

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ
про виконання лабораторної роботи №5
з дисципліни: «Напівпровідникова електроніка»
Тема роботи: «Дослідження тунельних діодів»

Виконав студент 3-го курсу групи ДП-91
Ремез Сергій Олександрович

(підпис)

(дата здачі)

Перевірів Королевич Любомир Миколайович

(підпис)

(дата здачі)

1. МЕТА РОБОТИ

Теоретичне вивчення будови, фізичних принципів роботи та експериментальне дослідження вольт-амперних характеристик тунельних діодів. Практичне визначення їх основних технічних та фізичних параметрів із вольт-амперних характеристик.

2. ЗАВДАННЯ

1. Вивчити фізичні основи роботи і структуру параметрів (паспортних даних) тунельного діода. Ознайомитися із вимірювальним стендом та використовуваними приладами.

2. Зібрати схему для вимірювання вольт-амперної характеристики тунельних діодів.

3. Виміряти вольт-амперну характеристику 2 діодів на постійному струмі по точках.

4. Зібрати схему для дослідження вольт-амперних характеристик тунельних діодів методом характериографа.

5. Перемалювати на кальку чи міліметровку вольт-амперні характеристики з екрана характериографа, вказавши при цьому масштаби на осях напруги та струму.

6. *Дослідити вплив температури на вольт-амперні характеристики тунельних діодів. Якісно оцінити температурну залежність параметрів.

7. Із одержаних вольт-амперних характеристик знайти параметри досліджуваних діодів:

$$I_P, U_P, I_V, U_V, \Delta U, \frac{I_P}{I_V}, r^- \text{ та інші.}$$

3. СХЕМА ВИМІРЮВАННЯ

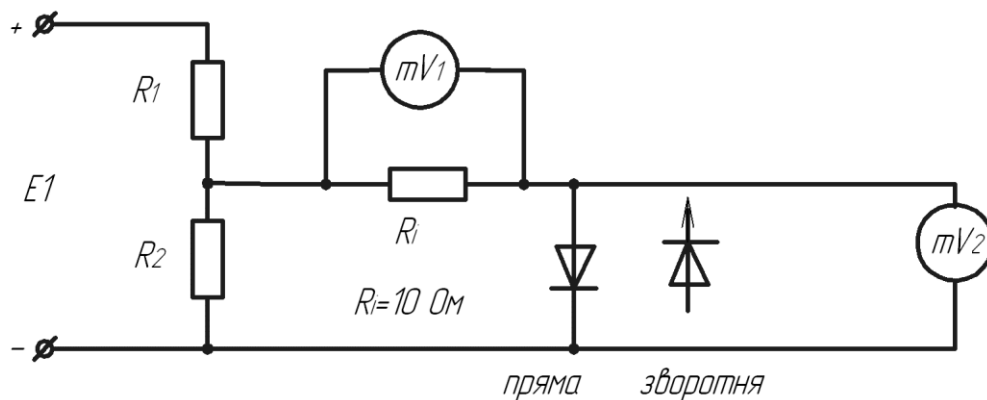


Рис. 1. Вимірювання ВАХ на постійному струмі.

E_1 - джерело живлення постійного струму на 10...30 В;

R_1, R_2 - резистори дільника напруги;

R_i - вимірювальний резистор для визначення струму I_D , $R_i = 10 \text{ Ом}$;

mV_1 - мілівольтметр зі шкалами 20 та 100 мВ для вимірювання U_R ;

mV_2 - мілівольтметр для вимірювання напруги на діоді U_D .

4. ОБРОБКА ДАНИХ

Для того, щоб знайти струм на діоді будемо знаходити його як відношення напруги на резисторі до опору резистора:

$$I_d = \frac{U_R}{R}, \quad (1)$$

де $R = 10 \text{ Ом}$ – опір резистора.

Для знаходження похибки струму використаємо формулу (1):

$$\begin{aligned} \Delta_{I_d} &= \pm \sqrt{\left(\frac{\partial I_d}{\partial U_R} \cdot \Delta_{U_R}\right)^2 + \left(\frac{\partial I_d}{\partial R} \cdot \Delta_R\right)^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{R} \cdot \Delta_{U_R}\right)^2 + \left(-\frac{U_R}{R^2} \cdot \Delta_R\right)^2} = \\ &= \pm \frac{1}{R^2} \sqrt{(R \cdot \Delta_{U_R})^2 + (-U_R \cdot \Delta_R)^2} = \frac{U_R}{R}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\Delta R = 0$ – абсолютна похибка опору резистора (відсутня у файлах, наданих викладачем).

Отримані ВАХ покажемо на рисунках 1 та 2.

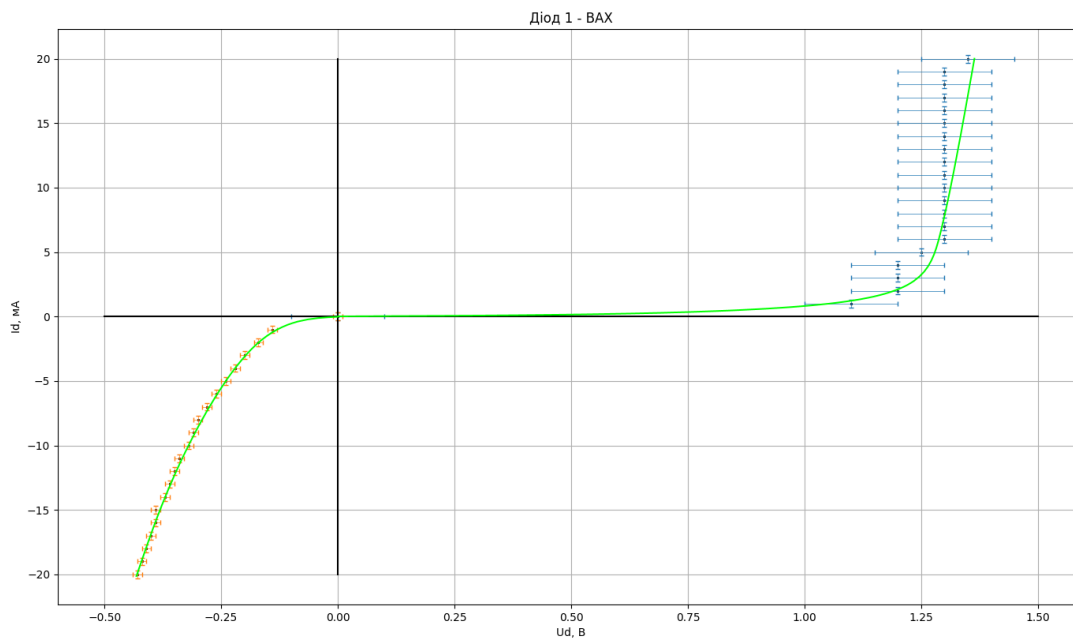


Рис. 1. ВАХ діода D_1 (зелений – D_1).

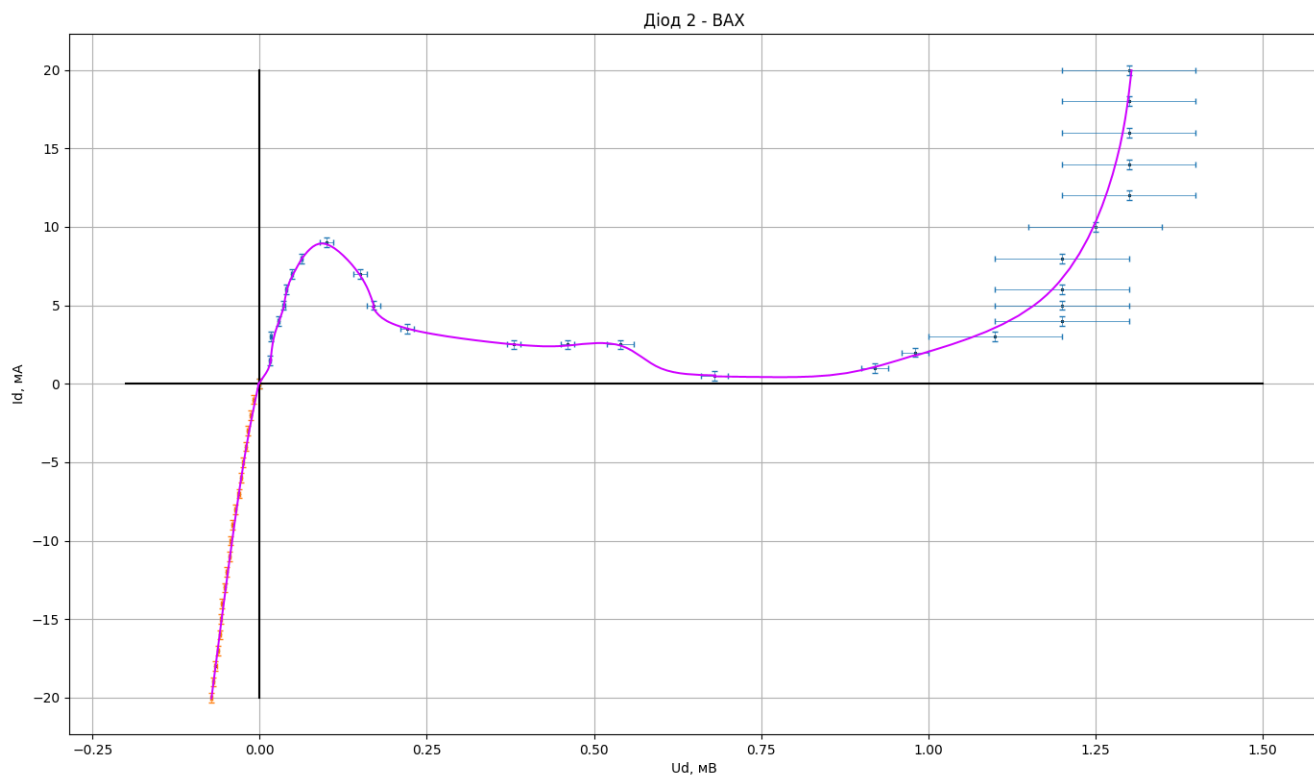


Рис. 2. ВАХ діода D_2 (фіолетовий – D_2).

Усі результати занесемо в Додаток А (діод D_1) та додаток Б (діод D_2). Тоді зобразимо пряму та зворотну гілку ВАХ діодів D_1 та D_2 .

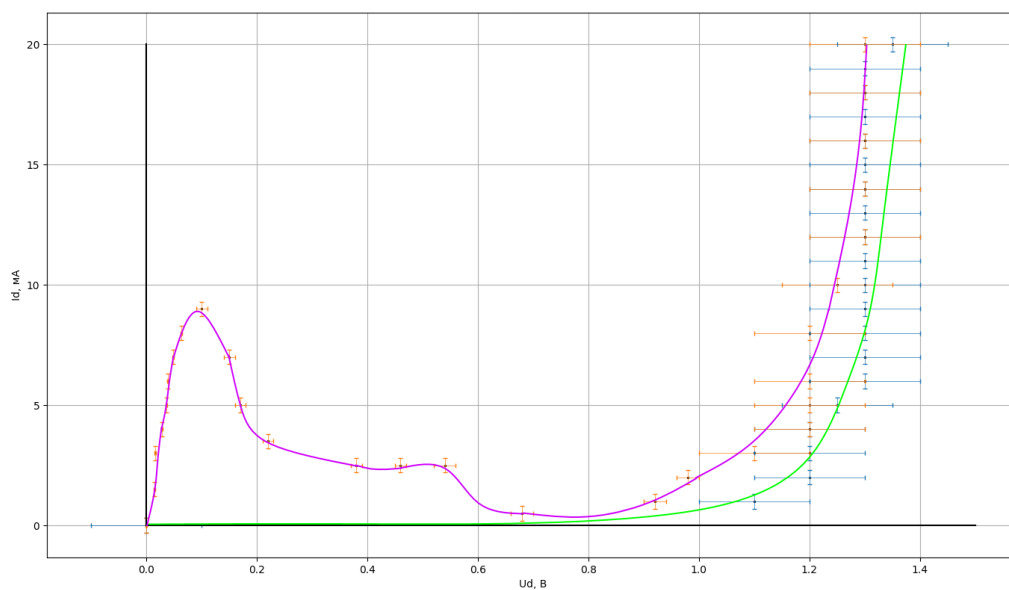


Рис. 3. Прямі гілки ВАХ діодів D_1 та D_2 (зелений – D_1 , фіолетовий – D_2).

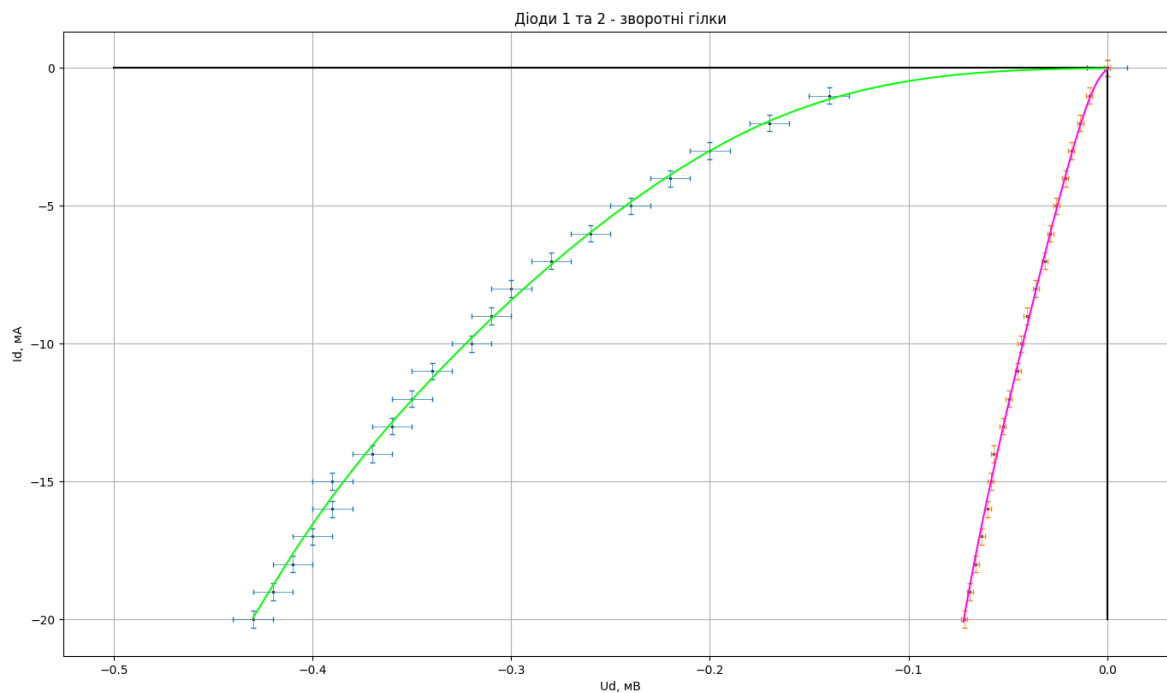


Рис. 4. Зворотні гілки ВАХ діодів D_1 та D_2 (зелений – D_1 , фіолетовий – D_2).

З прямої гілки ВАХ діода D_2 знайдемо потрібні параметри. Позначимо їх на ВАХ (рис. 3).

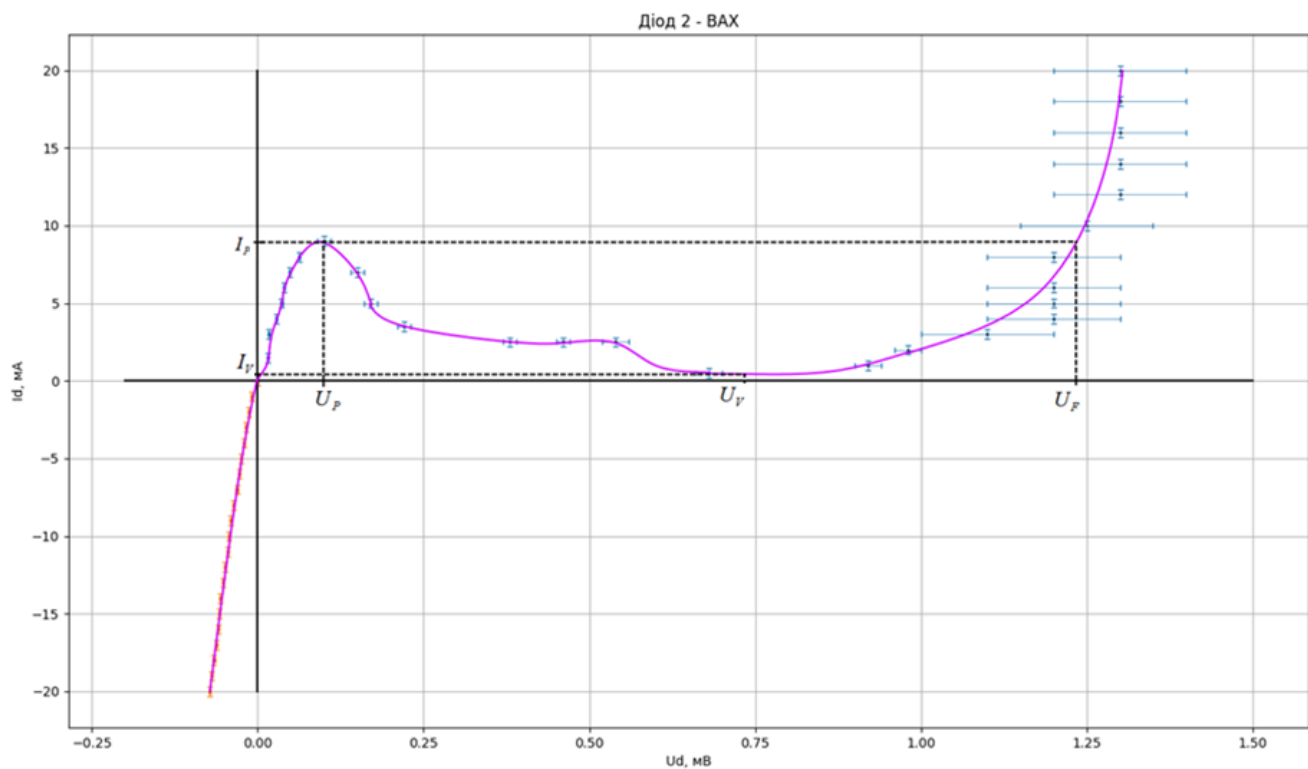


Рис. 5. ВАХ для діода D_2 з визначеними параметрами I_p, U_p, U_v, I_v, U_F - пряма гілка

Інші параметри з їхніми похибками, а саме: $\Delta U, \frac{I_P}{I_V}, r^-$ та $\Delta_{\Delta U}, \Delta_{\frac{I_P}{I_V}}, \Delta_{|r^-|}$

будемо шукати за наступними формулами:

$$\Delta U = U_F - U_P; \quad (3)$$

$$\Delta_{\Delta U} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial U_F} \cdot \Delta_{U_F}\right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial U_P} \cdot \Delta_{U_P}\right)^2} = \pm \sqrt{\Delta_{U_F}^2 + \Delta_{U_P}^2}; \quad (4)$$

$$|r^-| = \frac{U_V - U_P}{I_P - I_V}; \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta_{|r^-|} &= \pm \sqrt{\left(\frac{\partial(|r^-|)}{\partial U_V} \cdot \Delta_{U_V}\right)^2 + \left(\frac{\partial(|r^-|)}{\partial U_P} \cdot \Delta_{U_P}\right)^2 + \left(\frac{\partial(|r^-|)}{\partial I_P} \cdot \Delta_{I_P}\right)^2 + \left(\frac{\partial(|r^-|)}{\partial I_V} \cdot \Delta_{I_V}\right)^2} = \\ &= \pm \frac{\sqrt{(I_P - I_V)^2 \cdot ((\Delta_{U_V})^2 + (-\Delta_{U_P})^2) + (U_V - U_P)^2 \cdot ((-\Delta_{I_P})^2 + (\Delta_{I_V})^2)}}{(I_P - I_V)^2}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\Delta_{\frac{I_P}{I_V}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial\left(\frac{I_P}{I_V}\right)}{\partial I_P} \cdot \Delta_{I_P}\right)^2 + \left(\frac{\partial\left(\frac{I_P}{I_V}\right)}{\partial I_V} \cdot \Delta_{I_V}\right)^2} = \pm \frac{1}{I_V^2} \cdot \sqrt{(I_V \cdot \Delta_{I_P})^2 + (-I_P \cdot \Delta_{I_V})^2}. \quad (7)$$

Графічно та аналітично (з допомогою формул (3) – (7)) знаходимо, що параметри наступні:

$$\begin{aligned} I_P &= 9 \text{ мА}, & \Delta_{I_P} &= \pm 0,3 \text{ мА} \\ U_P &= 0,1 \text{ В}, & \Delta_{U_P} &= \pm 0,01 \text{ В} \\ I_V &= 0,3 \text{ мА}, & \Delta_{I_V} &= \pm 0,3 \text{ мА} \\ U_V &= 0,7 \text{ В}, & \Delta_{U_V} &= \pm 0,02 \text{ В} \\ U_F &= 1,2 \text{ В}, & \Delta_{U_F} &= \pm 0,1 \text{ В} \end{aligned}$$

Використовуючи формули (3) – (7) обрахуємо всі потрібні параметри.

Отримаємо:

$$I_P = 9 \pm 0,3 \text{ мА}$$

$$U_P = 0,1 \pm 0,01 \text{ В}$$

$$I_V = 0,3 \pm 0,3 \text{ мА}$$

$$U_V = 0,7 \pm 0,02 \text{ В}$$

$$U_F = 1,2 \pm 0,1 \text{ В}$$

$$\Delta U = 1,1 \pm 0,1 \text{ В}$$

$$|r^-| = 68,97 \pm 4,23 \text{ Ом}$$

$$\frac{I_P}{I_V} = 30 \pm 30,02$$

5. ВИСНОВОК

На лабораторній роботі було вивчено характеристики тунельних діодів, дані до яких були отримані під час проведення експерименту. Використовуючи формули, вдалося знайти струми діодів та їхні похибки, за якими будували ВАХ.

Якщо подивитися на пряму гілку ВАХ діодів, бачимо те, що діод D_2 є звичайним тунельним діодом, а D_1 це обернений тунельний діод. Для звичайного тунельного діоду знайшли потрібний ряд параметрів:

$$I_P = 9 \pm 0,3 \text{ мА}$$

$$U_P = 0,1 \pm 0,01 \text{ В}$$

$$I_V = 0,3 \pm 0,3 \text{ мА}$$

$$U_V = 0,7 \pm 0,02 \text{ В}$$

$$U_F = 1,2 \pm 0,1 \text{ В}$$

$$\Delta U = 1,1 \pm 0,1 \text{ В}$$

$$|r^-| = 68,97 \pm 4,23 \text{ Ом}$$

$$\frac{I_P}{I_V} = 30 \pm 30,02$$

ДОДАТОК А

Експериментальні дані для діода D_1

Пряма гілка				Зворотна гілка			
U_R , мВ	ΔU_R , мВ	U_D , В	ΔU_D , В	U_R , мВ	ΔU_R , мВ	U_D , В	ΔU_D , В
0	3	0	0,1	0	3	0	0,01
10	3	1,1	0,1	10	3	-0,14	0,01
20	3	1,2	0,1	20	3	-0,17	0,01
30	3	1,2	0,1	30	3	-0,2	0,01
40	3	1,2	0,1	40	3	-0,22	0,01
50	3	1,25	0,1	50	3	-0,24	0,01
60	3	1,3	0,1	60	3	-0,26	0,01
70	3	1,3	0,1	70	3	-0,28	0,01
80	3	1,3	0,1	80	3	-0,3	0,01
90	3	1,3	0,1	90	3	-0,31	0,01
100	3	1,3	0,1	100	3	-0,32	0,01
110	3	1,3	0,1	110	3	-0,34	0,01
120	3	1,3	0,1	120	3	-0,35	0,01
130	3	1,3	0,1	130	3	-0,36	0,01
140	3	1,3	0,1	140	3	-0,37	0,01
150	3	1,3	0,1	150	3	-0,39	0,01
160	3	1,3	0,1	160	3	-0,39	0,01
170	3	1,3	0,1	170	3	-0,4	0,01
180	3	1,3	0,1	180	3	-0,41	0,01
190	3	1,3	0,1	190	3	-0,42	0,01
200	3	1,35	0,1	200	3	-0,43	0,01

Обраховані значення для діода D_1

Пряма гілка		Зворотна гілка	
I_D , мА	ΔI_D , мА	I_D , мА	ΔI_D , мА
0	0,3	0	0,3
1	0,3	-1	0,3
2	0,3	-2	0,3
3	0,3	-3	0,3
4	0,3	-4	0,3
5	0,3	-5	0,3
6	0,3	-6	0,3
7	0,3	-7	0,3
8	0,3	-8	0,3
9	0,3	-9	0,3
10	0,3	-10	0,3
11	0,3	-11	0,3
12	0,3	-12	0,3
13	0,3	-13	0,3
14	0,3	-14	0,3
15	0,3	-15	0,3
16	0,3	-16	0,3
17	0,3	-17	0,3
18	0,3	-18	0,3
19	0,3	-19	0,3
20	0,3	-20	0,3

ДОДАТОК Б

Експериментальні дані для діода D_2

Пряма гілка				Зворотна гілка			
U_R , мВ	ΔU_R , мВ	U_D , В	ΔU_D , В	U_R , мВ	ΔU_R , мВ	U_D , мВ	ΔU_D , мВ
0	3	0	0,0015	0	3	0	1,5
15	3	0,015	0,0015	10	3	-9	1,5
30	3	0,0165	0,0015	20	3	-13,5	1,5
40	3	0,0285	0,0015	30	3	-18	1,5
50	3	0,036	0,0015	40	3	-21	1,5
60	3	0,039	0,0015	50	3	-25,5	1,5
70	3	0,048	0,0015	60	3	-28,5	1,5
80	3	0,063	0,0015	70	3	-31,5	1,5
90	3	0,1	0,01	80	3	-36	1,5
70	3	0,15	0,01	90	3	-40,5	1,5
50	3	0,17	0,01	100	3	-43,5	1,5
35	3	0,22	0,01	110	3	-45	1,5
25	3	0,38	0,01	120	3	-49,5	1,5
25	3	0,46	0,01	130	3	-52,5	1,5
25	3	0,54	0,02	140	3	-57	1,5
5	3	0,68	0,02	150	3	-58,5	1,5
10	3	0,92	0,02	160	3	-60	1,5
20	3	0,98	0,02	170	3	-63	1,5
30	3	1,1	0,1	180	3	-66	1,5
40	3	1,2	0,1	190	3	-69	1,5
50	3	1,2	0,1	200	3	-72	1,5
60	3	1,2	0,1				
80	3	1,2	0,1				
100	3	1,25	0,1				
120	3	1,3	0,1				
140	3	1,3	0,1				
160	3	1,3	0,1				
180	3	1,3	0,1				
200	3	1,3	0,1				

Обраховані значення для діода D_2

Пряма гілка		Зворотна гілка	
I_D , мА	ΔI_D , мА	I_D , мА	ΔI_D , мА
0	0,3	0	0,3
1,5	0,3	-1	0,3
3	0,3	-2	0,3
4	0,3	-3	0,3
5	0,3	-4	0,3
6	0,3	-5	0,3
7	0,3	-6	0,3
8	0,3	-7	0,3
9	0,3	-8	0,3
7	0,3	-9	0,3
5	0,3	-10	0,3
3,5	0,3	-11	0,3
2,5	0,3	-12	0,3
2,5	0,3	-13	0,3
2,5	0,3	-14	0,3
0,5	0,3	-15	0,3
1	0,3	-16	0,3
2	0,3	-17	0,3
3	0,3	-18	0,3
4	0,3	-19	0,3
5	0,3	-20	0,3
6	0,3		
8	0,3		
10	0,3		
12	0,3		
14	0,3		
16	0,3		
18	0,3		
20	0,3		