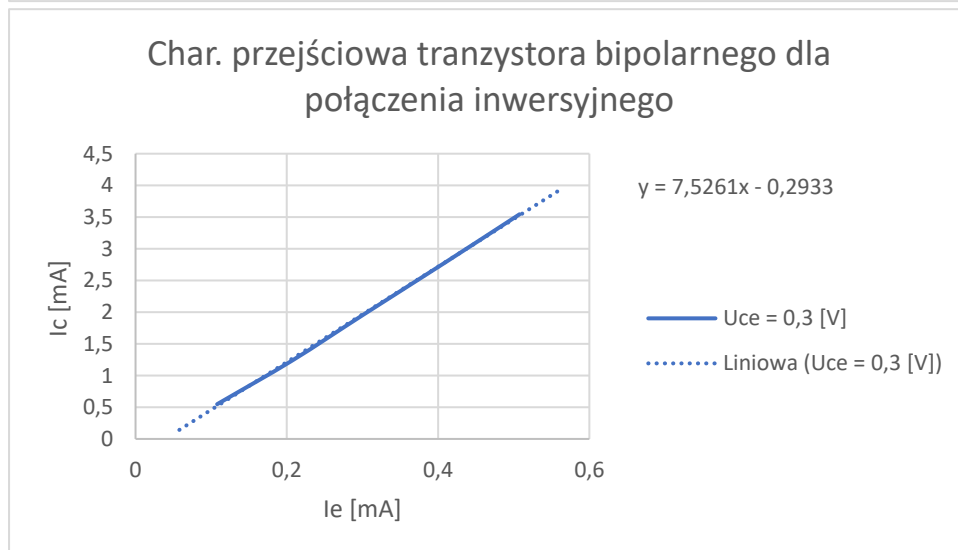
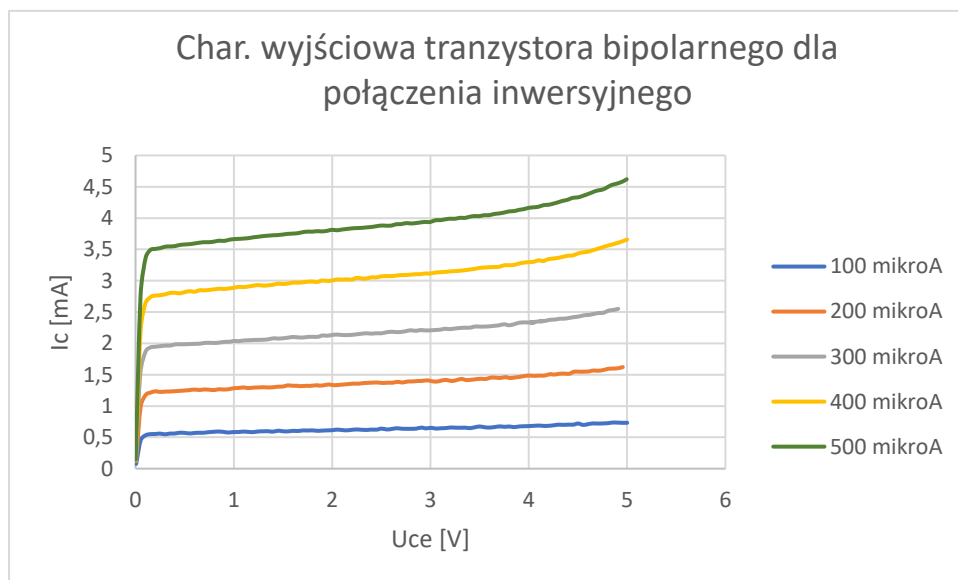


<b>AGH, WIET</b>	Laboratorium – elementy elektroniczne	<b>Kierunek : EiT</b>
Nr ćwiczenia <b>5</b>	<b>Temat:</b> <b>Tranzystory bipolarne</b>	Ocena:
Data wykonania: 22.05.2022	<b>Imię i nazwisko:</b> Hubert Mąka, Jakub Wojtycza	

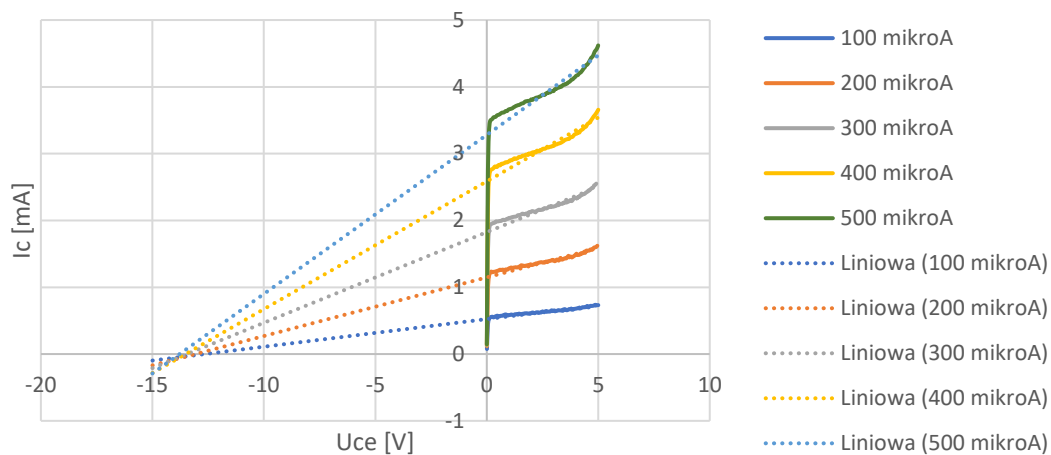
Celem tych laboratoriów było poznanie bliżej budowy tranzystora bipolarnego npn, wyznaczenie jego charakterystyk prądowo napięciowych i innych danych niezbędnych do jego opisu.

## Badany tranzystor: BC540

### 1. Połączenie inwersyjne



## Wyznaczenie napięcia Earlego w połączeniu inwersyjnym



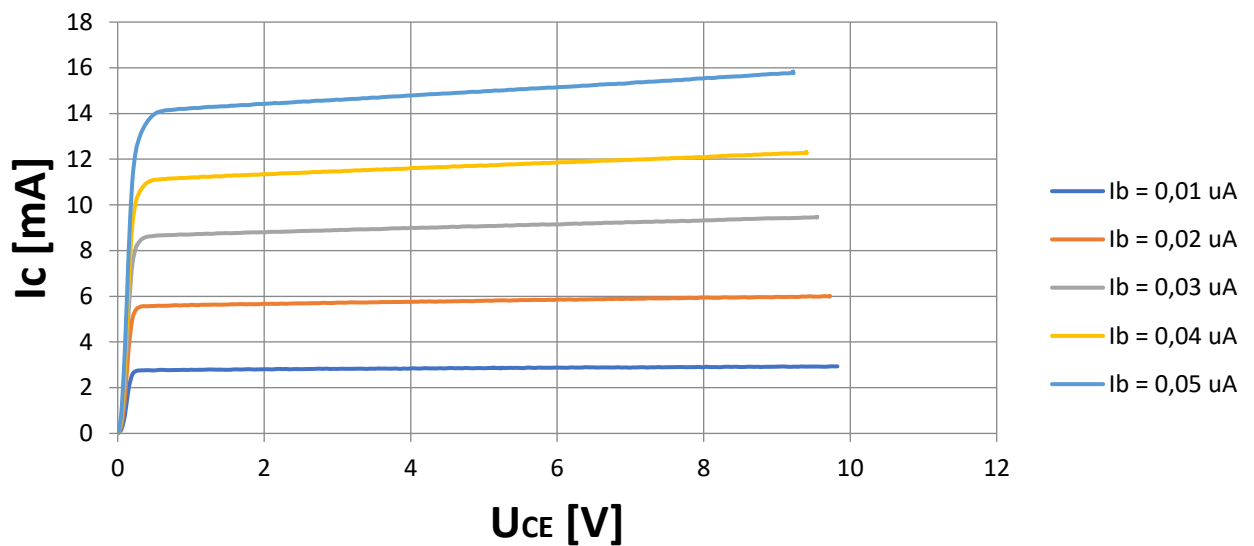
Dla połączenia inwersyjnego	
$I_{ce0}$ [mA]	0,2933
Beta	7,5261
Alfa	0,8827
$U_e$ [V]	-13,076

## Wnioski:

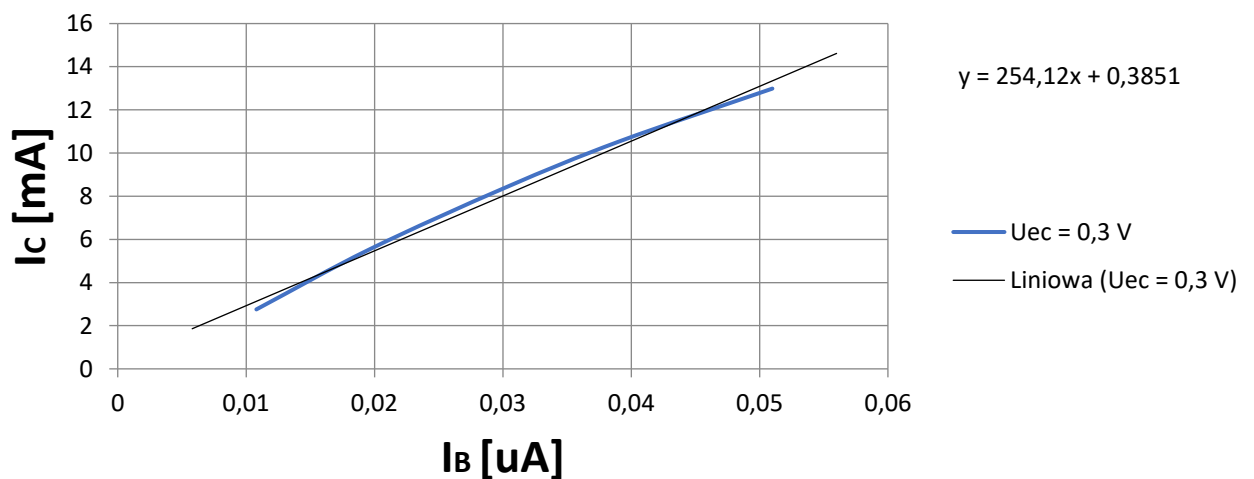
Charakterystyka przejściowa jest zgodna z przewidywaniami teoretycznymi. Prąd emitera i kolektora zależą od siebie liniowo. Współczynnik beta wyznaczyliśmy obliczając współczynnik kierunkowy a regresji liniowej, a prąd zerowy jako punkt przecięcia z osią OY. Mierzyliśmy tranzystor rzeczywisty więc można zaobserwować zakrzywienie charakterystyki, które spowodowane są napięciem Early'ego. Przedłużając je do przecięcia z osią OX je otrzymamy.

## 2. Połączenie normalne

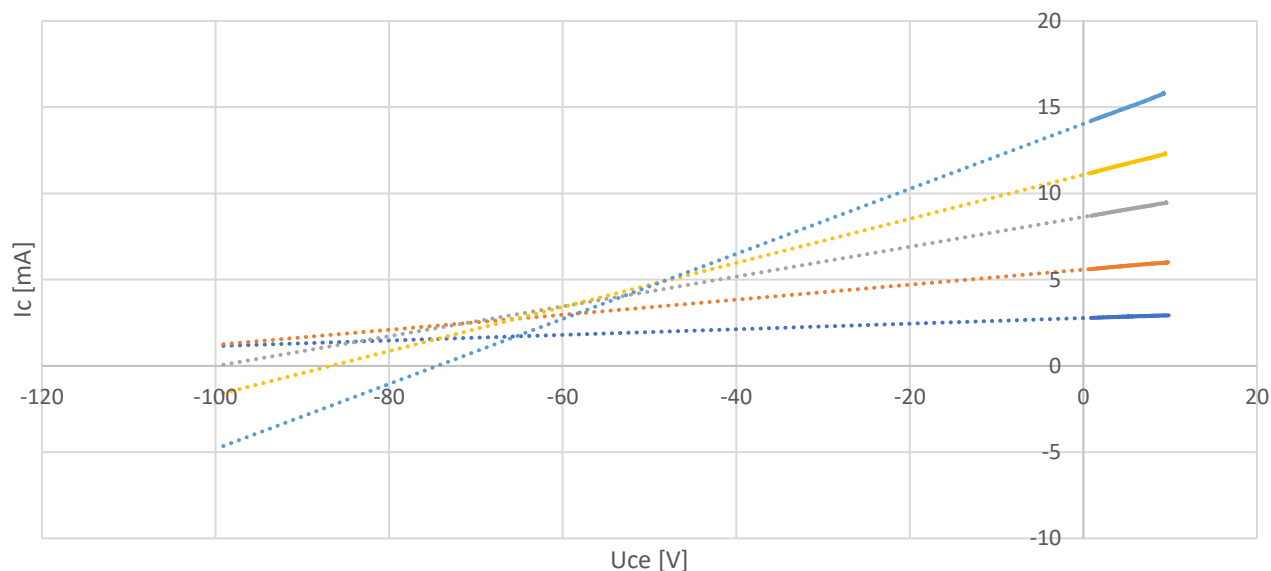
### Charakterystyka wyjściowa tranzystora bipolarnego w połączeniu normalnym



### Charakterystyka przejściowa tranzystora bipolarnego w połączeniu normalnym



## Wyznaczanie napięcia Earlego w połączeniu normalnym



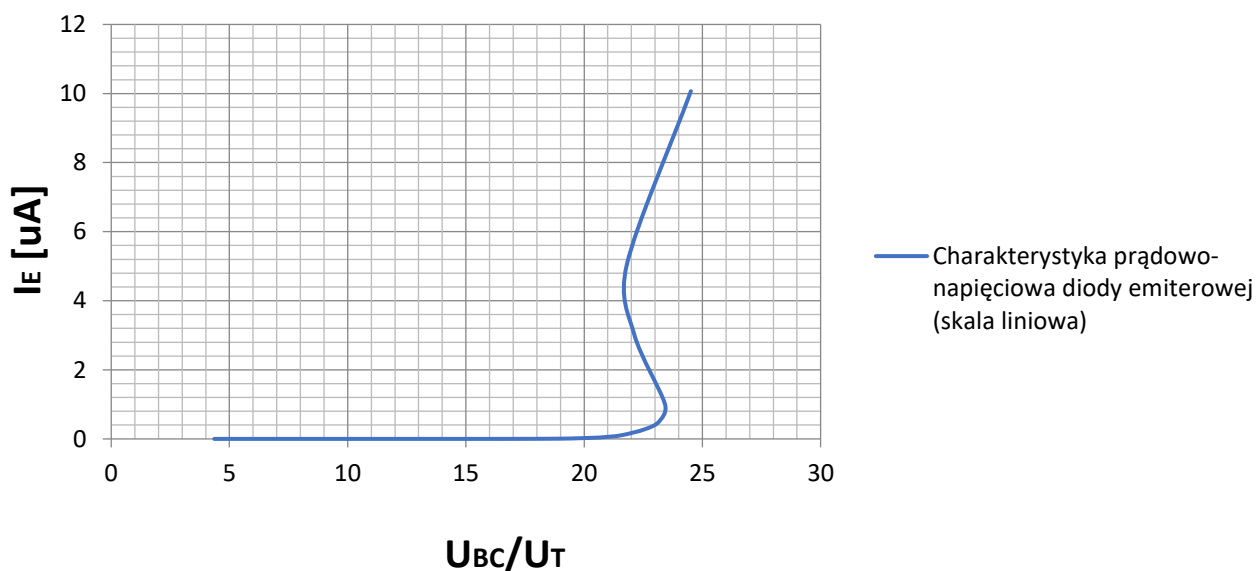
Dla połączenia normalnego	
$I_{ce0}$ [mA]	0,3851
beta	254,12
alfa	0,996
$U_e$ [V]	-111,885

### Wnioski:

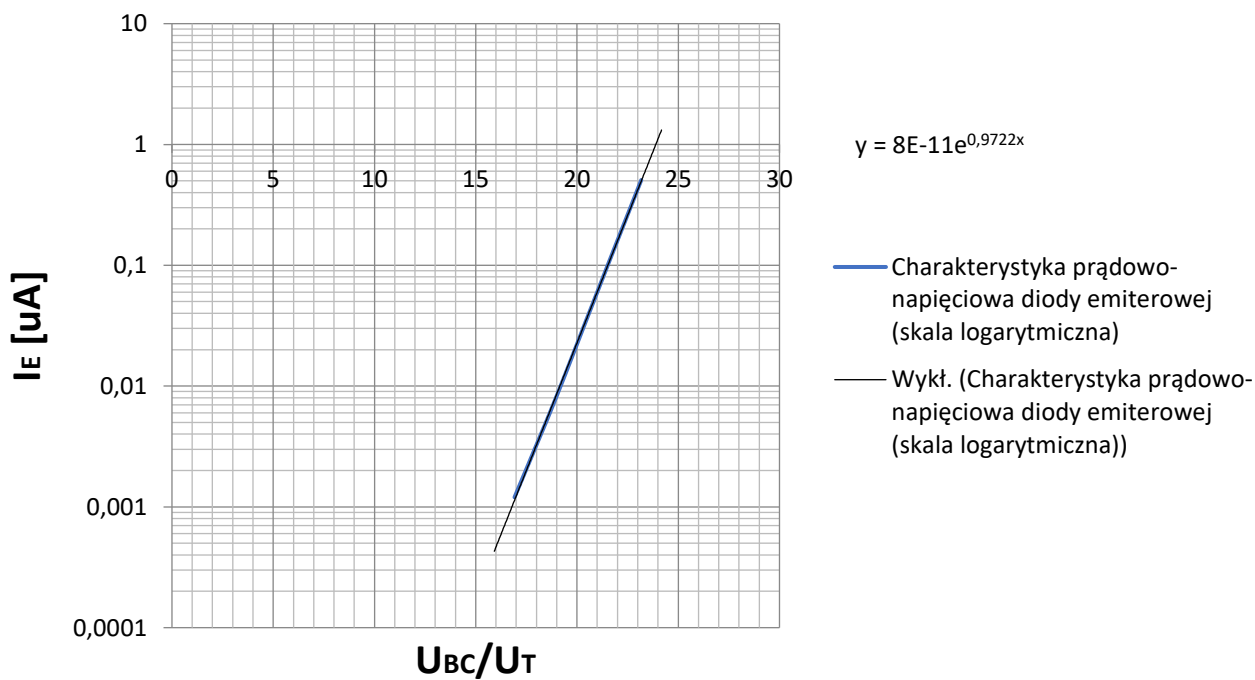
Charakterystyka przejściowa jest zgodna z przewidywaniami teoretycznymi. Prąd emitera i kolektora zależą od siebie liniowo ale prąd kolektora jest o 3 rzędy wielkości większy od prądu bazy (duży współczynnik beta tranzystora). Współczynnik beta wyznaczyliśmy obliczając współczynnik kierunkowy a regresji liniowej, a prąd zerowy jako punkt przecięcia z osią OY. Mierzyliśmy tranzystor rzeczywisty więc można zaobserwować zakrzywienie charakterystyki, które spowodowane są napięciem Early'ego. Przedłużając je do przecięcia z osią OX je otrzymamy. Z powodu dużego rozrzutu otrzymanych napięć wyznaczyliśmy napięcie Early'ego jako średnią tych napięć.

### 3. Wyznaczanie charakterystyk diody emiterowej

**Charakterystyka prądowo-napięciowa diody emiterowej (skala liniowa)**



**Charakterystyka prądowo-napięciowa diody emiterowej (skala logarytmiczna)**



$n$  – współczynnik nieidealności złącza

$I_{E0}$  – prąd zerowy diody emiterowej

Obliczone wartości dla diody emiterowej	
$I_{E0}$ [uA]	$8 \cdot 10^{-11}$
$n$	1,029

Zmierzone wartości:

U [V]	I [mikroA]
0,11334	0,0002
0,36584	0,0003
0,43983	0,0012
0,47448	0,0041
0,48517	0,006
0,50447	0,0123
0,53192	0,0351
0,54161	0,0506
0,56106	0,1062
0,587	0,2824
0,60257	0,5077
0,60892	1,0057
0,57503	3,0322
0,56688	5,0387
0,63739	10,0678

## Wnioski:

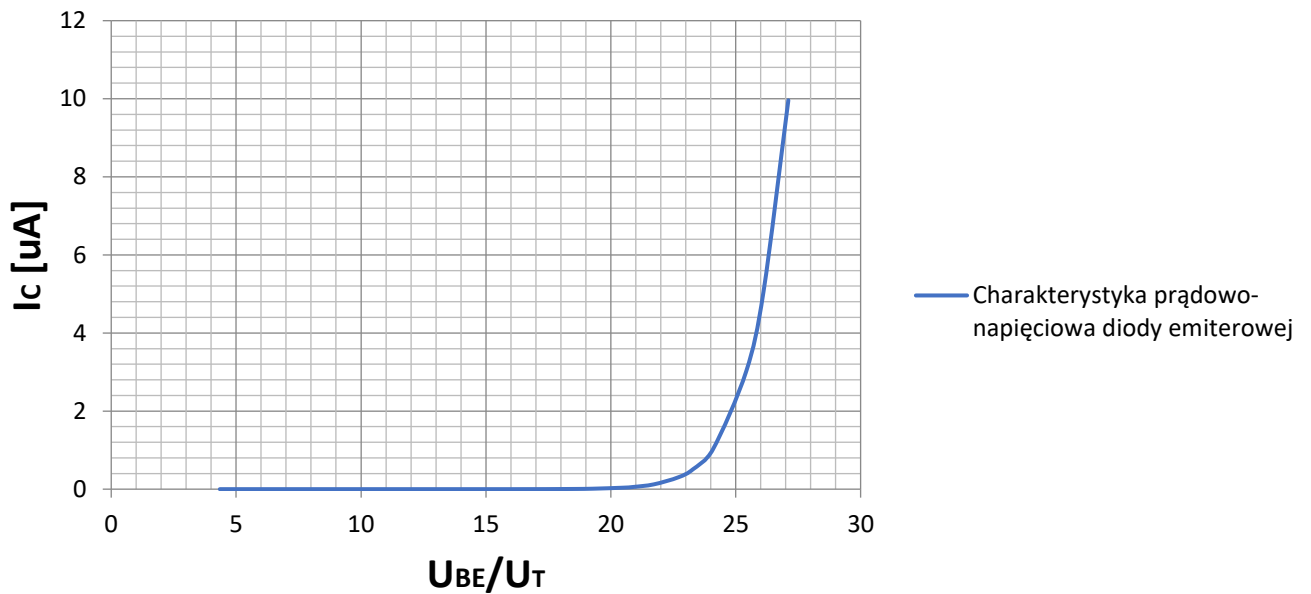
Z powodu braku pomiaru napięcia VPS - nie mogliśmy dokładnie określić prądu emitera przez co biorąc przybliżenie  $I_e = I_c$  udało się znaleźć szukane wartości. Szukane wartości wyznaczyliśmy poprzez poprowadzenie prostej regresji w skali półlogarytmicznej i odczytanie jej współczynników. Współczynnik kierunkowy to odwrotność współczynnika nieidealności diody, a parametr przemnażający eksponente to prąd zerowy diody.

## Uwaga:

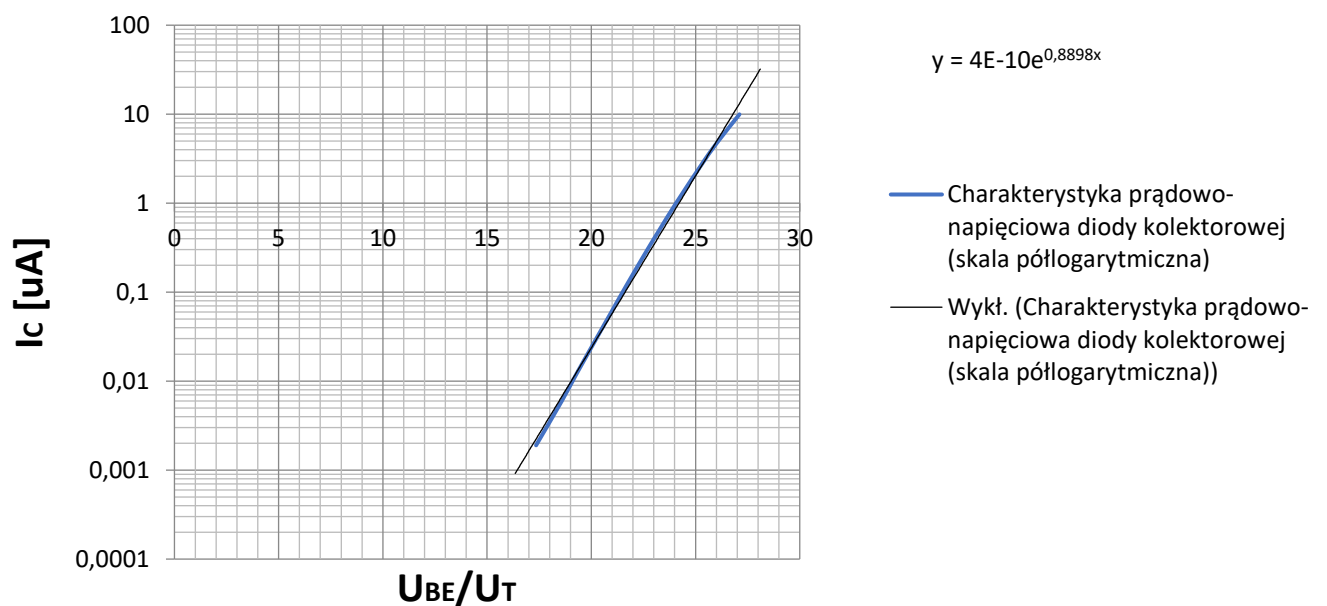
Z powodu niespodziewanego zachowania się tranzystora na zakresie od 0,6 V aby wyznaczyć szukane wartości musieliśmy zawężyć zakres branych do obliczeń danych.

#### 4. Wyznaczanie charakterystyki diody kolektorowej

**Charakterystyka prądowo-napięciowa diody kolektorowej (skala liniowa)**



**Charakterystyka prądowo-napięciowa diody kolektorowej (skala półlogarytmiczna)**



$n$  – współczynnik nieidealności złącza

$I_{CO}$  – prąd zerowy diody emiterowej

Obliczone wartości dla diody emiterowej	
$I_{CO} [\mu A]$	$4 \cdot 10^{-10}$
$n$	1,024

Zmierzone wartości:

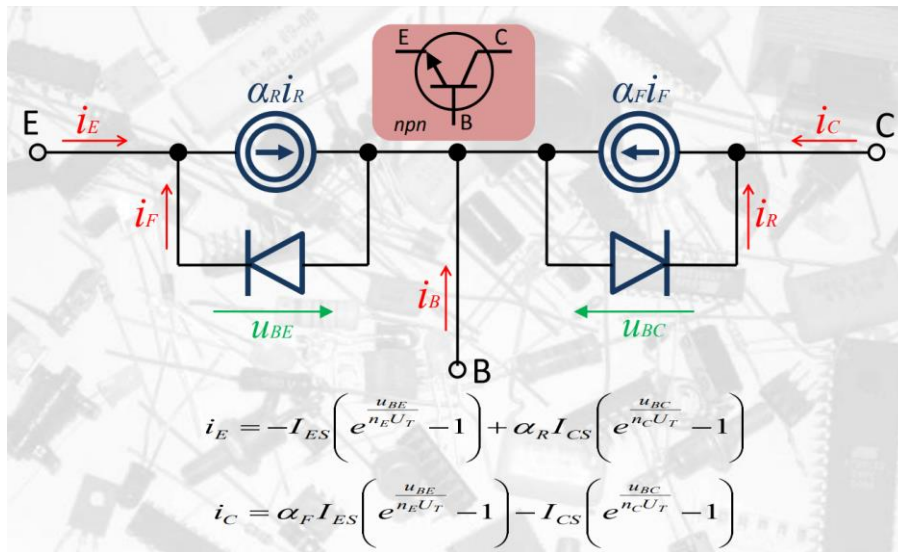
U [V]	I [mikroA]
0,11304	0,0001
0,391	0,0002
0,41504	0,0004
0,45109	0,0019
0,48328	0,006
0,50115	0,0119
0,532	0,0371
0,54389	0,0573
0,56478	0,1232
0,59038	0,3047
0,60552	0,5098
0,62629	1,0194
0,66106	3,0276
0,67893	5,0578
0,70479	9,9605

## Wnioski:

Z powodu braku pomiaru napięcia VPS - nie mogliśmy dokładnie określić prądu emitera przez co biorąc przybliżenie  $I_e = I_c$  udało się znaleźć szukane wartości. Szukane wartości wyznaczyliśmy poprzez poprowadzenie prostej regresji w skali półlogarytmicznej i odczytanie jej współczynników. Współczynnik kierunkowy to odwrotność współczynnika nieidealności diody, a parametr przemnażający eksponente to prąd zerowy diody.



## 5. Równanie Ebersa-Mola



Biorąc obliczone wcześniej wartości:

$I_{ES}$	$n_E$	$\alpha_R$	$U_T$	$I_{CS}$	$n_C$	$\alpha_F$
$8,15^{17}$	1,029	0,8827	$27 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-16}$	1,024	0,996
[A]			[V]	[A]		

i podstawiając je do równań Ebersa-Mola, gdzie  $U_{BC}$  i  $U_{BE}$  są zmiennymi zmierzonymi w punktach 3 i 4 zewnętrznym woltomierzem

$$\begin{cases} i_E = -8 \cdot 10^{-17} \left( \exp \left( \frac{u_{BE}}{1,029 \cdot 27 \cdot 10^{-3}} \right) - 1 \right) + 0,8827 \cdot 4 \cdot 10^{-16} \left( \exp \left( \frac{u_{BC}}{1,024 \cdot 27 \cdot 10^{-3}} \right) - 1 \right) \\ i_C = 0,996 \cdot 8 \cdot 10^{-17} \left( \exp \left( \frac{u_{BE}}{1,029 \cdot 27 \cdot 10^{-3}} \right) - 1 \right) - 4 \cdot 10^{-16} \left( \exp \left( \frac{u_{BC}}{1,024 \cdot 27 \cdot 10^{-3}} \right) - 1 \right) \end{cases}$$