

Функцию P_r необходимо выразить через вспомогательные параметры E_r , R_r и R_n :

$$P_r = \frac{E_r^2 \times R_r}{(R_r + R_n)^2}$$

Чтобы не увеличивать погрешность вычисления, промежуточные расчеты частных производных, абсолютных погрешностей и значения измеряемой мощности не выполняются.

В формулу погрешности косвенного измерения $\delta_{P_r}\%$ все составляющие необходимо подставить в буквенном виде. Выражение упрощается, и только затем подставляются численные значения результатов измерения вспомогательных параметров.

Расчитываем относительную погрешность измерения $\delta_{P_r}\%$.

Абсолютная погрешность измерения мощности определяется из выражения:

$$\delta_{P_r}\% = \frac{\Delta P_r}{P_r} \times 100\%, \quad \text{соответственно } \Delta P_r = \frac{\delta_{P_r}\% \times P_r}{100\%}$$

Промежуточные расчеты выполняются с точностью 0,000001, конечный результат необходимо дать с точностью 0,01.

Если результаты расчетов, выраженные в основных единицах измерения, получаются меньше единицы, то напряжение должно быть выражено в милливольтгах, мощность – в милливаттах.

Результат измерения запишите в соответствии с требованиями МИ 1317-86.

Задание 3 Измерение напряжений негармонических сигналов аналоговыми вольтметрами

3.1 Дайте письменный ответ на следующие теоретические вопросы:

3.1.1 определение и расчетные формулы основных параметров электрических периодических сигналов

-среднего;

-среднеквадратичного;

-средневыпрямленного напряжения;

3.1.2 назначение аналоговых вольтметров

-пикового;

-линейного;

-квадратичного;

3.1.3 понятие открытого и закрытого входа измерительного прибора;

3.1.4 порядок расчета погрешности показаний вольтметра по метрологическим характеристикам.

3.2 Задача.

На выходе исследуемого устройства имеет место периодическое напряжение, форма которого показана на рисунке 2.

Расчитайте:

3.2.1 значения параметров напряжения заданной формы

-среднее U_0 ;

-средневыпрямленное $U_{ср.в.}$;

-среднеквадратическое U ;

3.2.2 коэффициенты, характеризующие форму данного сигнала

-коэффициент амплитуды K_a ;

-коэффициент формы K_f ;

-коэффициент усреднения K_u ;

3.3.3 напряжения, которые должны показать

-пиковый вольтметр с закрытым входом ($U_{пик}$);

-линейный вольтметр с открытым входом ($U_{лн}$);

-квадратичный вольтметр с открытым входом ($U_{кв}$);

3.3.4 оцените погрешность показаний всех используемых

вольтметров, если измерительные приборы имеют класс точности, заданный в виде допустимой приведенной погрешности.

Данные для решения задачи приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

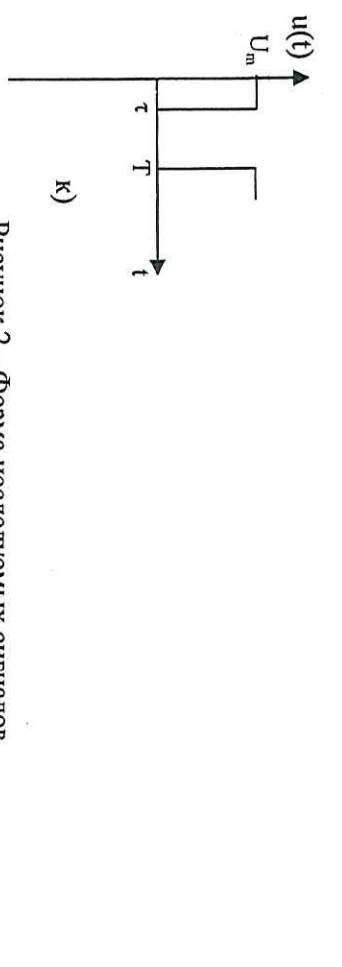
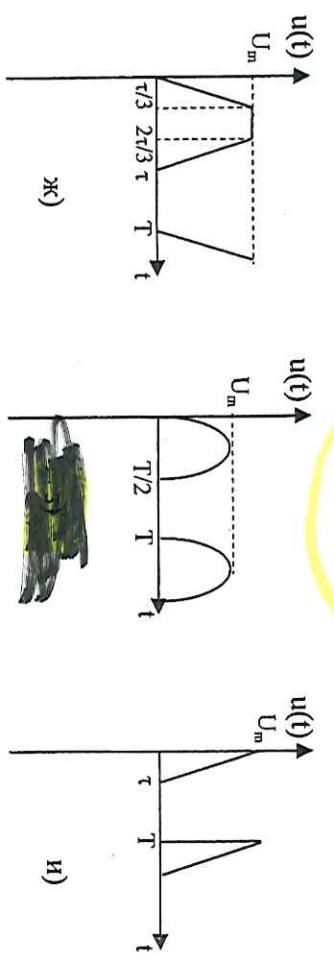
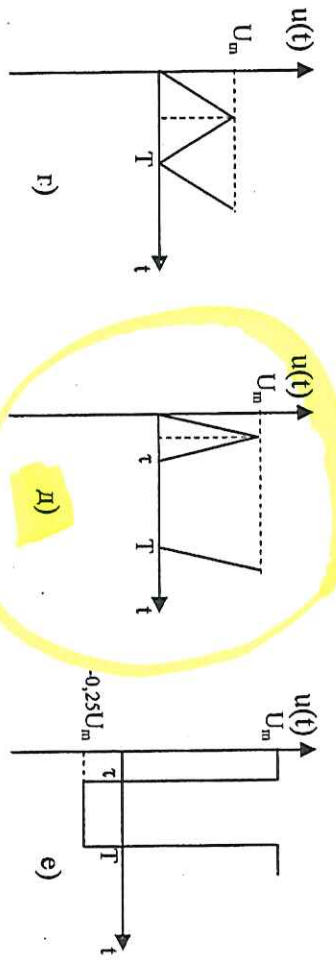
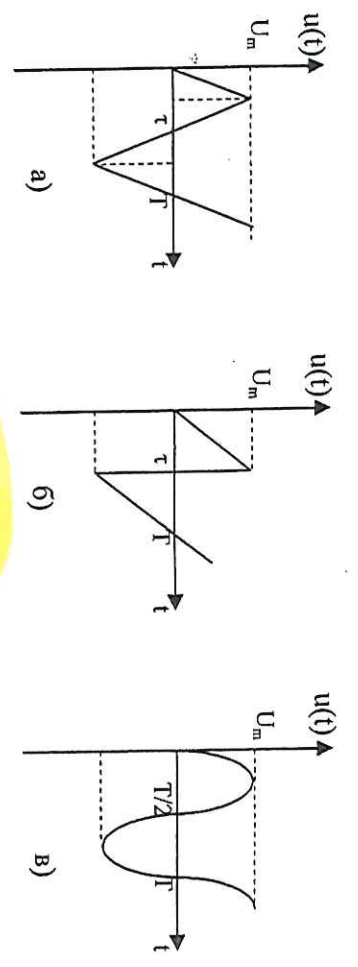


Таблица 3.1

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рис.1	б	в	д	ж	г	а	к	и	з	е
T, мкс	12	80	30	10	10	50	120	90	90	75
τ, мкс	6	-	10	6	-	25	40	30	-	25
Класс точности	0,5	1,5	0,05	0,1	4,0	2,5	1,0	1,5	4,0	2,5

Таблица 3.2

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_ном, В	1	3	0,1	0,03	5	10	15	3	30	1
U_m, В	0,75	2,5	0,06	0,02	3	8	12	2	27	0,7

Методические указания к решению задачи

Теоретический материал изучите по литературе [1] стр. 124-140 и [2] стр. 63-84.

Порядок решения задачи.

Для расчета параметров напряжения U_0 , U_{cp} и U (п. 3.2.1 задачи) дайте математическое описание сигнала.

Например, напряжение $u(t)$, представляющее собой периодическую последовательность однополярных прямоугольных импульсов (рис. 2 к), описывается следующим образом:

$$u(t) = \begin{cases} U_m & \text{при } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{при } \tau \leq t \leq T. \end{cases}$$

Параметры напряжения рассчитываются с использованием интегральных выражений:

Параметр периодического сигнала	Расчетная формула
-среднее значение напряжения за период - U_0	$U_0 = \int_0^T u(t) dt$

Рисунок 2 - Форма исследуемых сигналов

-средневыпрямленное напряжение - $U_{ср.в.}$	$U_{ср.в.} = \int_0^T u(t) dt$
-среднеквадратическое напряжение за период - U	$U = \sqrt{\int_0^T u^2(t) dt}$

Коэффициенты, характеризующие форму сигнала (п. 3.2.2), определяются следующим образом:

Параметр периодического сигнала	Расчетная формула
Коэффициент амплитуды	$K_a = \frac{U_m}{U}$
Коэффициент формы	$K_f = \frac{U}{U_{ср.в.}}$
Коэффициент усреднения	$K_y = K_a \times K_f = \frac{U_m}{U_{ср.в.}}$

Для самоконтроля при решении задачи необходимо иметь в виду, что $1 < K_f < K_a < K_y$.

Показания вольтметров (п. 3.2.3) рассчитываются с учетом открытого или закрытого входа ($U_{лв.з}$, $U_{лв.о}$, $U_{кв.о}$) и коэффициентов градуировки:

Тип вольтметра	Показания вольтметра с открытым входом	Показания вольтметра с закрытым входом
Линейный вольтметр (ЛВ)	$U_{лв.о} = 1,11 \times U_{ср.в.} = 1,11 \times \int_0^T u(t) dt$	$U_{лв.з} = 1,11 \times U_{ср.в.з} = 1,11 \times \int_0^T u(t) - U_0 dt$
Пиковый вольтметр (ПВ)	$U_{пв.о} = 0,707 \times U_{\max}$	$U_{пв.з} = 0,707 \times (U_{\max} - U_0)$
Квадратичный вольтметр (КВ)	$U_{кв.о} = \sqrt{\int_0^T u^2(t) dt}$	$U_{кв.з} = \sqrt{\int_0^T [u(t) - U_0]^2 dt}$

Коэффициенты градуировки аналоговых вольтметров вводятся в связи с особенностями их градуировки.

Правило градуировки аналоговых вольтметров:

- 1 для градуировки аналоговых вольтметров используется образцовый синусоидальный сигнал;
- 2 шкала всех вольтметров (ЛВ, ПВ, КВ) градуируется в действующих значениях синусоидального напряжения;
- 3 для определения измеряемого напряжения необходимо произвести перерасчет показания вольтметра в измеряемое значение.

Тип вольтметра	Коэффициент градуировки	Расчет измеряемого параметра по показаниям вольтметра
Линейный вольтметр (ЛВ)	1,11	$U_{ср.в.} = \frac{U_{лв.о}}{1,11}$
Пиковый вольтметр (ПВ)	0,707	$U_{\max} = \frac{U_{пв.о}}{0,707}$
Квадратичный вольтметр (КВ)	1	$U = U_{кв.о}$

Погрешность показания вольтметров (п. 3.2.4) определяется по классу точности прибора.

Различают четыре способа расчета класса точности стрелочных приборов (см. литературу [6], тема 2.2).

Форма выражения класса точности	Условное обозначение	Расчетная формула
Максимально допустимая приведенная погрешность прибора	K	$K \geq \delta_{прив.} \% = \frac{\Delta_{\max}}{A_{ном}} \times 100\%$
Максимально допустимая относительная погрешность прибора	(K)	$(K) = \delta_{отн.} \% = \frac{\Delta_{\max}}{A_{изм}} \times 100\%$
Максимально допустимая относительная погрешность прибора	c/d	$\delta_{\max} \% = \left[c + d \left(\frac{A_{ном}}{A_{изм}} - 1 \right) \right]$
Максимально допустимая абсолютная погрешность прибора	a, b	$\Delta_{\max} = a + b \times A_{изм}$

Наиболее часто используется первые два способа расчета.

По заданному классу точности рассчитайте максимально допустимую абсолютную погрешность вольтметров Δ_{\max} и соответственно максимально допустимую относительную погрешность измерения $\delta_{\max} \%$ для каждого вольтметра:

$$\delta_{\max}^{\text{изм}} \% = \frac{\Delta_{\max}}{U_V} \times 100\%$$

Показания вольтметров запишите в соответствии с требованиями МИ 1317-86.

Задание 4 Измерение временных параметров электрических сигналов электронным осциллографом

4.1 Дайте письменный ответ на следующие теоретические вопросы:

4.1.1 причины погрешности измерения интервалов времени электронным осциллографом в режиме линейной развертки;

4.1.2 порядок расчета погрешности измерения периода $\delta\%$ и частоты $\delta\%$ электрического сигнала электронным осциллографом в режиме линейной развертки;

4.1.3 причины погрешности измерения частоты электрического сигнала электронным осциллографом в режиме синусоидальной развертки;

4.1.4 порядок расчета погрешности измерения частоты электрического сигнала $\delta\%$ электронным осциллографом в режиме синусоидальной развертки.

4.2 Задача.

На вход «У» осциллографа в режиме линейной развертки подается синусоидальное колебание частотой 50 кГц. Длительность прямого хода напряжения развертки $u_x(t)$ составляет 17,5 мкс, длительность обратного хода 2,5 мкс.

Графически продемонстрируйте принцип получения осциллограммы данного сигнала на экране. Поясните недостатки полученного изображения и их причину.

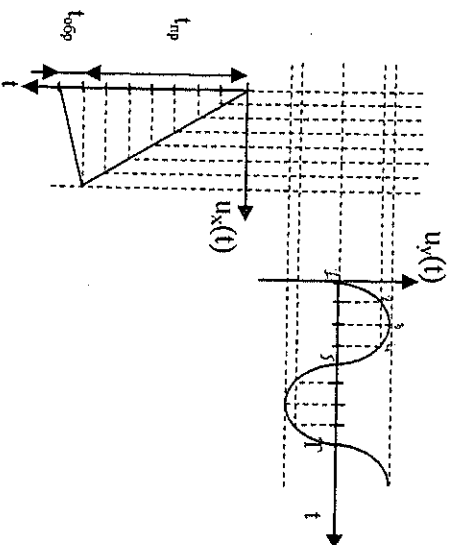


Рисунок 3 - Графическое построение изображения на экране ЭО