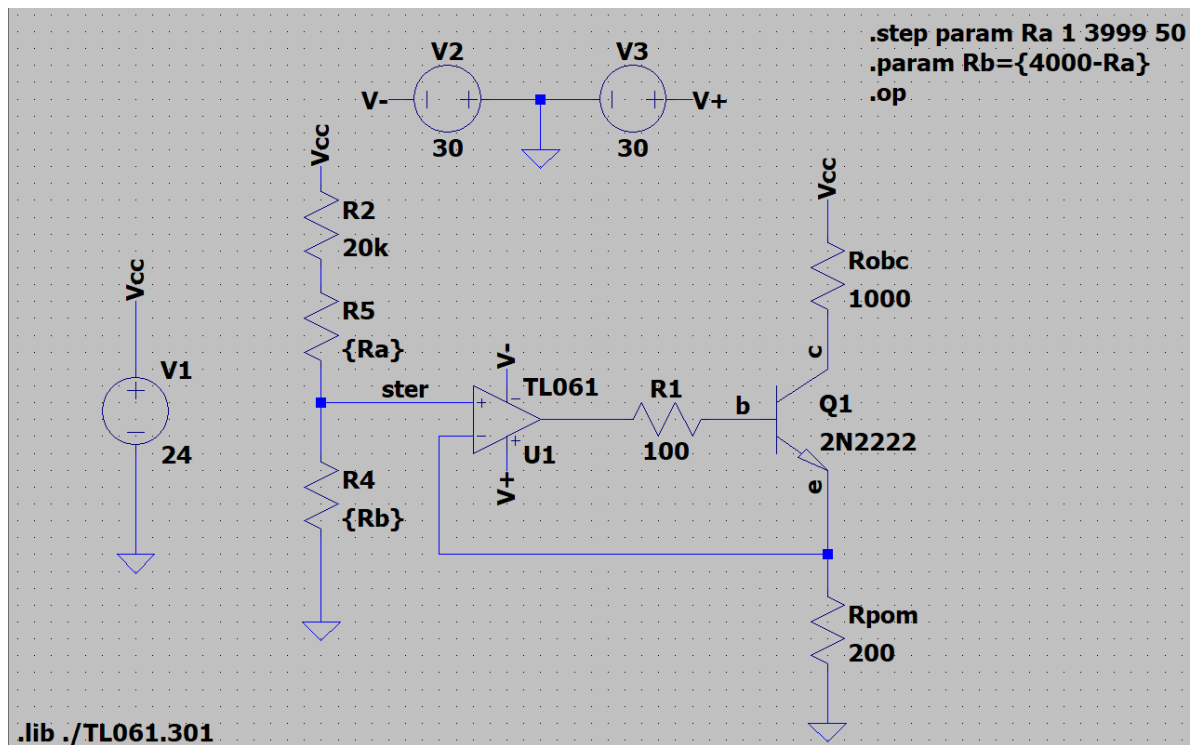


Sprawozdanie 3

1. Zadanie do wykonania

Opisać schemat, policzyć, wyznaczyć parametry i przesymulować układ 0..20mA dla wybranych 3 wartości R_{pom} i dla nich określić : max wartość R_{obc} dla $I=0..20mA$, 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 0..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.

Jak można zauważyć moduł jest bardzo podobny do układu 4..20mA, a jedyną różnicą jest brak rezystora przy masie na wejściu układu. Jego brak pozwala uzyskać dolny zakres napięcia równy 0.

Parametry układu wyliczano na podstawie wzorów:

$$U_{\min} = R_{pom} \cdot 0mA = 0$$

$$U_{\max} = R_{pom} \cdot 20mA$$

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

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

$$R_{pot} = \frac{U_{20mA} - U_{4mA}}{1mA} = \frac{U_{\max} - 0}{1mA} = \frac{U_{\max}}{1mA}$$

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:

$$U_{\max} = 50\Omega \cdot 20mA = 1V$$

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

$$R_{pot} = \frac{1V}{1mA} = 1k\Omega$$

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

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

Obliczone dane:

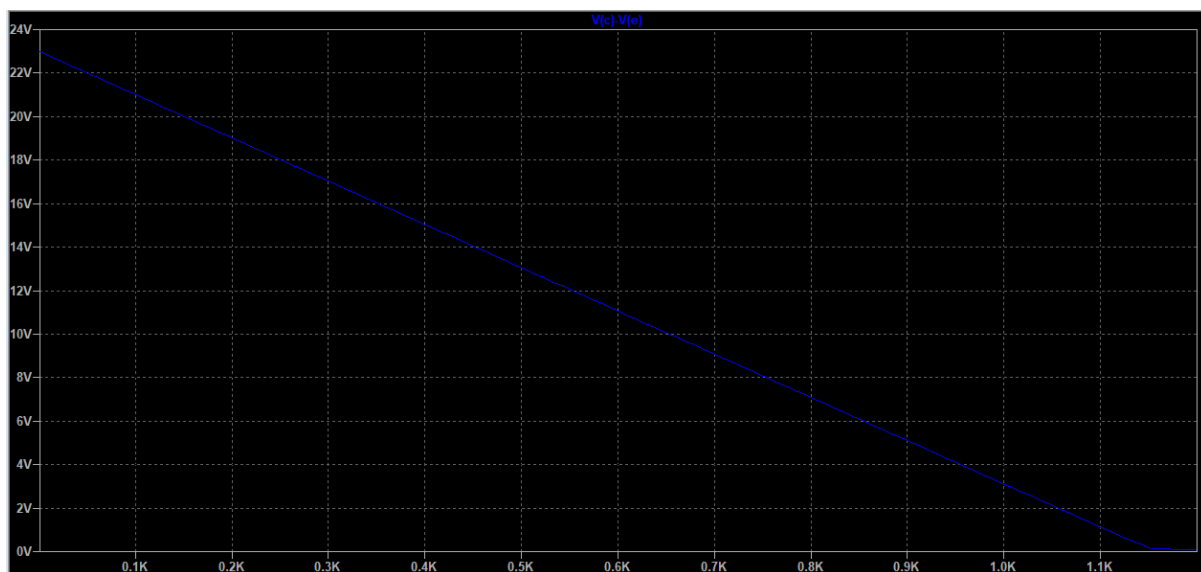
$$U_{\max} = 1V,$$

$$R_2 = 23k\Omega, R_{pot} = 1k\Omega$$

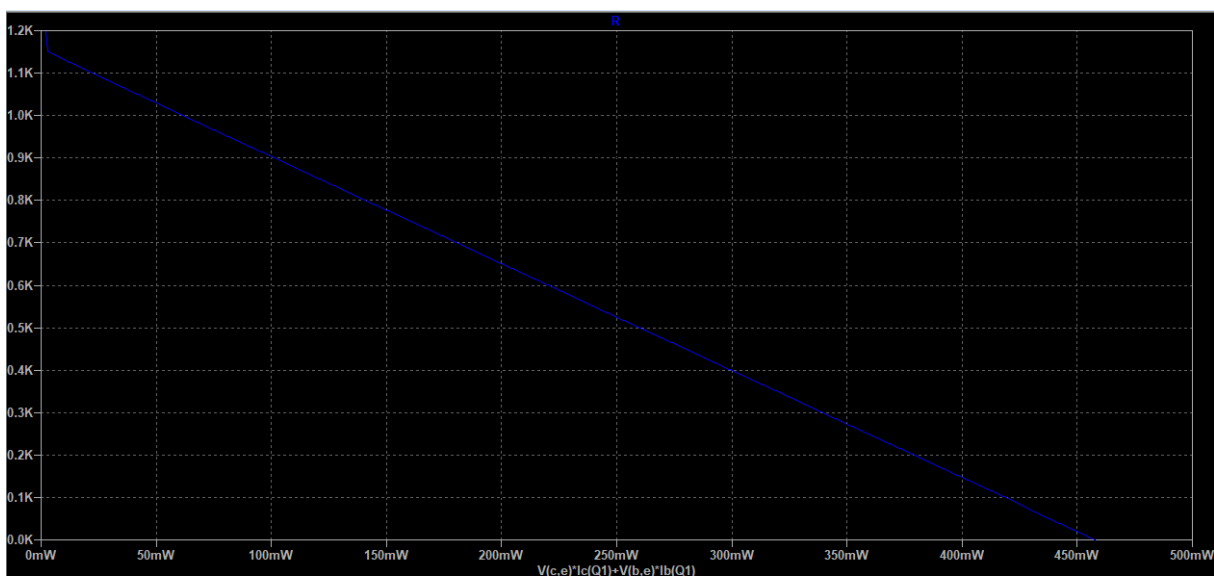
$$R_{MAX_{4mA}} = 5925\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 1145\Omega$$



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



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



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

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

Obliczenia:

$$U_{\max} = 100\Omega \cdot 20mA = 2V$$

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

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

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

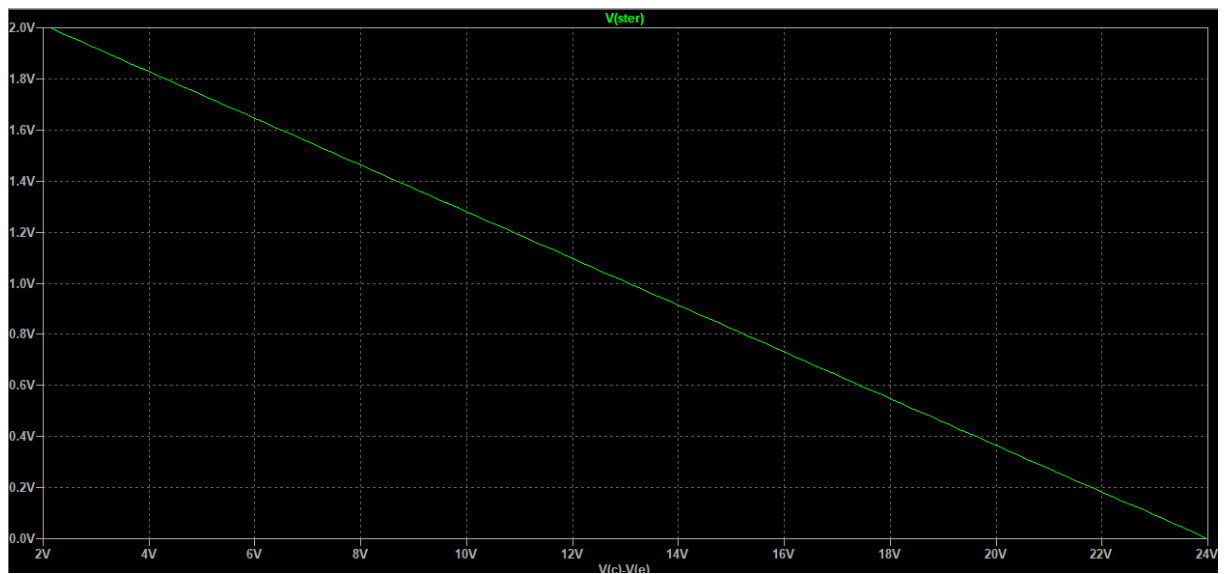
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 100\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1095\Omega$$

Obliczone dane:

$$U_{\max} = 2V,$$

$$R_2 = 22k\Omega, R_{pot} = 2k\Omega$$

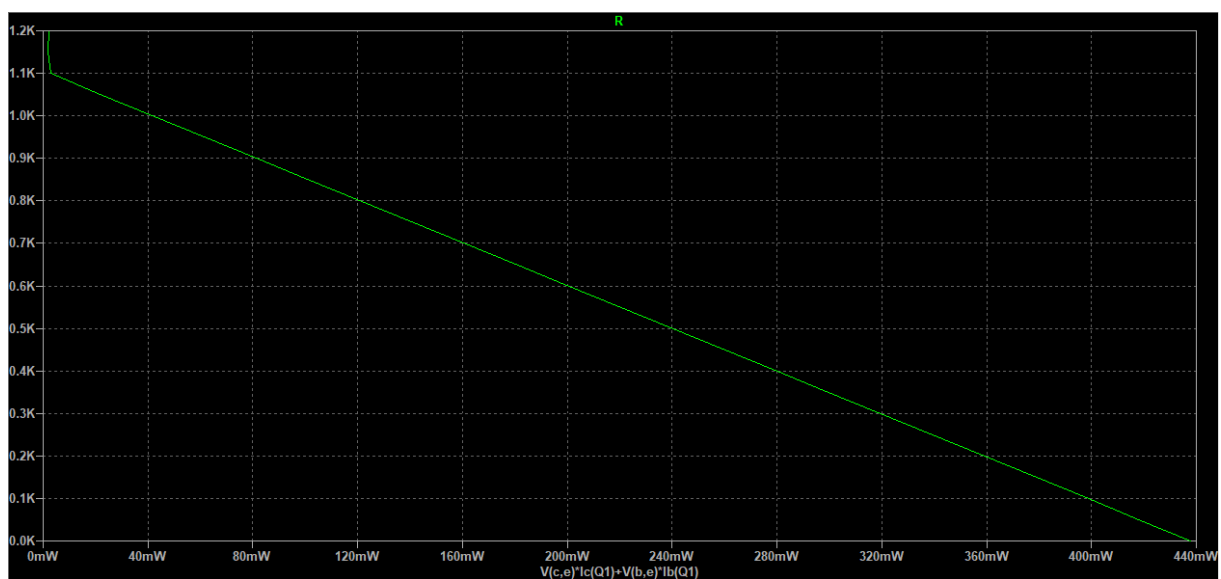
$$R_{MAX_{4mA}} = 5875\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 1095\Omega$$



Rysunek 4 $U_{ster}(U_{ce})$ $R_{obc} = 100\Omega$



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



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

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

Obliczenia:

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

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

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

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

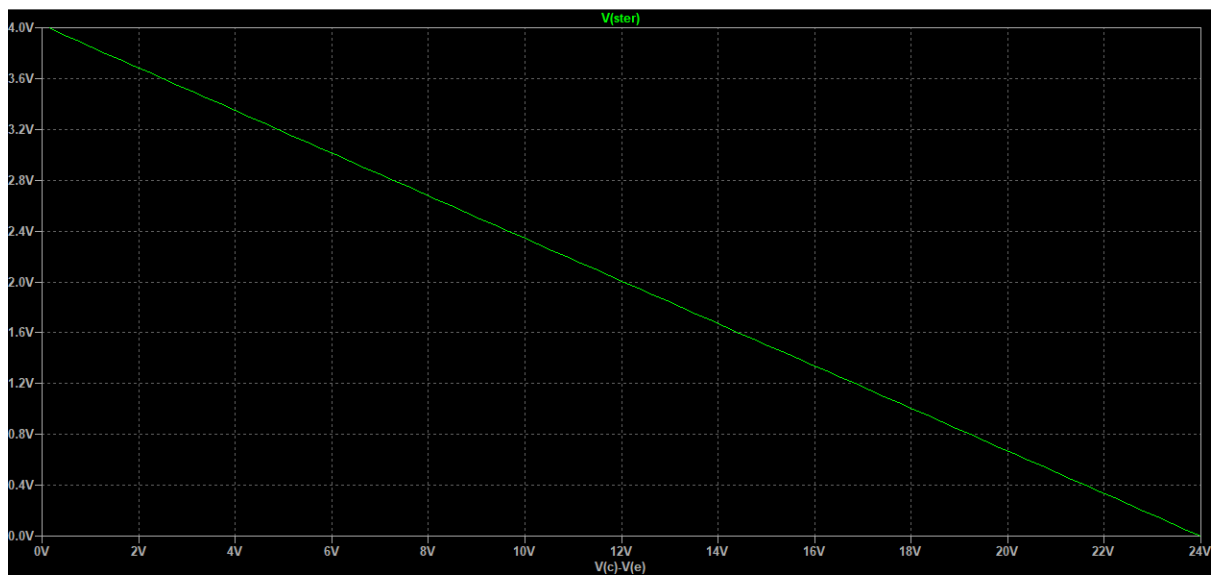
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 995\Omega$$

Obliczone dane:

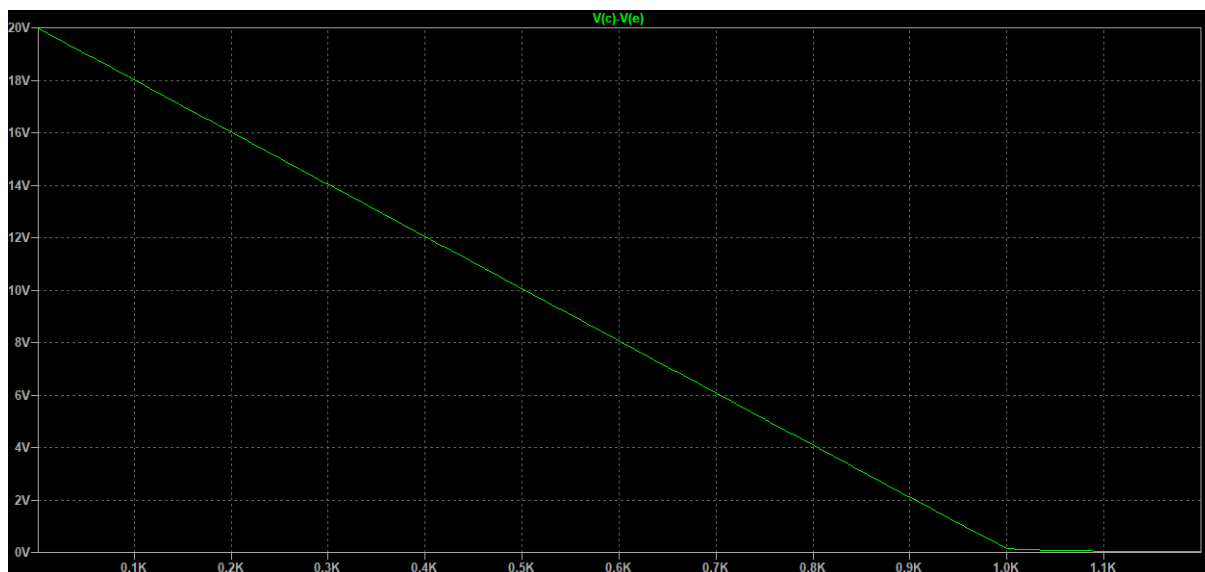
$$U_{\max} = 4V,$$

$$R_2 = 20k\Omega, R_{pot} = 4k\Omega$$

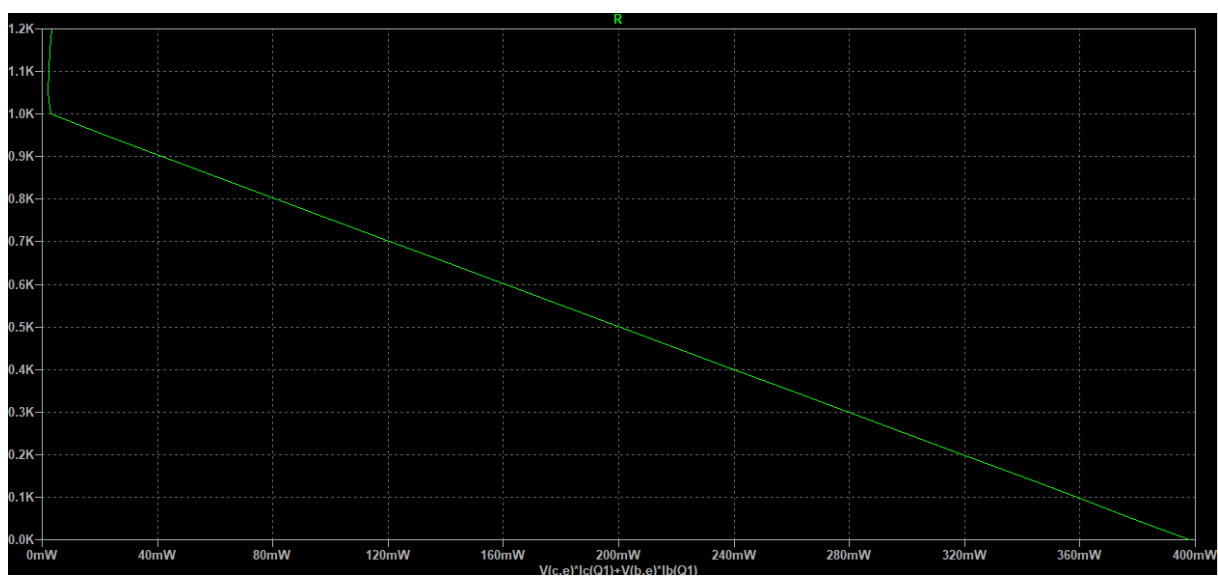
$$R_{MAX_{4mA}} = 5725\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 995\Omega$$



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

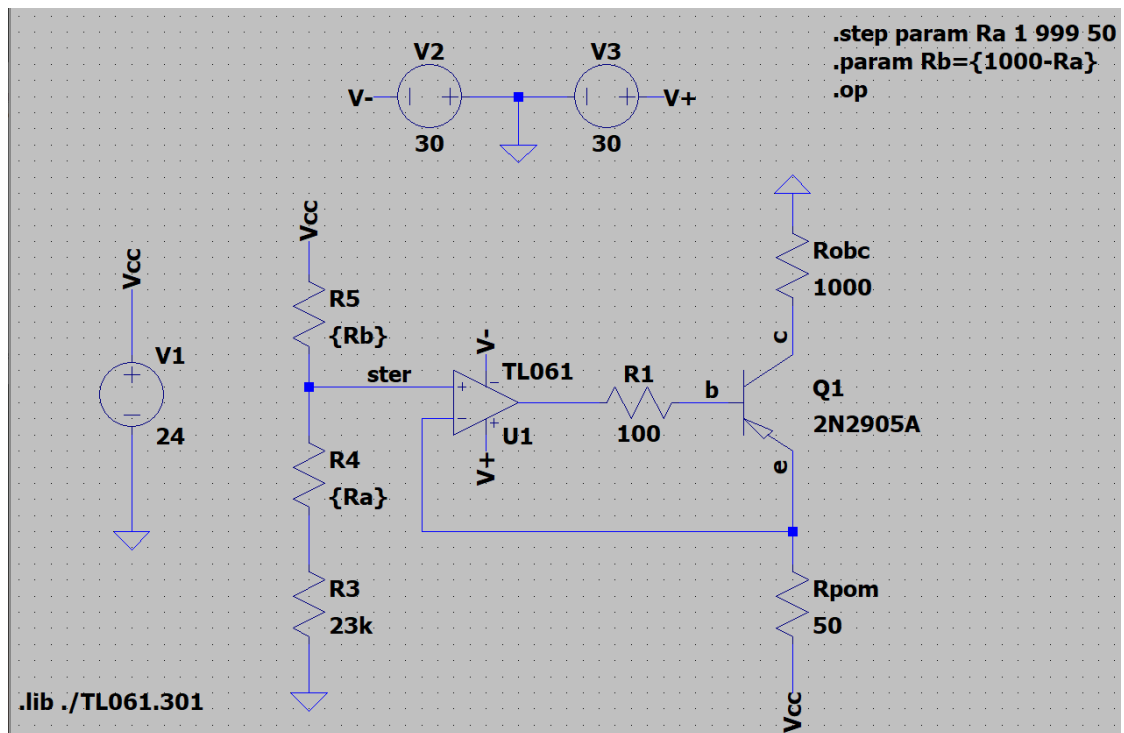


Rysunek 8 $U_{ce}(I_{bc})$, $I = 20mA$



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

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 wyliczano na podstawie wzorów:

$$U_{max} = 24 - R_{pom} \cdot 0mA = 24V$$

$$U_{min} = 24 - R_{pom} \cdot 20mA$$

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

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

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

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:

$$U_{20mA} = 24 - 50\Omega \cdot 20mA = 23V$$

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

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

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

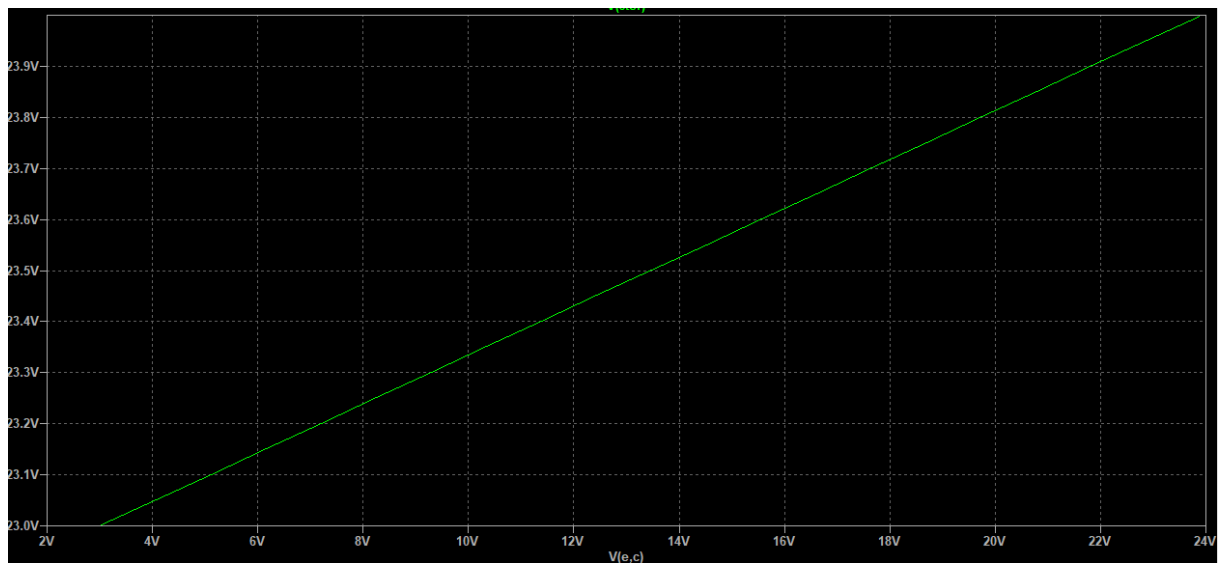
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 50\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 1145\Omega$$

Obliczone dane:

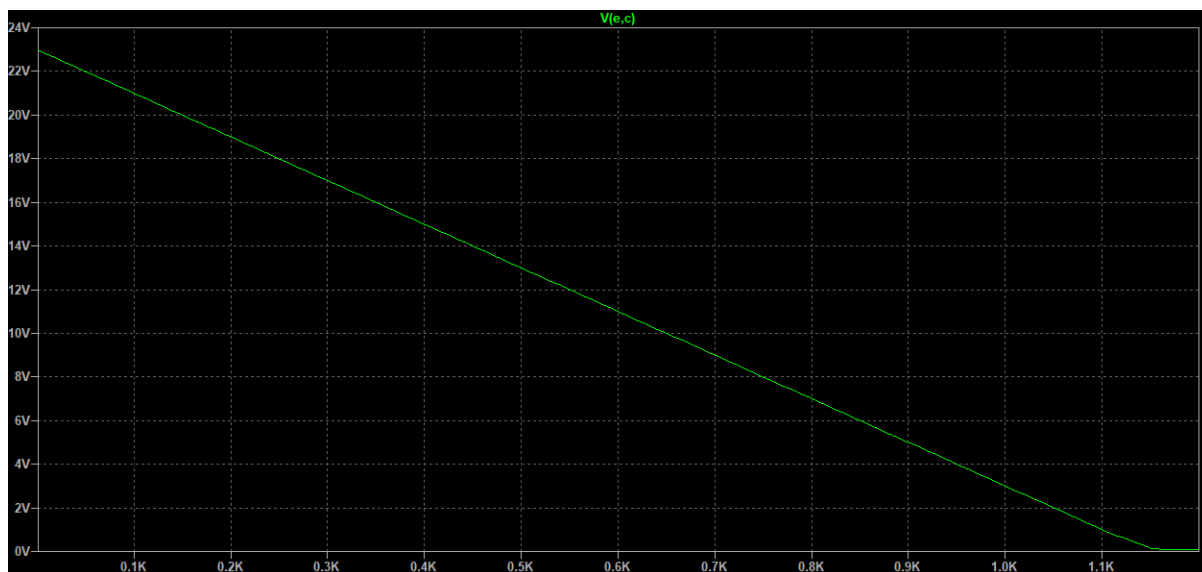
$$U_{20mA} = 23V,$$

$$R_2 = 23k\Omega, R_{pot} = 1k\Omega$$

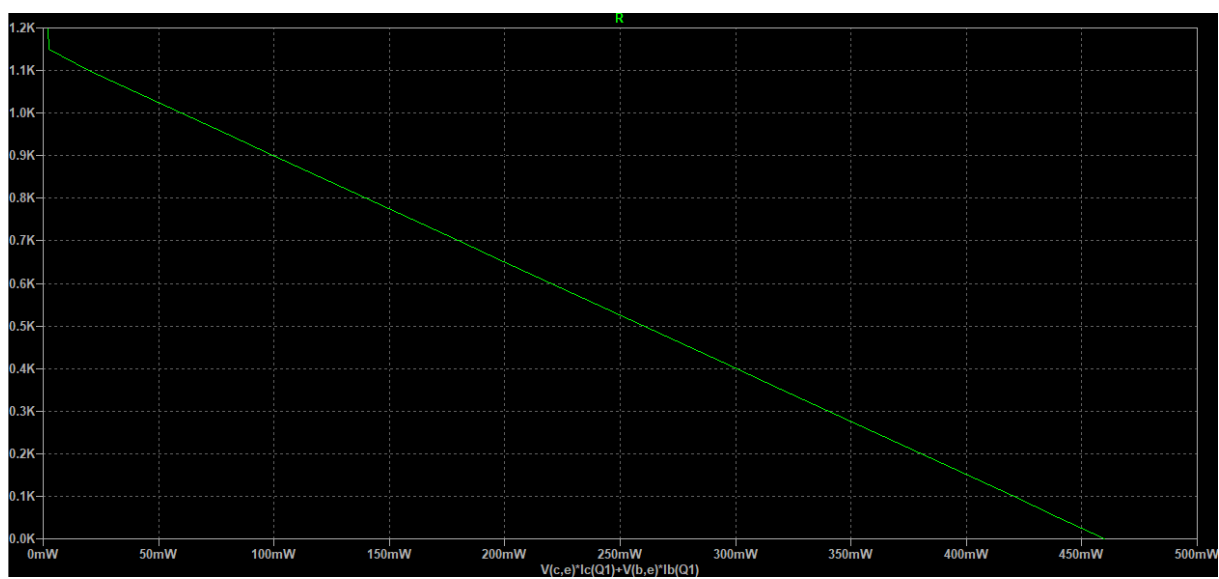
$$R_{MAX_{4mA}} = 5925\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 1145\Omega$$



Rysunek 10 Uster(Uce) dla Robc = 1000



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



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

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

Obliczenia:

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

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

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

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

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

Obliczone dane:

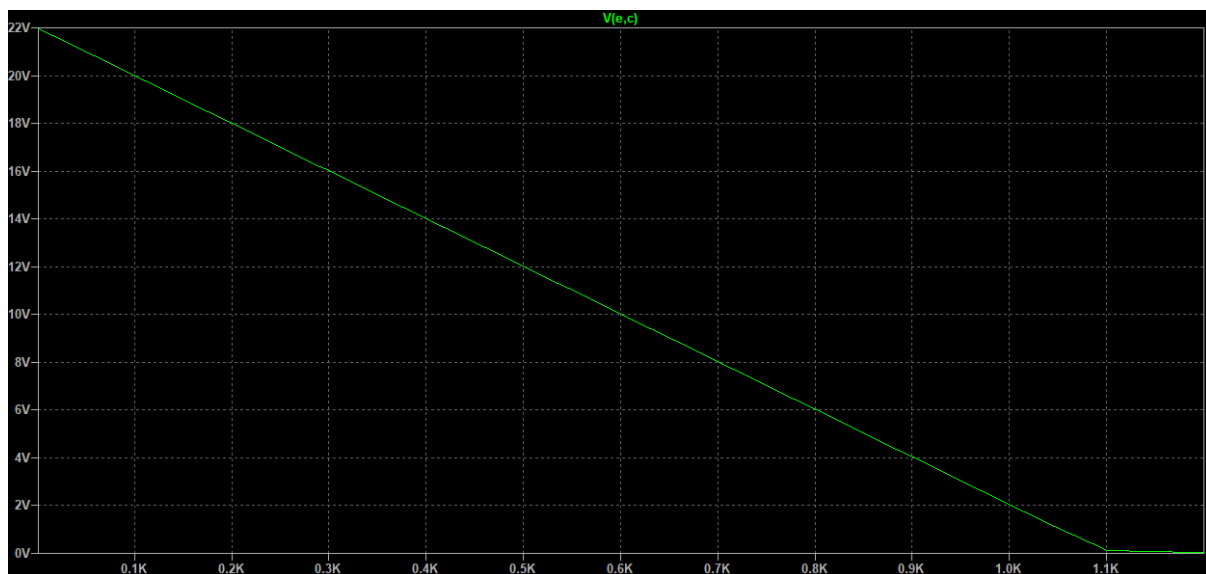
$$U_{20mA} = 22V,$$

$$R_2 = 22k\Omega, R_{pot} = 2k\Omega,$$

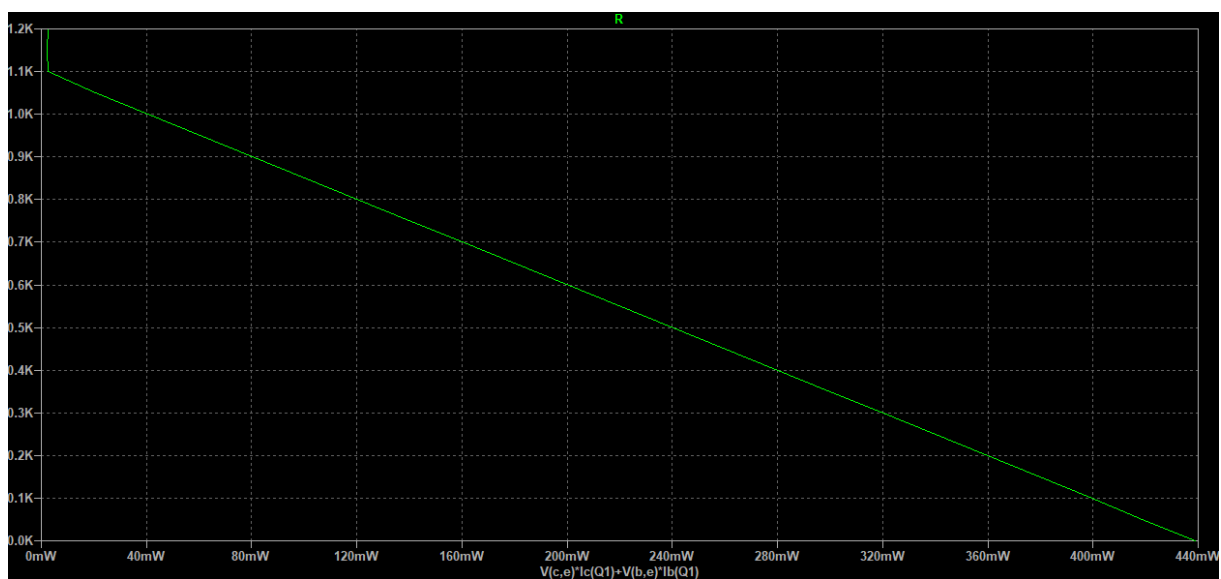
$$R_{MAX_{4mA}} = 5875\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 1095\Omega$$



Rysunek 13 Uster(U_{ce}) $R_{obc} = 1000$



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



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

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

Obliczenia:

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

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

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

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

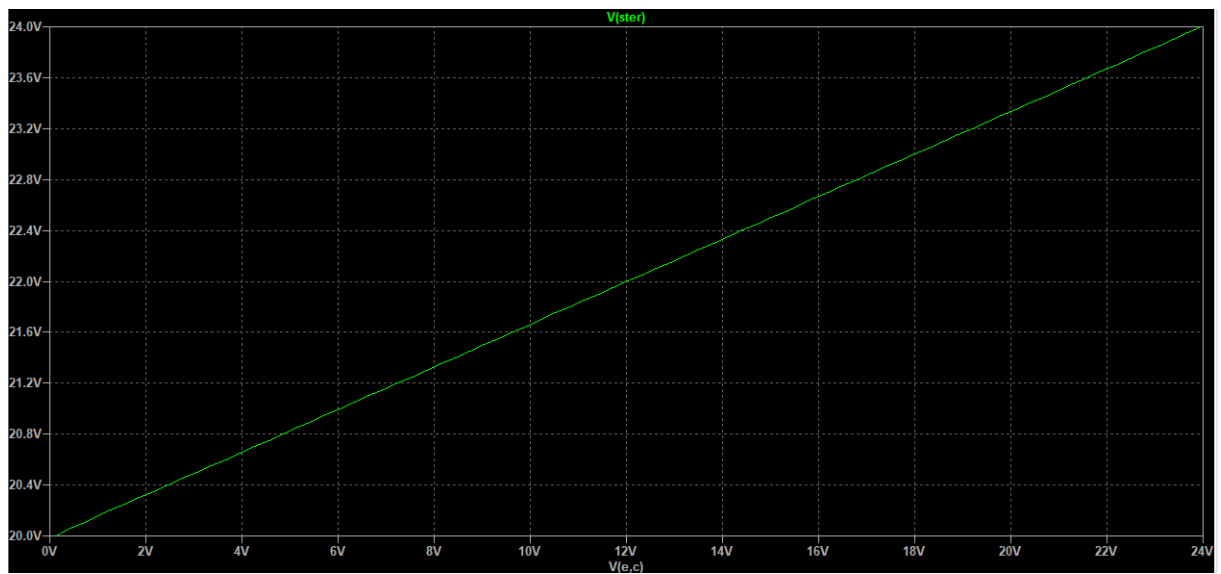
$$R_{MAX_{20mA}} = \frac{24V - 0.1V - 200\Omega \cdot 20mA}{20mA} = 995\Omega$$

Obliczone dane:

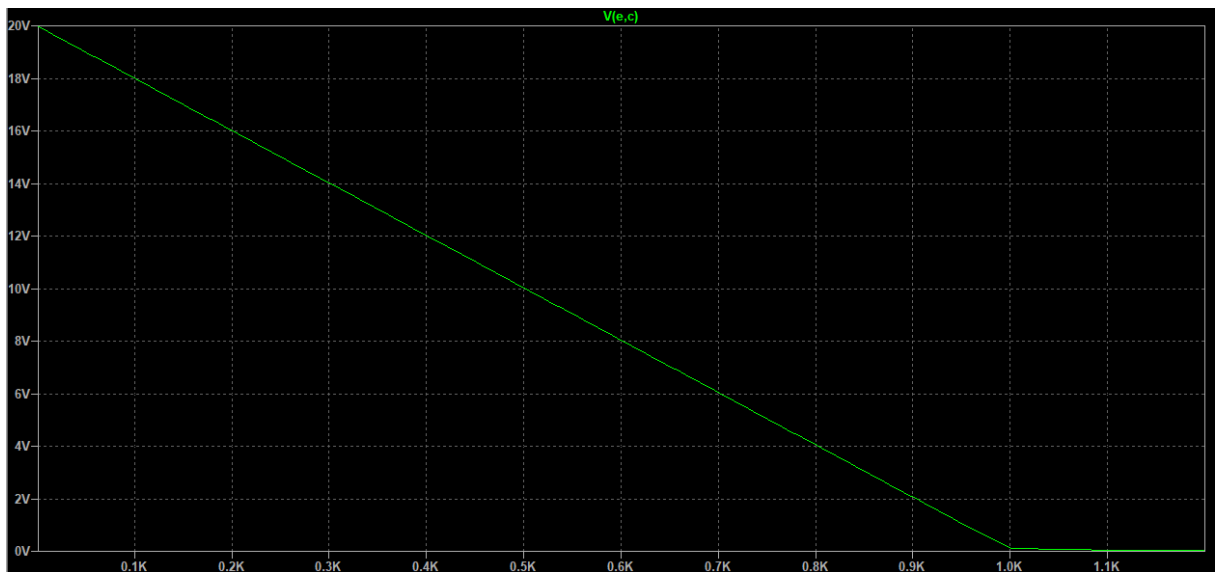
$$U_{20mA} = 4V,$$

$$R_2 = 20k\Omega, R_{pot} = 4k\Omega,$$

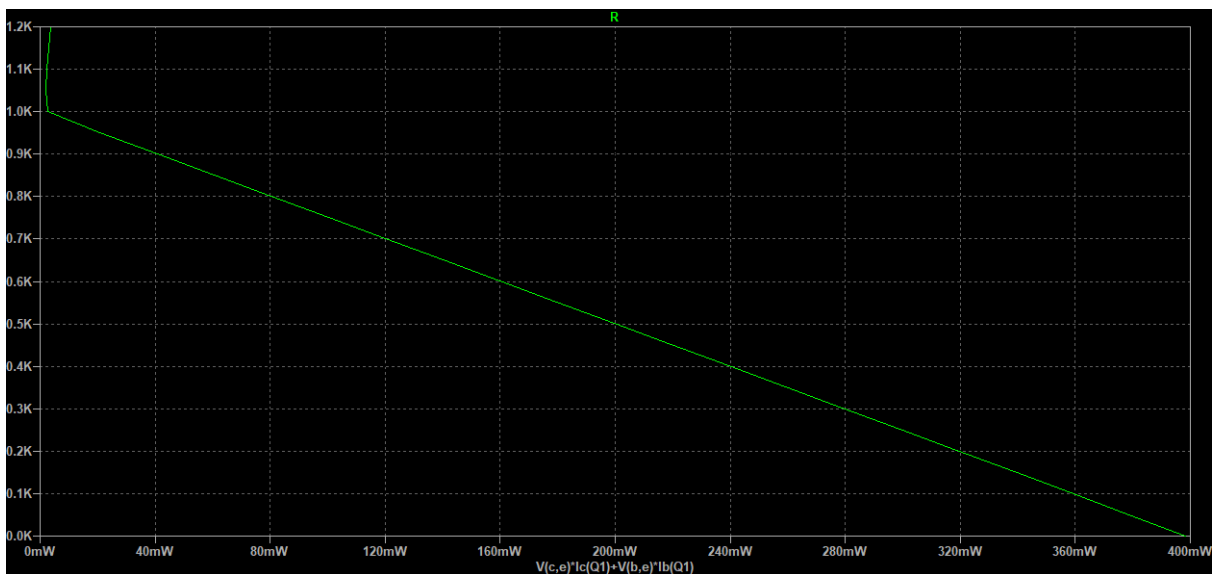
$$R_{MAX_{4mA}} = 5725\Omega, R_{MAX_{20mA}} = 995\Omega$$



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. Jak można zauważyć, układ bardzo przypomina moduł 4..20mA, nie tylko w wyglądzie, ale i zachowaniu, zwiększając jednak zakres nastaw prądu.