

# Лабораторна робота 1. Дослідження діода та стабілітрона

## Частина 1. Побудова ВАХ діода та стабілітрона.

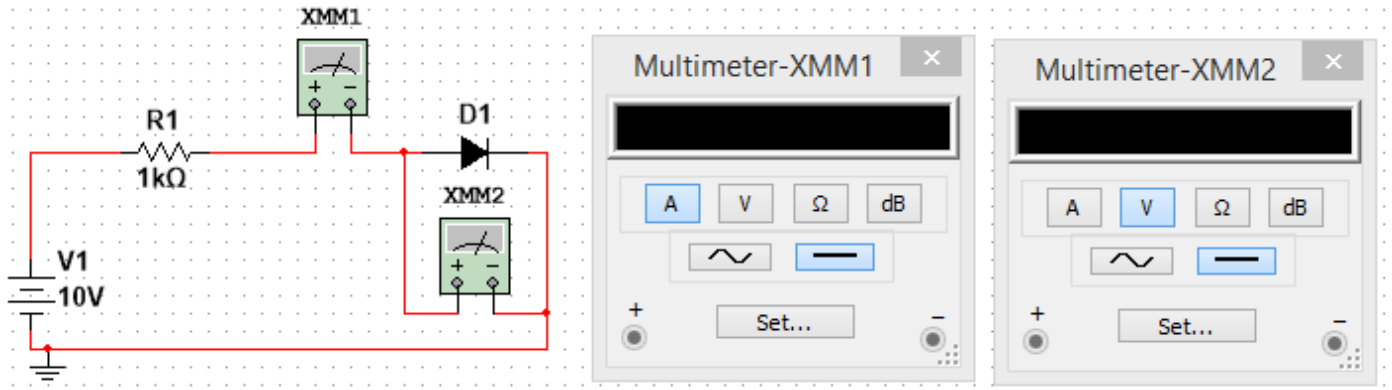


Рис. 1

1. Побудувати схему на рис. 1 у Multisim. Мультиметр XMM1 налаштувати як

$U_{\text{джерела}}, \text{В}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$I_{\text{д}}, \text{А}$

амперметр, а мультиметр XMM2 – як вольтметр. Діод взяти з вкладки «Place diode» → «DIODES\_VIRTUAL» → «DIODE». Заповнити таблицю для значень напруги

джерела  $U_{\text{джерела}}$  рівних  $-10\text{В}; -9\text{В}; -8\text{В}; -7\text{В}; -6\text{В}; -5\text{В}; -4\text{В}; -3\text{В}; -2\text{В}; -1\text{В}; 0\text{В}; 0,1\text{В}; 0,2\text{В}; 0,3\text{В}; 0,4\text{В}; 0,5\text{В}; 0,6\text{В}; 0,7\text{В}; 0,8\text{В}; 0,9\text{В}; 1\text{В}; 2\text{В}; 3\text{В}; 4\text{В}; 5\text{В}; 6\text{В}; 7\text{В}; 8\text{В}; 9\text{В}; 10\text{В}$ ;

$U_{\text{д}}$  – напруга на діоді, виміряна мультиметром XMM2,  $I_{\text{д}}$  – струм через діод, виміряний мультиметром XMM1. **На основі отриманих даних побудувати в Excel два графіки: ВАХ діода для всіх виміряних точок та ВАХ діода в області додатних (прямих) напруг на діоді. Оцінити статичний та диференційний опори діода при значенні напруги  $0,7\text{В}$ .** Статичний опір діода визначається формулою  $R = U_{\text{д}} / I_{\text{д}}$ ,

диференційний опір діода визначається виразом  $R_{\text{диф}} = \frac{dU_{\text{д}}}{dI_{\text{д}}} = \frac{1}{dI_{\text{д}}/dU_{\text{д}}}$ , де  $dI_{\text{д}}/dU_{\text{д}}$  – похідна від функції  $I_{\text{д}}(U_{\text{д}})$ .

2. Замінити в схемі діод стабілітроном, тобто зібрати схему на рис. 2.

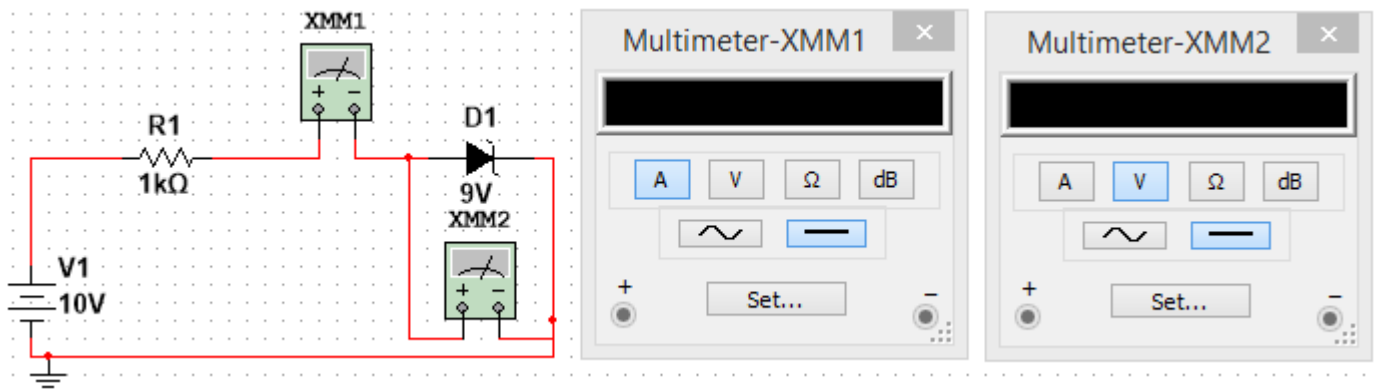


Рис. 2

Стабілітрон взяти з вкладки «Place diode» → «DIODES\_VIRTUAL» → «ZENER».

$U_{\text{джерела}}, \text{В}$	$U_{\text{с}}, \text{В}$	$I_{\text{с}}, \text{А}$

Встановити напругу стабілізації стабілітрона («Breakdown voltage») рівною  $9\text{В}$ . Заповнити таблицю

для значень напруги джерела  $U_{\text{джерела}}$  рівних  $-15\text{В}; -14\text{В}; -13\text{В}; -12\text{В}; -11\text{В}; -10\text{В}; -9,9\text{В}; -9,8\text{В}; -9,7\text{В}; -9,6\text{В}; -9,5\text{В}; -9,4\text{В}; -9,3\text{В}; -9,2\text{В}; -9,1\text{В}; -9\text{В}; -8,9\text{В}; -8,8\text{В}; -8,7\text{В}; -8\text{В}; -7\text{В}; -6\text{В}; -5\text{В}; -4\text{В}; -3\text{В}; -2\text{В}; -1\text{В}; 0\text{В}; 0,1\text{В}; 0,2\text{В}; 0,3\text{В}; 0,4\text{В}; 0,5\text{В}; 0,6\text{В}; 0,7\text{В}; 0,8\text{В}; 0,9\text{В}; 1\text{В}; 2\text{В}; 3\text{В}; 4\text{В}; 5\text{В}; 6\text{В}; 7\text{В}; 8\text{В}; 9\text{В}; 10\text{В}$ ;  $U_c$  – напруга на стабілітроні, виміряна мультиметром ХММ2,  $I_c$  – струм через стабілітрон, виміряний мультиметром ХММ1. **На основі отриманих даних побудувати в Excel два графіки: ВАХ стабілітрона для всіх вимірних точок та ВАХ стабілітрона для напруг джерела від  $-15\text{В}$  до  $-8\text{В}$ . Оцінити статичний та диференційний опори стабілітрона при значенні напруги  $-8,95\text{В}$ .** Статичний опір стабілітрона визначається формулою  $R = U_c / I_c$ , диференційний опір діода визначається виразом

$$R_{\text{диф}} = \frac{dU_c}{dI_c} = \frac{1}{dI_c/dU_c}, \text{ де } dI_c/dU_c \text{ – похідна від функції } I_c(U_c).$$

**Примітка:** в стабілітрон в пакеті Multisim «вбудоване» характерне значення прямої напруги, при якій починає проходити струм, не  $0,7\text{В}$ , а  $0,6\text{В}$ .

### Частина 2. Діод та стабілітрон, під'єднані до генератора синусоїди.

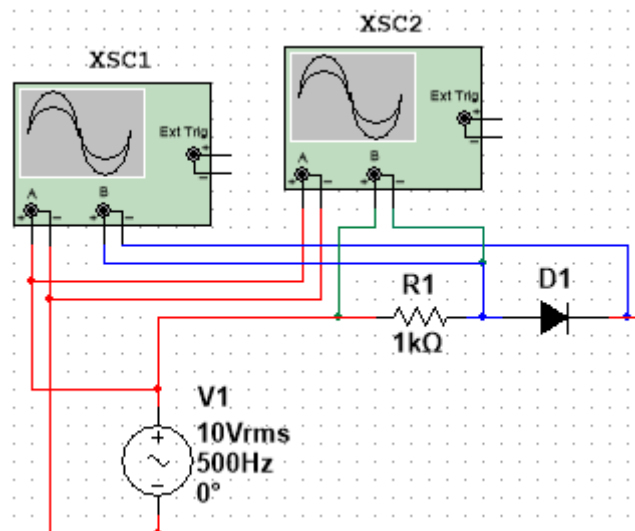


Рис. 3

1. Зібрати схему як на рис. 3. **Зробити скріншоти осцилограм** та пояснити отримані осцилограми. **Впродовж одного періоду** побудувати на комп'ютері в будь-якому математичному пакеті або програмному середовищі теоретичні залежності:

$$U_R(t) = \begin{cases} E \sin(\omega t) - U_{0,7}, & \omega t \in [\alpha + 2\pi n; \pi - \alpha + 2\pi n], n \in \mathbb{Z} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}; \quad \alpha = \arcsin\left(\frac{U_{0,7}}{E}\right); \quad E = 10\sqrt{2}\text{В};$$

$$U_D(t) = \begin{cases} U_{0,7}, & \omega t \in [\alpha + 2\pi n; \pi - \alpha + 2\pi n], n \in \mathbb{Z} \\ E \sin(\omega t), & \text{інакше} \end{cases}; \quad U_{\text{вх}}(t) = E \sin(\omega t); \quad U_{0,7} = 0,7\text{В}.$$

**Побудувати треба два теоретичних графіки** – на одному  $U_{\text{вх}}(t)$  та  $U_D(t)$ , на іншому –  $U_{\text{вх}}(t)$  та  $U_R(t)$ ,  $U_{\text{вх}}(t)$  – амплітуда на клеммах генератора синусоїди,  $U_D(t)$  – напруга на діоді,  $U_R(t)$  – напруга на резисторі.

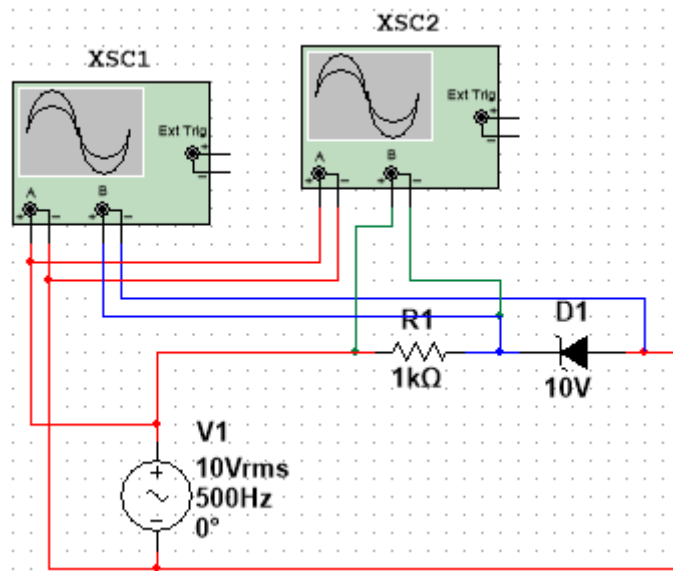


Рис. 4

2. Зібрати схему як на рис. 4. **Зробити скріншоти осцилограм** та пояснити отримані осцилограми. **Впродовж одного періоду** побудувати на комп'ютері в будь-якому математичному пакеті або програмному середовищі теоретичні залежності:

$$\tilde{U}_S(t) = \begin{cases} -U_{0,7}, \omega t \in (\pi + \beta + 2\pi n; 2\pi - \beta + 2\pi n) \\ U_{ст}, \omega t \in (\alpha + 2\pi n; \pi - \alpha + 2\pi n) \\ E \sin(\omega t), \text{інакше} \end{cases}, n \in \mathbb{Z}; \alpha = \arcsin(U_{ст}/E);$$

$$U_R(t) = \begin{cases} E \sin(\omega t) + U_{0,7}, \omega t \in (\pi + \beta + 2\pi n; 2\pi - \beta + 2\pi n) \\ E \sin(\omega t) - U_{ст}, \omega t \in (\alpha + 2\pi n; \pi - \alpha + 2\pi n) \\ 0, \text{інакше} \end{cases}, n \in \mathbb{Z}; \beta = \arcsin(U_{0,7}/E);$$

$$E = 10\sqrt{2}\text{В}; U_{вх}(t) = E \sin(\omega t); U_{0,7} = 0,7\text{В}; U_{ст} = 10\text{В}.$$

**Побудувати треба два теоретичних графіки** – на одному  $U_{вх}(t)$  та  $\tilde{U}_S(t)$ , на іншому –  $U_{вх}(t)$  та  $U_R(t)$ ,  $U_{вх}(t)$  – амплітуда на клеммах генератора синусоїди,  $\tilde{U}_S(t)$  – напруга «проти стрілки» на стабілітроні,  $U_R(t)$  – напруга на резисторі.

3. На схемі на рис. 4. змінити діяльне значення синусоїдальної напруги з 10В на 5В. **Зробити скріншоти осцилограм** та пояснити отримані осцилограми. **Впродовж одного періоду** побудувати на комп'ютері в будь-якому математичному пакеті або програмному середовищі теоретичні залежності:

$$\tilde{U}_S(t) = \begin{cases} -U_{0,7}, \omega t \in (\pi + \beta + 2\pi n; 2\pi - \beta + 2\pi n) \\ E \sin(\omega t), \text{інакше} \end{cases}, n \in \mathbb{Z}; U_{вх}(t) = E \sin(\omega t);$$

$$U_R(t) = \begin{cases} E \sin(\omega t) + U_{0,7}, \omega t \in (\pi + \beta + 2\pi n; 2\pi - \beta + 2\pi n) \\ 0, \text{інакше} \end{cases}, n \in \mathbb{Z}; \beta = \arcsin(U_{0,7}/E);$$

$$E = 5\sqrt{2}\text{В}; U_{0,7} = 0,7\text{В}; U_{ст} = 10\text{В}.$$

**Побудувати треба два теоретичних графіки** – на одному  $U_{\text{вх}}(t)$  та  $\tilde{U}_S(t)$ , на іншому –  $U_{\text{вх}}(t)$  та  $U_R(t)$ ,  $U_{\text{вх}}(t)$  – амплітуда на клеммах генератора синусоїди,  $\tilde{U}_S(t)$  – напруга «проти стрілки» на стабілітроні,  $U_R(t)$  – напруга на резисторі.

**В усіх трьох випадках порівняти отримані осцилограми з теоретичними графіками**, зробити висновок чи співпала теорія з «експериментом».

**Важливо:** в другій частині виставити максимальний крок моделювання у Multisim рівний  $10^{-5}$ с. Для цього в меню «Simulate» → «Analyses and Simulation» → «Interactive Simulation» → «Maximum time step (TMAX)» відповідне значення виставити рівним  $1e-005$