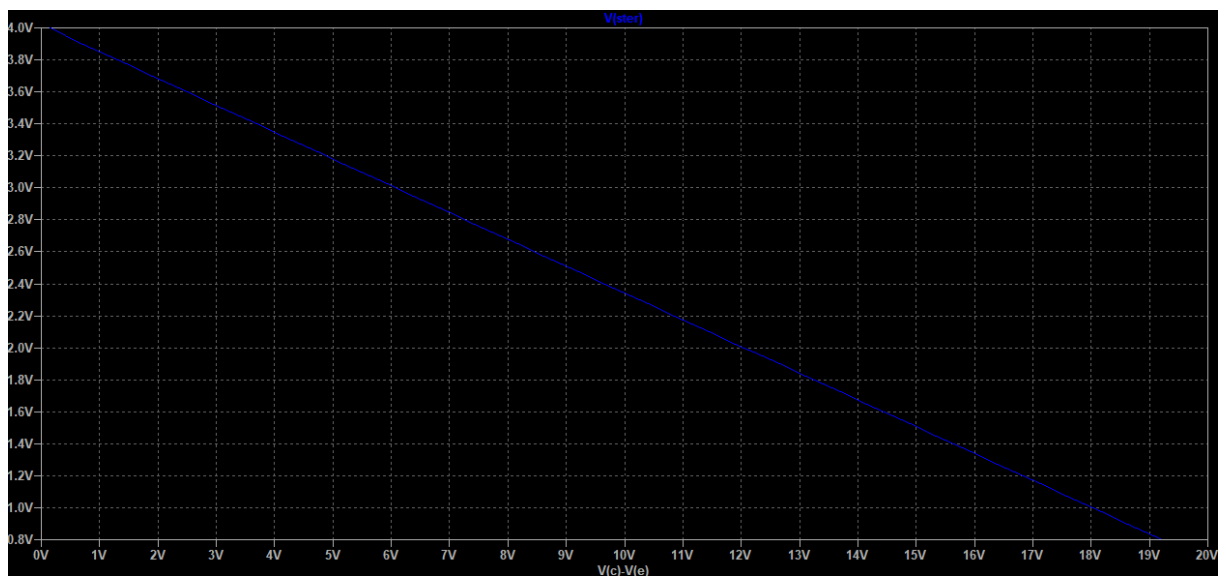
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 995\Omega$$

Obliczone dane:

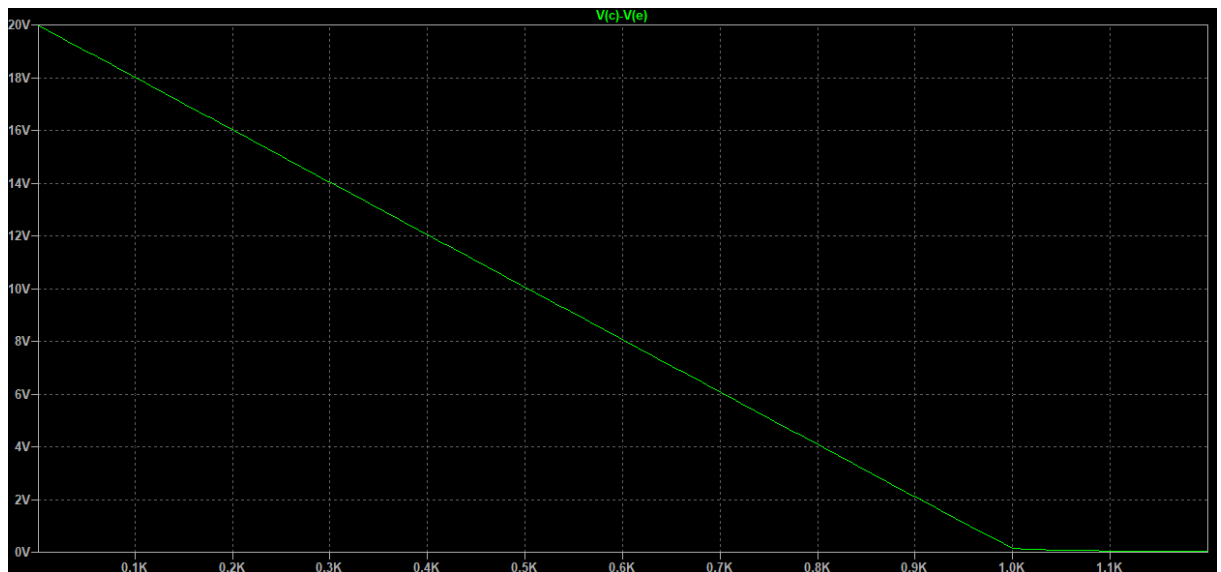
$$U_{4mA} = 0.8V, U_{20mA} = 4V,$$

$$R_2 = 20k\Omega, R_{pot} = 3.2k\Omega, R_3 = 800\Omega,$$

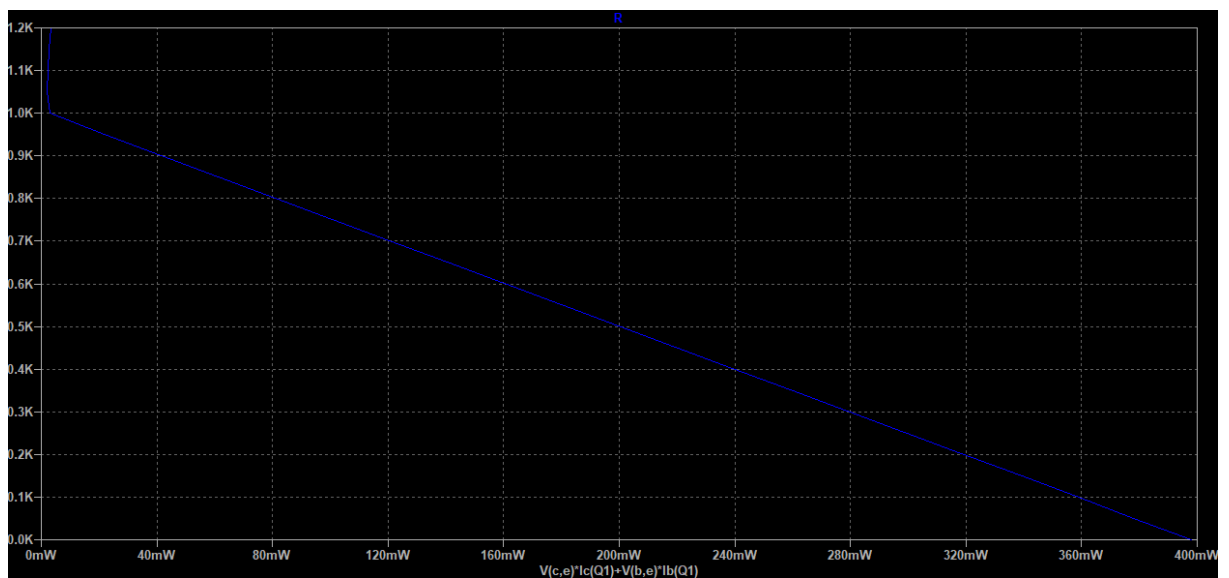
$$R_{obc_{max}} = 5725\Omega, R_{obc_{min}} = 995\Omega$$



Rysunek 16 Uster(U_{ce}) dla $R_{obc} = 1000$



Rysunek 17 $U_{ce}(R_{obc})$, $I = 20mA$



Rysunek 18 $R_{obc}(P_{diss})$, $I = 20mA$

4. Wnioski

Badane układy pozwalają na proste regulowanie wartości natężenia prądu na wyjściu. Można zauważyć, że układy wykorzystujące tranzystory PNP i NPN przyjmują te same wartości, jednak różnią się polaryzacją zasilania na wejściu i wyjściu układu. Napięcie sterowania zależy od rezystancji pomiarowej. Wraz ze zmianą napięcia sterującego, zmienia się napięcie kolektor-emiter na tranzystorze. Rezystancja obciążenia liniowo wpływa na napięcie kolektor-emiter.