

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
за дисциплінами “Додаткові розділи електроніки”,
“Вакуумна та плазмова електроніка”

(для студентів спеціальностей «Прилади і системи екологічного моніторингу»,
«Електронні системи»)

№ _____

Розглянуто на засіданні
кафедри “Електронна техніка”
протокол № 6 від 26 січня 2011

Затверджено на засіданні
навчально-видавничої ради
ДонНТУ
протокол № ____ від _____

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи за дисциплінами «Додаткові розділи електроніки», «Вакуумна та плазмова електроніка» для студентів спеціальностей «Прилади і системи екологічного моніторингу», «Електронні системи»/ Укл.: М.Г. Винниченко, О.Г. Ликов – Донецьк: ДонНТУ, 2011 р. – 8 с.

Наведені завдання, основні теоретичні положення і методика виконання розрахунково-графічної роботи.

Укладачі: М.Г. Винниченко, к.т.н., доцент
О.Г. Ликов, асистент

Завдання. Визначити невідомі параметри електронно-променевої трубки з електростатичним відхиленням променя і граничну частоту сигналу.

Варіанти завдань наведені в таблиці 1.

Параметри електронно-променевої трубки:

- напруга на другому аноді – U_{a2} [кВ];
- довжина відхиляючих пластин – l_1 [см];
- відстань від пластин Y до екрану – l_2 [см];
- відстань від пластин X до екрану – l_3 [см];
- допустиме зменшення чутливості – δ [%];
- чутливість по осі Y – h'_y [мм/В];
- чутливість по осі X – h'_x [мм/В];
- розмір робочої області екрану – a [мм], b [мм];
- відстань між пластинами – $d = 4$ [мм].

Таблиця 1 – Варіанти завдань на розрахунково-графічну роботу

Номер варіанту	U_{a2}	l_1	l_2	l_3	δ	h'_y	h'_x	axb
1	1.2	1.5	4	2.5	8	-	-	30x40
2	-	1.2	5	3.5	10	0.15	-	35x35
3	0.6	1	6	5	5	-	-	30x30
4	-	1.5	7	5	10	-	0.3	52x52
5	-	1.2	6	4	9	0.9	-	40x60
6	1.5	1.5	-	6	10	-	0.5	42x60
7	-	-	6	5	10	0.17	0.1	70x70
8	3	1.5	8	-	8	0.24	-	48x80
9	2.5	-	-	5	10	0.4	0.3	80x80
10	1.7	-	6	-	9	0.25	0.17	60x80
11	0.7	-	4	3	10	0.1	-	75x75
12	1.4	-	-	4	8	0.4	0.25	80x108
13	2	1.5	-	-	9	0.3	0.2	50x80
14	2.5	1.2	5.2	4	5	-	-	60x80
15	1.1	1.5	5	-	10	0.4	-	30x50
16	-	1.5	-	5	8	0.4	0.3	60x80
17	-	1.2	6	5	10	0.2	-	75x75
18	1.7	1.5	4	-	8	-	0.25	108x80

Продовження таблиці 1

19	1.5	-	6	5	10	0.2	-	60x80
20	2.5	1.5	-	-	10	0.3	0.15	40x60
21	3	1.5	7	6	5	-	-	60x60
22	1	-	-	3	8	0.17	0.1	40x40
23	2	1.3	4	-	7	0.15	-	40x50
24	1.7	-	4	3	9	-	0.2	60x60

Основним параметром електронно-променевої трубки є чутливість, яка показує на скільки від осі відхилиться промінь при зміні напруги на відхиляючих пластинах на один вольт.

Рух електронів під дією відхиляючої системи наведений на рисунку 1.

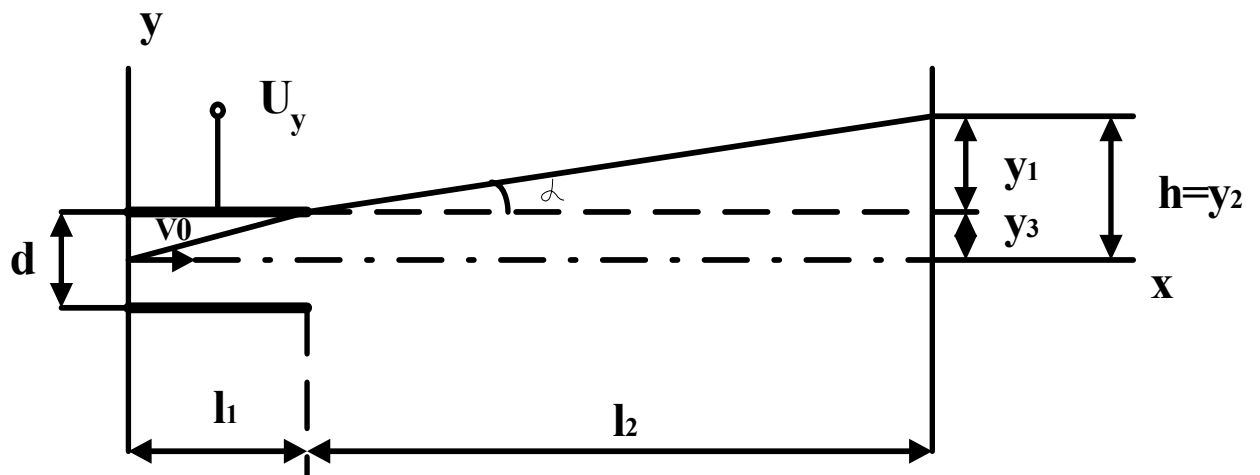


Рисунок 1 – Рух електронів під дією відхиляючої системи

На електрон, який попадає в відхиляючу систему діє сила F :

$$F = q \cdot E,$$

де E – напруженість електричного поля:

$$E = \frac{U_y}{d},$$

U_y – напруга управління;

d – відстань між пластинами.

Таким чином, отримуємо:

$$F = q \cdot E = \frac{q \cdot U_y}{d} = \frac{e \cdot U_y}{d}$$

Виходячи з закону збереження енергії, можна знайти прискорення, яке отримає електрон під дією сил взаємодії електростатичного поля і заряду:

$$a = \frac{e \cdot E}{m} = \frac{e \cdot U_y}{m \cdot d}$$

При проходженні пластини довжиною l_1 електрон відхиляється від осі трубки пролітаючи рівно прискорено:

$$y_3 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_1^2 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{l_1}{V_0} \right)^2, \quad t_1 = \frac{l_1}{V_0},$$

де t_1 – час прольоту електрона вздовж пластин: $t_1 = l_1/V_0$;

V_0 – швидкість електрона, що визначається напругою на другому аноді.

Вилетівши із пластин, електрон буде летіти по дотичній до кривої, тому що дія електростатичного поля пластин відсутня. Електрон пролетить відстань y_1 :

$$y_1 = V_y \cdot t_2,$$

де V_y – радіальна складова швидкості: $V_y = a \cdot t_1$;

t_2 – час прольоту: $t_2 = l_2/V_0$;

Підставивши значення параметрів отримаємо відстань відхилення y_1 :

$$y_1 = a \cdot \frac{l_1}{V_0} \cdot \frac{l_2}{V_0}$$

Загальне відхилення від осі по вертикалі буде дорівнювати:

$$y_2 = y_1 + y_3 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{l_1}{V_0} \right)^2 + a \cdot \frac{l_1}{V_0^2} \cdot l_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{e \cdot U_y}{m \cdot d} \cdot \frac{l_1}{\frac{e}{m} \cdot U_{a_2}} \cdot \left(l_2 + \frac{l_1}{2} \right)$$

Таким чином, чутливість електронно-променевої трубки може бути визначена за формулою:

$$h' = \frac{y_2}{U_y} = \frac{l_1}{2 \cdot d \cdot U_{a_2}} \cdot \left(l_2 + \frac{l_1}{2} \right)$$

Отримане рівняння справедливе як для відхиляючих пластин Y , так і для відхиляючих пластин X та дозволяє визначити невідомі параметри електронно-променевої трубки.

При швидкій зміні напруги, яка підключається до пластин, на електрони, що попадають в поле дії відхиляючої напруги, буде діяти різна напруга на початку пластин і при вильоті із пластин, це буде залежати від часу прольоту електронів в полі дії кожної пари пластин. Це дуже важливо при дослідженні несинусоїдальних сигналів, особливо прямокутної форми, тому що цей сигнал має нескінченний спектр, у якому високочастотна складова впливає на тривалість фронтів.

Час прольоту електрона через пластину довжиною l_1 буде при умові, що електрон має швидкість V_0 :

$$\tau = \frac{l_1}{V_0} = \frac{l_1}{\sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_{a_2}}}$$

Знайдемо залежність чутливості трубки від частоти при умові, що на відхиляючі пластини підведена синусоїдальна напруга: $U_y = U_m \cdot \sin \omega t$. За час прольоту у відхиляючому полі електрон отримує швидкість в напрямку відхилення:

$$\begin{aligned} V_{y\tau} &= \frac{e \cdot U_m}{m \cdot d} \int_{t_1}^{t_1+\tau} \sin \omega t dt = \frac{e \cdot U_m}{\omega \cdot m \cdot d} \cdot (\cos \omega t_1 - \cos(\omega t_1 + \omega \tau)) = \\ &= \frac{e \cdot U_m \cdot l_1}{m \cdot V_0 \cdot d} \cdot \frac{\sin \frac{\omega \tau}{2}}{\frac{\omega \tau}{2}} \cdot \sin\left(\omega t_1 + \frac{\omega \tau}{2}\right). \end{aligned}$$

Кут відхилення при вильоті електрона із відхиляючої системи знайдемо як:

$$\operatorname{tg}\alpha = \left. \frac{dY}{dZ} \right|_{Z=l_1} = \frac{1}{V_0} \left. \frac{dY}{dt} \right|_{t=\tau} = \frac{V_{y\tau}}{V_0}$$

Тоді відхилення плями на екрані буде дорівнювати:

$$y_2 = l_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha = l_2 \cdot \frac{V_{y\tau}}{V_0} = \frac{e \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot U_m}{m \cdot V_0^2 \cdot d} \cdot A$$

$$\text{де } A = \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} \cdot \sin\left(\omega t_1 + \frac{\omega\tau}{2}\right)$$

Тоді, залежність чутливості трубки від частоти буде мати наступний вигляд:

$$h'_\omega = \frac{y_2}{U_m \cdot \sin\left(\omega t_1 + \frac{\omega\tau}{2}\right)} = \frac{e \cdot l_1 \cdot l_2}{m \cdot V_0^2 \cdot d} \cdot \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} = h'_0 \cdot \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}}$$

де h'_0 – чутливість трубки при нульовій частоті сигналу.

Нормована чутливість електронно-променевої трубки буде мати наступний вигляд:

$$\frac{h'_\omega}{h'_0} = \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}}$$

Отримане рівняння для нормованої чутливості дозволяє визначити граничну частоту сигналу, що може подаватися на відхиляючі пластини, виходячи з допустимого зменшення чутливості.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сушков А.Д. Вакуумная электроника: Физико-технические основы: Учебное пособие. – СПб.: Издательство “Лань”, 2004. – 464 с.
2. Виноградов Ю.В. Основы электронной и полупроводниковой техники. – М.: Энергия, 1972 – 536 с.
3. Батушев В.А. Электронные приборы. – М.: Высшая школа, 1980 – 193 с.