

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра физики и автоматики

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

*Для студентов, обучающихся по направлению подготовки
35.03.06 Агроинженерия, направленности (профили)
«Информационные технологии в электроэнергетике»
и «Электрооборудование и электротехнологии»,
очной и заочной форм обучения*

КАРАВАЕВО
Костромская ГСХА
2021

УДК 621.3. 01

ББК 30.10

М 54

Составители: сотрудники Костромской ГСХА канд. техн. наук, доцент, декан электроэнергетического факультета, доцент кафедры физики и автоматики Костромской ГСХА *А.В. Рожнов*, канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий в электроэнергетике *А.С. Яблоков*.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ремонта и основ конструирования машин Костромской ГСХА *Г.С. Березовский*.

Рекомендовано методической комиссией электроэнергетического факультета в качестве методических указаний по выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности (профили) «Информационные технологии в электроэнергетике» и «Электрооборудование и электротехнологии», очной и заочной форм обучения

М 54 Метрология, стандартизация и сертификация : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / сост. А.В. Рожнов, А.С. Яблоков. — Караваяево : Костромская ГСХА, 2021. — 28 с. ; 20 см. — 100 экз. — Текст непосредственный.

В издании приводятся краткие теоретические сведения, перечень заданий для выполнения расчетно-графической работы, примеры выполнения заданий.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов 35.03.06 Агроинженерия, направленности (профили) «Информационные технологии в электроэнергетике» и «Электрооборудование и электротехнологии» очной и заочной форм обучения.

УДК 621.3. 01

ББК 30.10

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| 1. Краткие теоретические сведения..... | 5 |
| 1.1. Основные понятия | 5 |
| 1.2. Погрешность измерения | 6 |
| 1.3. Расширение предела измерения | 9 |
| 1.4. Анализ осциллограмм..... | 11 |
| 2. Примеры решения задач | 13 |
| 3. Задания для расчетно-графической работы | 15 |
| Список рекомендуемых источников..... | 25 |

Введение

Развитие сельского хозяйства и его техническое перевооружение на базе достижений науки и техники невозможны без совершенствования метрологии в этой области. С каждым годом растет автоматизация производства в животноводстве, растениеводстве и переработке продукции сельскохозяйственной промышленности. С ростом уровня автоматизации растет и количество контролируемых параметров, а, следовательно, и количество необходимых измерений. При этом, необходимо проводить измерения как электрических величин, например, силы тока, напряжения в сети, сопротивления изоляции обмоток двигателей, так и неэлектрических, таких как: температура, влажность, содержание углекислого газа и аммиака в воздухе, уровень освещенности и т.п. Для обеспечения высокой чувствительности и точности, расширения предела измерения, упрощения процессов передачи, хранения и обработки измерительной информации неэлектрические величины преобразуют в электрические. Поэтому, для работы с современным электрооборудованием сельскохозяйственного назначения агроинженеру необходимо уметь проводить электрические измерения, анализировать измерительные сигналы.

Цель расчетно-графической работы «Измерение электрических величин» – проверить наличие необходимых знаний, умений и навыков в области измерения электрических величин, оценки их погрешности при прямых и косвенных измерениях, анализа изменяющихся измерительных электрических сигналов с помощью осциллограмм.

В издании приведены краткие теоретические сведения, примеры выполнения заданий и задания для расчетно-графической работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности (профили) Информационные технологии в электроэнергетике, Электрооборудование и электротехнологии, очной и заочной форм обучения.

1. Краткие теоретические сведения

1.1. Основные понятия

Метрология (от греч. metron – мера, logos – учение) – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. В реальной жизни метрология не только наука, но и область практической деятельности, связанной с изучением физических величин. Предметом метрологии является получение количественной информации о свойствах объектов и процессов, т.е. измерение свойств объектов и процессов с требуемой точностью и достоверностью.

Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Электрические измерения – наиболее распространенный вид измерений: напряжение, ток, частота, индуктивность, ёмкость и т. д.

Неэлектрические величины, в основном, измеряются путем преобразования их в электрические величины: давление, температура, скорость и т.д. Это связано с тем, что измерять электрическую величину удобней, а процесс измерения можно легко автоматизировать.

В метрологии измерения классифицируют: по методике обработки экспериментальных данных – прямые, косвенные и совместные; по числу измерений – однократные, многократные.

Прямые измерения – это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно с помощью специальных технических средств.

Косвенные измерения – это измерения, при которых искомое значение величины вычисляют по формуле, связывающей эту величину с величинами, полученными прямыми измерениями.

Совместные измерения – это измерения, состоящие из измерений нескольких величин в изменяющихся условиях и последующего нахождения зависимости между этими величинами. Причем, измерения этих величин могут быть как прямыми, так и косвенными.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз.

Многократные измерения – измерения, состоящие из серии однократных измерений.

1.2. Погрешность измерения

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. В результате измерений мы всегда получаем значение величины с некоторой погрешностью. Поэтому в задачу измерений входит не только нахождение значения величины, но также и оценка допущенной при этом погрешности.

Погрешностью измерения называется отклонение измеренного значения от истинного значения измеряемой величины. При этом различают абсолютную и относительную погрешности.

Абсолютная погрешность измерения – это разница между измеренным x и истинным $x_{ист}$ значениями измеряемой величины, выраженная в единицах измеряемой величины:

$$\Delta_x = x - x_{ист} \quad (1)$$

Относительная погрешность измерения – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{x_{ист}} \quad (2)$$

Случайные погрешности – это погрешности, значения которых изменяются непредсказуемым образом при повторных измерениях одной и той же величины. Они обусловлены большим числом случайных причин, действие которых на каждое измерение различно и не может быть заранее

учтено (колебания воздуха, вибрации здания, трения в осях при взвешивании, изменение внимания оператора и т. д.).

К этой же группе относятся *грубые погрешности* – это погрешности, существенно превышающие ожидаемые значения погрешностей (резкое изменение напряжения в сети), а также промахи – погрешности, зависящие от наблюдателя и связанные с неправильным обращением со средствами измерений, неверным отсчетом показаний или ошибками при записи результатов.

Систематические погрешности – это такие погрешности, значения которых при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по определенному закону. Если удастся обнаружить причину и найти закон изменения систематической погрешности, то ее необходимо исключить введением поправки к измеренному значению.

В зависимости от причин возникновения различают четыре вида систематических погрешностей:

а) *погрешности метода*, происходящие от ошибочности или недостаточной разработанности принятой теории метода измерения;

б) *инструментальные погрешности*, зависящие от погрешностей применяемых средств измерений;

в) погрешности, обусловленные неправильной установкой и взаимным расположением средств измерения;

Значение инструментальной погрешности средства измерения, т.е. инструментальная погрешность, задается с доверительной вероятностью (надежностью) $\alpha=1$ при нормальных условиях эксплуатации. Пределы допускаемой основной погрешности средств измерений устанавливаются в виде абсолютных Δ_u , приведенных γ или относительных δ погрешностей, или в виде определенного числа делений. Значения

погрешностей указываются либо в виде условных обозначений на шкале прибора, либо в паспорте измерительного прибора.

Приведенная погрешность – это выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению:

$$\gamma = \frac{\Delta_I}{x_N} * 100\% \quad (3)$$

Для приборов с нулевой отметкой (слева) нормирующее значение равно *конечному значению предела (диапазона) измерений*.

Для приборов с двухсторонней шкалой (нуль посередине) оно равно *арифметической сумме конечных значений диапазона измерений*.

Приведенная погрешность определяет класс точности прибора, который указывается на его шкале.

Зная класс точности измерительного прибора и нормирующее значение, можно вычислить абсолютную погрешность:

$$\Delta_I = \frac{\gamma x_N}{100}. \quad (4)$$

Довольно часто прямое измерение интересующей величины вызывает затруднение по каким-либо причинам. В этом случае проводят косвенные измерения. При косвенных измерениях значение искомой величины q находят на основании математической зависимости, связывающей эту величину с одной или несколькими величинами (x, y, \dots, w), измеряемыми прямыми методами:

$$q = f(x, y, \dots, w). \quad (5)$$

Погрешность результата q также будет функционально связана с погрешностями измеряемых величин x, y, \dots, w .

Значения x, y, \dots, w обычно находят путем прямых измерений, и их погрешности определяются чаще всего пределами допускаемых погрешностей применяемых средств измерений.

В общем случае абсолютная погрешность функции нескольких величин (5), погрешности которых независимы и случайны, находится по формуле:

$$\Delta q = \sqrt{\left(\frac{\partial q}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial q}{\partial w} \Delta w\right)^2}. \quad (6)$$

Относительную погрешность можно найти, зная абсолютную погрешность, по формуле (2).

1.3. Расширение предела измерения

Измерительные приборы не всегда можно включать непосредственно в измерительную цепь, так как диапазон их измерений ограничен. Каждый прибор имеет свой предел измерений (по току и напряжению). Поэтому чтобы расширить диапазон измерений приборов, используют *масштабные измерительные преобразователи*. Их роль выполняют добавочные сопротивления, шунты, измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Шунтирующие резисторы (шунты) служат для расширения пределов измерения по току. Измерительные приборы включают с такими резисторами *параллельно* (рисунок 1).

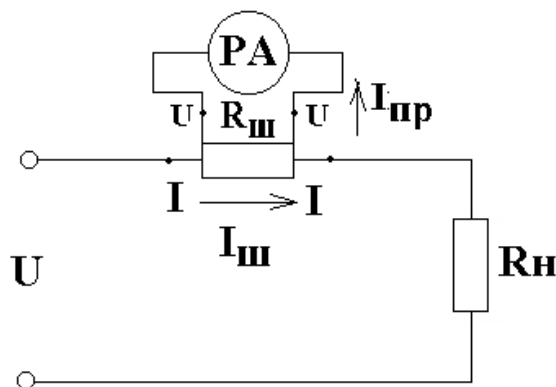


Рисунок 1 — Подключение шунта

Сопротивление шунтирующего резистора определяется из соотношения

$$I_{ш}R_{ш}=I_{пр}R_{пр} ,$$

где $I_{ш}$ – ток шунтирующего резистора;

$I_{пр}$ – допустимый ток прибора;

$R_{пр}$ – входное сопротивление прибора.

$$R_{ш}=\frac{I_{пр}R_{пр}}{I_{ш}}.$$

По первому закону Кирхгофа $I_{ш} = I - I_{пр}$, тогда

$$R_{ш}=\frac{R_{пр}}{n-1}, \quad (7)$$

где $n=\frac{I}{I_{пр}}$ – коэффициент шунтирования.

Тогда сила тока, измеряемая амперметром, будет:

$$I=nI_{пр}. \quad (8)$$

Шунтирующие резисторы, рассчитанные на небольшие токи, устанавливают в корпусе прибора, а рассчитанные на большие токи – поставляются отдельно от прибора (*наружные шунты*). Наружные шунты рассчитывают на определенные напряжения. Для этого их калибруют.

Для уменьшения погрешности шунты изготавливают из *манганина* и снабжают двумя парами контактов – *потенциальными* и *токовыми*.

Преимущественное распространение шунты получили для *расширения пределов по току магнитоэлектрических приборов, используемых в цепях постоянного тока*.

Добавочные резисторы служат для расширения пределов измерений по напряжению. Их включают последовательно с измерительным прибором (вольтметром) (рисунок 2).

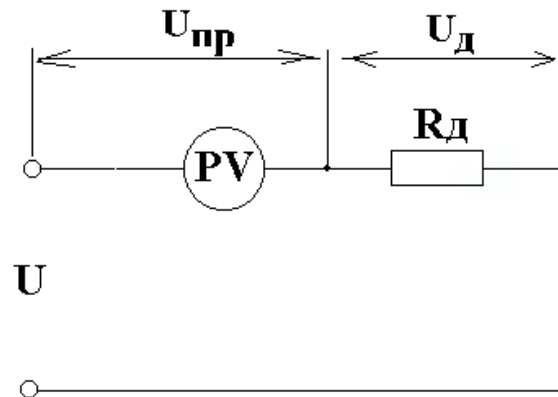


Рисунок 2 — Подключение добавочного резистора

Сопротивление добавочного резистора должно быть таким, чтобы сила тока в цепи не превышала значения

$$I = \frac{U_{np}}{R_{np}} = \frac{U}{R_{np} + R_{\partial}} = \frac{m U_{np}}{R_{np} + R_{\partial}} \quad (9)$$

где $m = \frac{U}{U_{np}}$.

$$R_{\partial} = R_{np}(m - 1) \quad (10)$$

Добавочные резисторы, как и шунты, изготавливают как встроенными в прибор, так и наружными. Классы точности у них такие же, как и у шунтов.

Несмотря на большой диапазон расширения пределов измерений при помощи шунтов и добавочных сопротивлений, возможности их ограничены. Так, шунты предназначены для преобразований токов до 5000 А, а добавочные резисторы – напряжений до 30 кВ.

1.4. Анализ осциллограмм

Часто возникает ситуация, когда необходимо измерять мгновенное значение напряжения сигнала за определенный промежуток времени, а также видеть этот сигнал визуально. Для быстро меняющегося сигнала

такие измерения невозможно произвести с помощью вольтметра. В этом случае не обойтись без осциллографа. С его помощью можно не только наблюдать форму сигнала, например, для оценки величины пульсации напряжения, но и производить измерения мгновенного, амплитудного напряжения, периода, частоты, разности фаз. Современные цифровые осциллографы обладают богатым инструментом для анализа сигнала, например, разложения в ряд Фурье.

По осциллограмме легко оценить значение напряжения в любой точке и его амплитудную величину, для этого нужно просто посчитать количество делений по вертикали (до интересующей точки) и умножить на значение напряжения вертикальной развертки. Вертикальная развертка показывает, сколько вольт (милливольт) в одном сантиметре (рисунок 3).

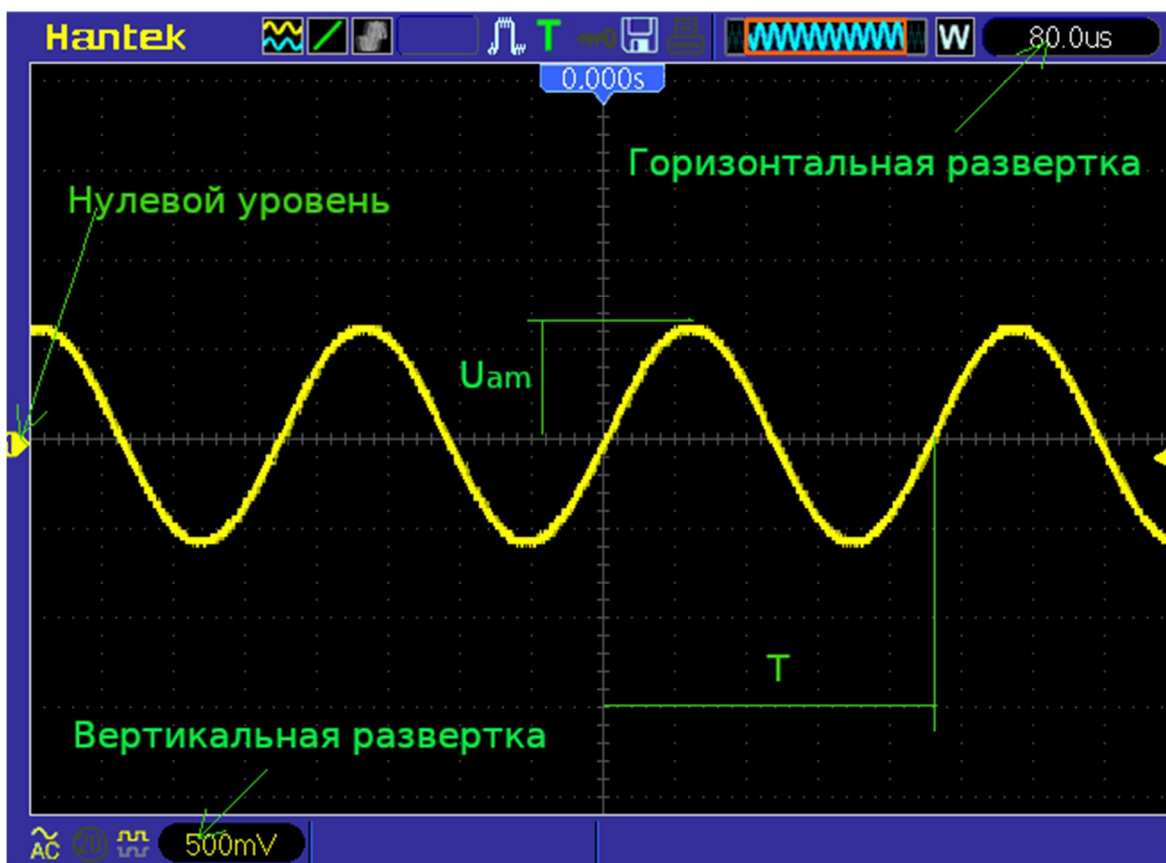


Рисунок 3 — Осциллограмма синусоидального сигнала

Для измерения периода сигнала нужно количество делений по горизонтали умножить на время горизонтальной развертки.

2. Примеры решения заданий

Приведем пример решения наиболее трудных заданий.

Задание 1.

Определить цену деления шкалы и показания вольтметра с учетом допустимой абсолютной погрешности, если указатель отклонился на "n" делений, предел измерения U_H и приведенная погрешность γ .

Дано:

$$\begin{aligned}U_H &= 30 \text{ В} \\n_{шк} &= 15 \text{ дел} \\n &= 10 \text{ дел} \\ \gamma &= 0,2\%\end{aligned}$$

Решение:

1) Определим цену деления шкалы вольтметра:

$$\begin{aligned}C_{в} &= \frac{U_H}{n_{шк}}, \\ C_{в} &= \frac{30}{15} = 2 \frac{\text{В}}{\text{дел}}.\end{aligned}$$

2) Определим показания прибора:

$$\begin{aligned}U &= n \cdot C_{в}, \\ U &= 10 \cdot 2 = 20 \text{ В}.\end{aligned}$$

3) С помощью выражения (4) определим допустимую абсолютную погрешность:

$$\begin{aligned}\Delta U &= \frac{\gamma U_H}{100}, \\ \Delta U &= \frac{0,2 \cdot 30}{100} = 0,06 \text{ В}.\end{aligned}$$

4) Результат измерения: $U = 20 \pm 0,06 \text{ В}$.

Задание 2.

Определяется сопротивление проводника длиной $l=15$ см, диаметром $d=0,024$ мм из вольфрама с удельным сопротивлением $\rho=0,055 \cdot 10^{-6}$ Ом·м по формуле:

$$R = \rho \frac{4l}{\pi d^2}.$$

Относительные погрешности измерения длины и диаметра – $\delta l = \pm 1$ %, $\delta d = \pm 0,5$ %. Найти погрешность вычисления сопротивления проводника, записать результат измерения.

Решение:

1) Так как погрешности независимы, то воспользуемся формулой (6) для нахождения относительной погрешности косвенных измерений:

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial l} \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial d} \Delta d\right)^2}. \quad (11)$$

Найдем частные производные:

$$\frac{\partial R}{\partial l} = \frac{4\rho}{\pi d^2}, \quad \frac{\partial R}{\partial d} = \frac{-8\rho l}{\pi d^3}.$$

2) Найдем абсолютные погрешности по формуле (2):

$$\Delta l = \frac{1 \cdot 0,15}{100} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$
$$\Delta d = \frac{0,5 \cdot 0,024 \cdot 10^{-3}}{100} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

3) Подставив числовые значения в выражение (11), найдем абсолютную погрешность измерения сопротивления.

Результат косвенного измерения: $R = 18,23 \pm 0,26$ Ом.

3. Задания для расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа состоит из пяти заданий, варианты выбираются по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки).

Задание 1.

Определить цену деления шкалы и показания вольтметра с учетом допустимой абсолютной погрешности, если указатель отклонился на " n " делений, предел измерения U_n и приведенная погрешность γ .

Таблица 1 – Предел измерения и погрешность вольтметра

| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| U_n , В | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 5,0 | 15 | 30 | 50 | 100 | 150 | 300 |
| γ , % | 4,0 | 5 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 4,0 | 0,05 | 2,5 |

Таблица 2 – Деления шкалы

| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $n_{шк}$, дел | 10 | 30 | 15 | 25 | 30 | 15 | 25 | 50 | 30 | 30 |
| n , дел | 6 | 18 | 9 | 15 | 25 | 10 | 20 | 35 | 10 | 20 |

Задание 2.

В таблице 3 указаны значения измеренных величин, а в таблице 4 – относительные погрешности их измерений, выраженные в процентах. Представить результат косвенного измерения неизвестной величины, формула вычисления которой приведена в таблице 3. Найти аналитическое выражение для определения наибольшей погрешности результата измерения, используя способ дифференцирования функции нескольких переменных. Вычислить абсолютную погрешность по найденным выражениям.

Таблица 3 – Формула для расчета и значения прямо измеренных величин

| Последняя цифра шифра | Косвенно измеряемая величина | | Прямо измеренные величины и их погрешности | |
|-----------------------|--|--------------------|--|---|
| 0 | $L = \frac{1}{C(2\pi f)^2}$ | Индуктивность [Гн] | $C = 1,2 \text{ мкФ}$ $f = 2 \text{ кГц}$ | $\delta_C = XX \%$ $\delta_f = YY \%$ |
| 1 | $P = \frac{U^2}{R}$ | Мощность [Вт] | $U = 36 \text{ В}$ $R = 120 \text{ Ом}$ | $\delta_U = XX \%$ $\delta_R = YY \%$ |
| 2 | $X = \frac{1}{2\pi f C}$ | Сопротивление [Ом] | $C = 1,2 \text{ мкФ}$ $F = 5 \text{ кГц}$ | $\delta_C = XX \%$ $\delta_f = YY \%$ |
| 3 | $C = \frac{1}{L(2\pi f)^2}$ | Емкость [Ф] | $L = 0,1 \text{ Гн}$ $F = 10 \text{ кГц}$ | $\delta_L = XX \%$ $\delta_f = YY \%$ |
| 4 | $W = \frac{LI^2}{2}$ | Энергия [Дж] | $L = 0,5 \text{ Гн}$ $I = 50 \text{ А}$ | $\delta_L = XX \%$ $\delta_I = YY \%$ |
| 5 | $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$ | Частота [Гц] | $L = 0,2 \text{ Гн}$ $C = 20 \text{ мкФ}$ | $\delta_L = XX \%$ $\delta_C = YY \%$ |
| 6 | $P = I^2 R$ | Мощность [Вт] | $R = 24 \text{ Ом}$, $I = 1,42 \text{ А}$ | $\delta_R = XX \%$ $\delta_I = YY \%$ |
| 7 | $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ | Сопротивление [Ом] | $R = 94 \text{ Ом}$ $X = 120 \text{ Ом}$ | $\Delta_R = XX \%$ $\delta_X = YY \%$ |
| 8 | $P_\sigma = k_\sigma f^2$ | Мощность [Вт] | $f = 100 \text{ Гц}$, $k_\sigma = 0,0007 \text{ Вт/Гц}^{-2}$ | $\delta_f = XX \%$ $\delta_{k_\sigma} = YY \%$ |
| 9 | $C = \frac{2\pi\epsilon\ell}{\ln b/a}$ | Емкость [Ф] | $a = 5 \text{ мм}$, $b = 2 \text{ см}$, $\ell = 10 \text{ см}$ | $\delta_a = XX \%$, $\delta_b = YY \%$ $\delta_\ell = \pm 0,5 \%$, $\epsilon = \epsilon_0$ |

Таблица 4 – Числовые значения относительных погрешностей

| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| XX, % | ±0,2 | ±1,5 | ±0,4 | ±2,1 | ±0,9 | ±2,2 | ±0,7 | ±0,3 | ±0,15 | ±1,6 |
| YY, % | ±0,9 | ±0,1 | ±1,2 | ±0,2 | ±0,9 | ±0,3 | ±1,4 | ±0,8 | ±2,2 | ±0,6 |

Задание 3.

Для расширения предела измерения по напряжению рассчитать для вольтметра заданной системы измерительного механизма добавочное сопротивление. Начертить схему подключения добавочного сопротивления. Варианты заданий даны в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Предельные значения напряжения сети и вольтметра

| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Uсети, В</i> | 5 | 12 | 24 | 36 | 127 | 220 | 380 | 600 | 127 | 220 |
| <i>Uприб, В</i> | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 0,25 | 2,5 | 5,0 | 6,0 | 7,5 | 9,0 | 10 |

Таблица 6 – Сопротивление вольтметра

| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|---|----|----|----|---|----|----|----|---|-----|
| <i>Rприб, кОм</i> | 3 | 15 | 30 | 50 | 3 | 15 | 30 | 50 | 3 | 1,5 |

Задание 4.

Для расширения предела измерения по току рассчитать шунт для миллиамперметра заданной системы, определить его мощность и ток, протекающий через него, падение напряжения на шунте. Начертить схему подключения шунта. Варианты заданий приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Ток амперметра и нагрузки

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Ином.приб.</i> | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 5,0 | 10 | 15 | 20 |
| <i>Инагр.</i> | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 |

Таблица 8 – Сопротивление амперметра

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Rприб.</i> | 450 | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 100 | 75 | 50 |

Задание 5

Для осциллограммы, выбранной по таблице 9, рассчитать частоту сигнала f_0 и амплитудное значение напряжение U_{am0} . Зарисовать осциллограмму и дополнить ее сигналом с заданными в таблице 10 параметрами.

Таблица 9 – Выбор рисунка

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Номер рисунка | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Таблица 10 – Форма и параметры сигнала

| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| Форма сигнала | синусоида | пилообразная | треугольная | меандр | синусоида | пилообразная | треугольная | меандр | треугольная | меандр |
| Частота | $2f_0$ | $0,5f_0$ | f_0 | $3f_0$ | $0,2f_0$ | f_0 | $2f_0$ | $0,5f_0$ | f_0 | f_0 |
| Амплитуда | $0,2U_{am0}$ | U_{am0} | $2U_{am0}$ | $1,5U_{am0}$ | U_{am0} | $0,6U_{am0}$ | $0,1U_{am0}$ | U_{am0} | $0,5U_{am0}$ | U_{am0} |

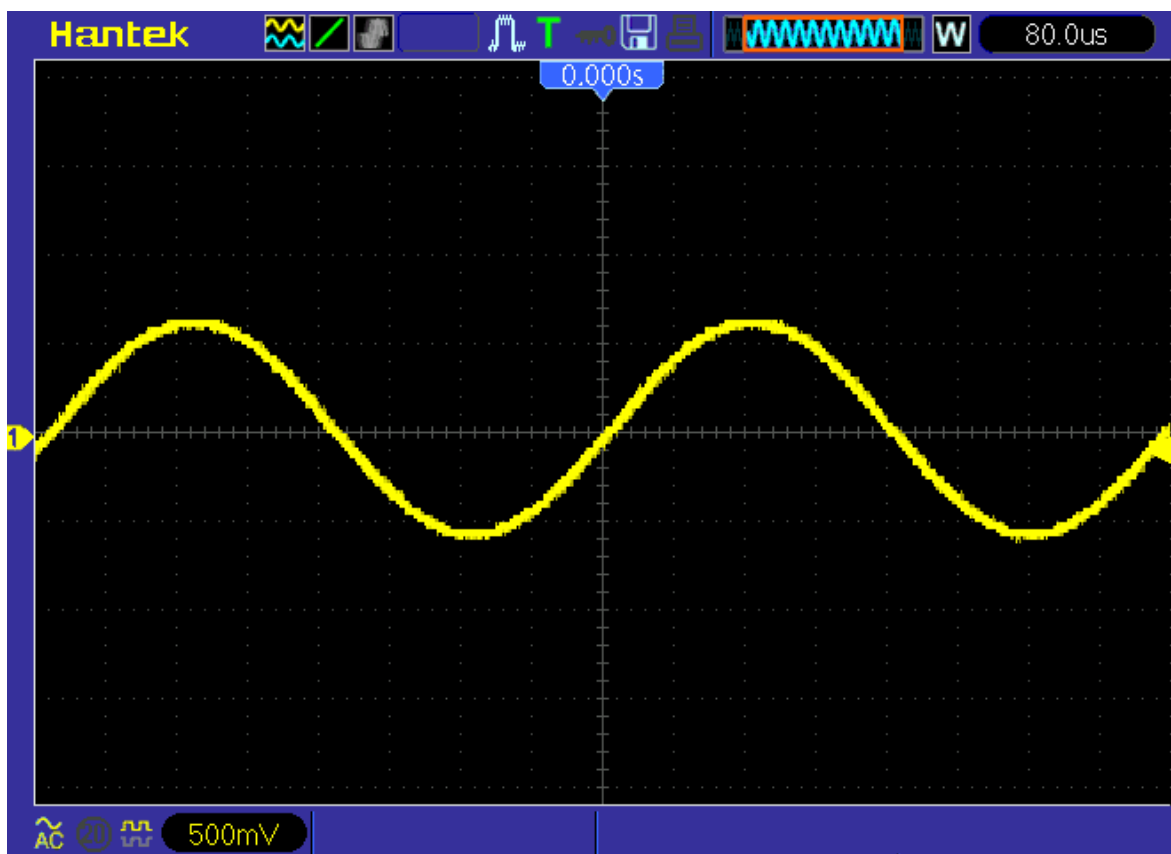


Рисунок 4 – Осциллограмма сигнала

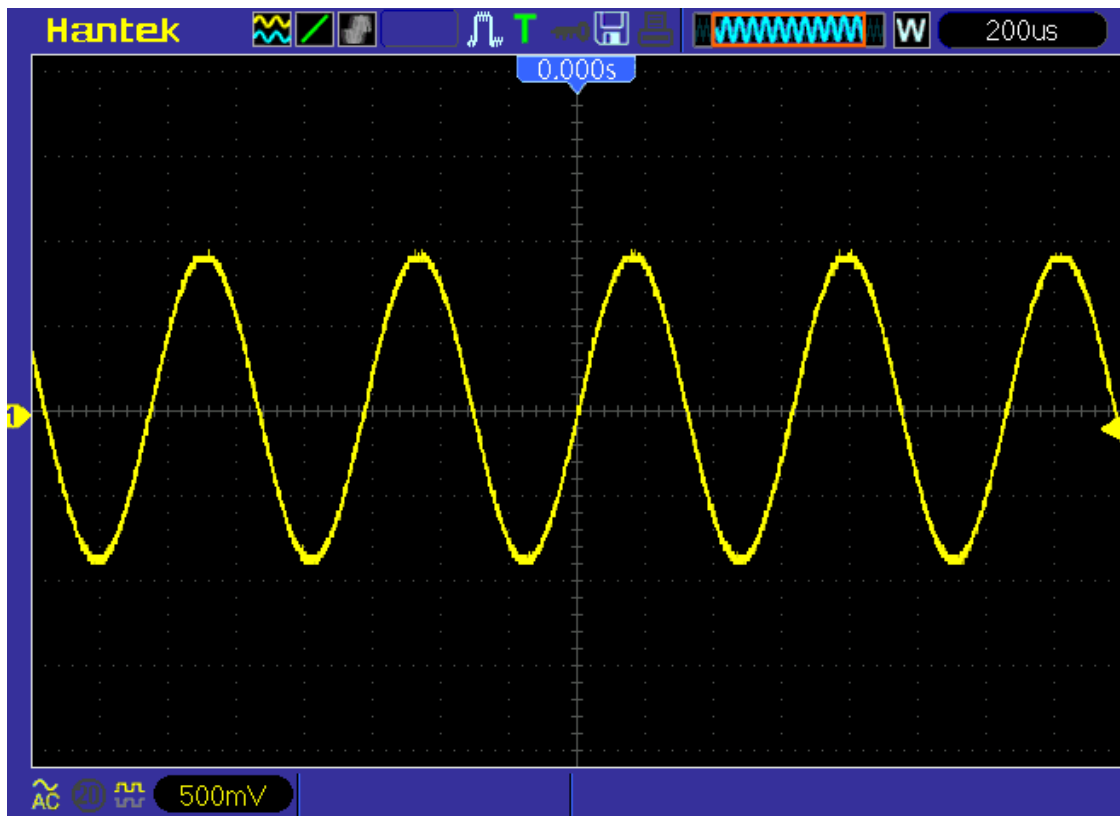


Рисунок 5– Осциллограмма сигнала

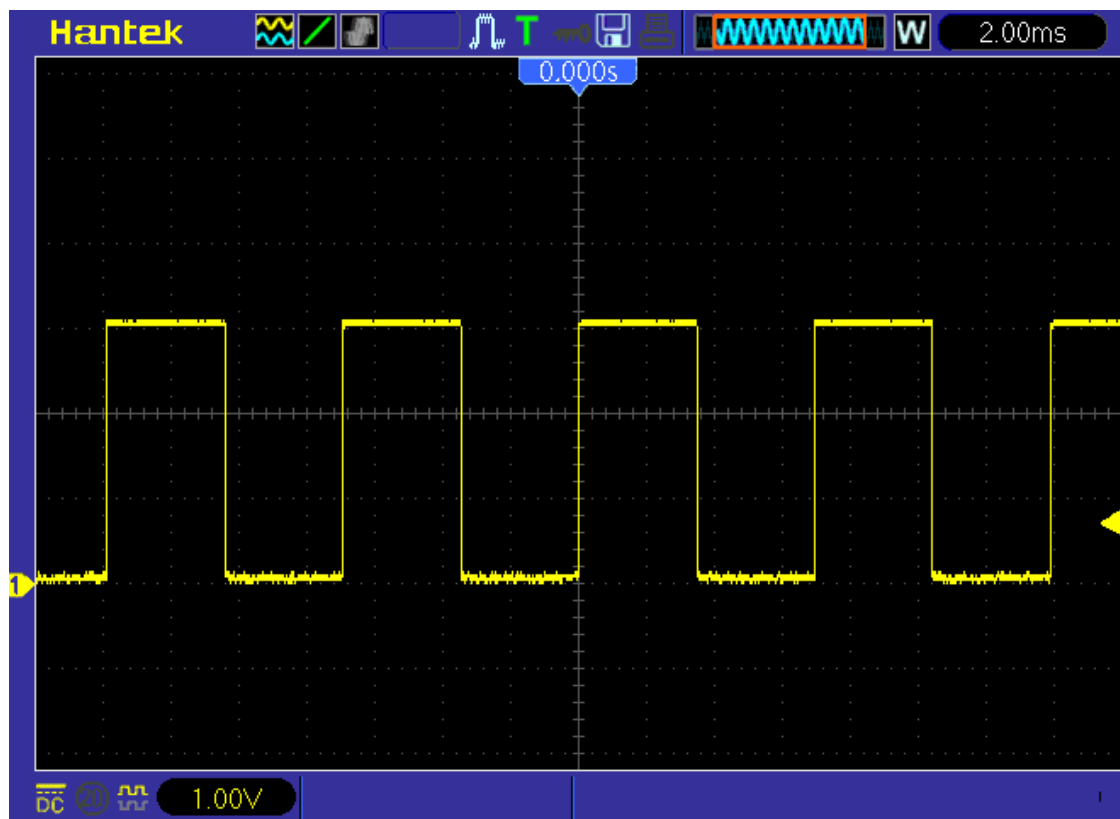


Рисунок 6 – Осциллограмма сигнала

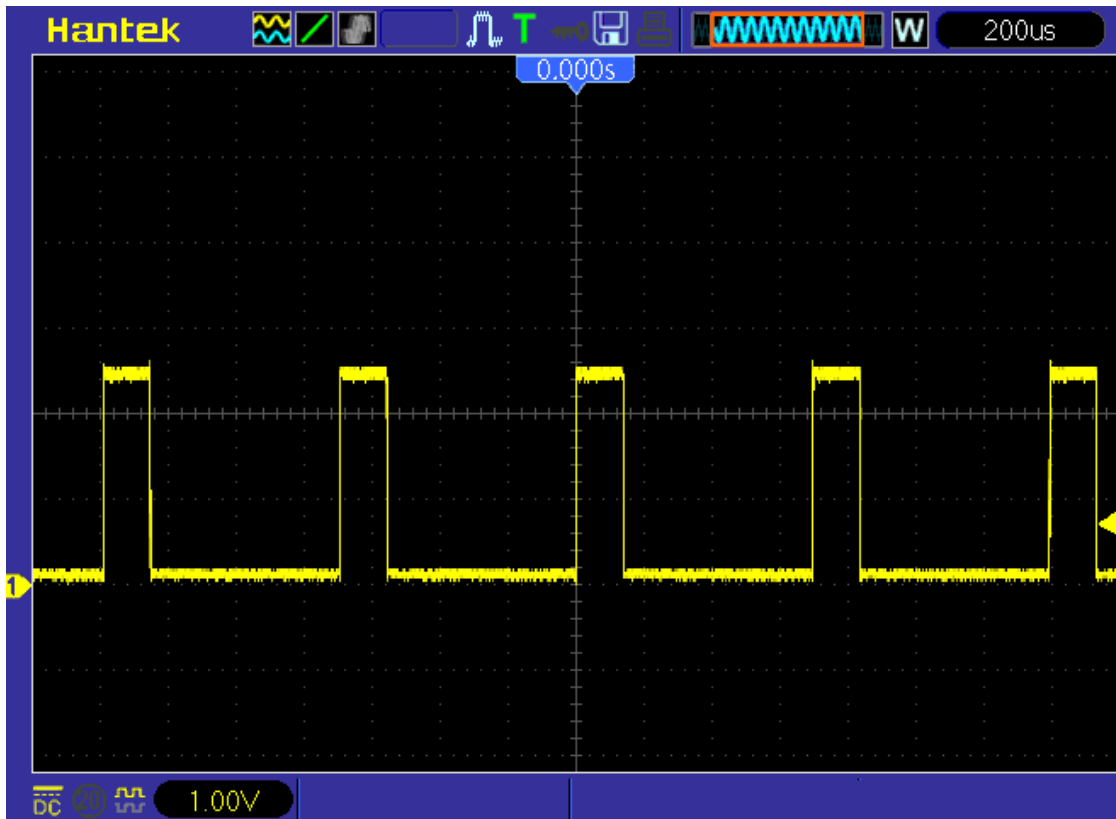


Рисунок 7 – Осциллограмма сигнала

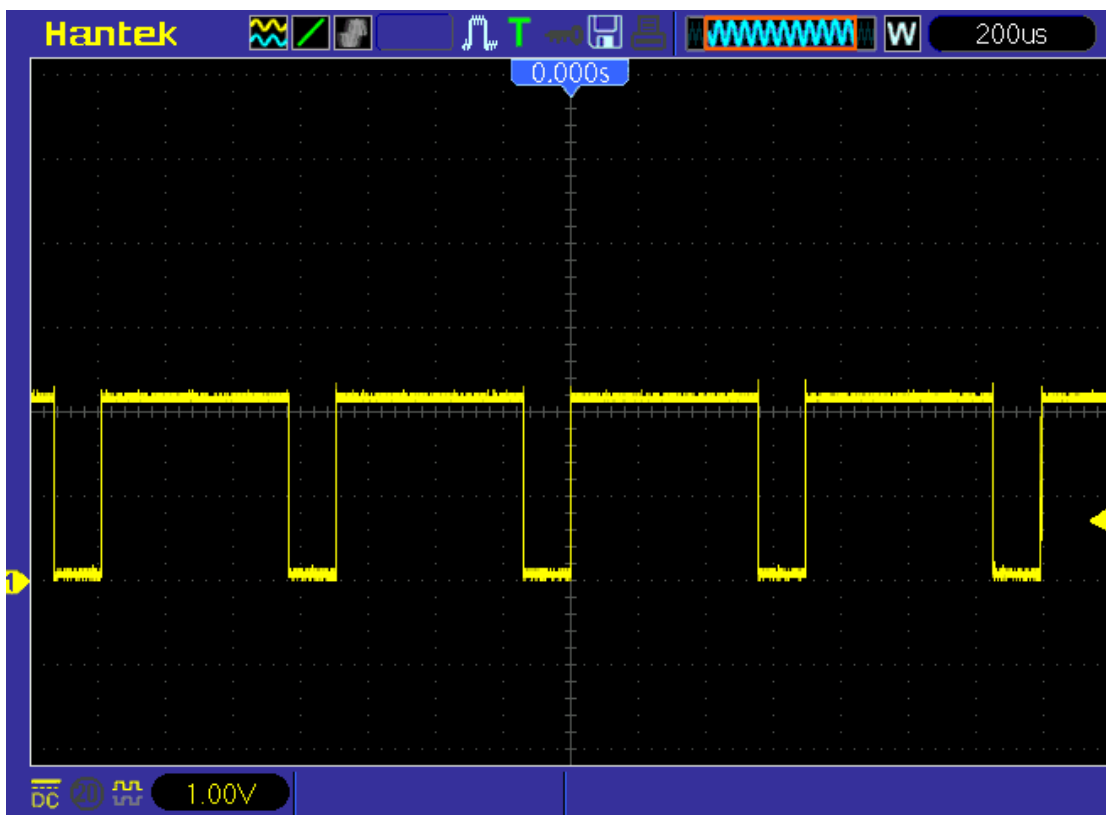


Рисунок 8 – Осциллограмма сигнала

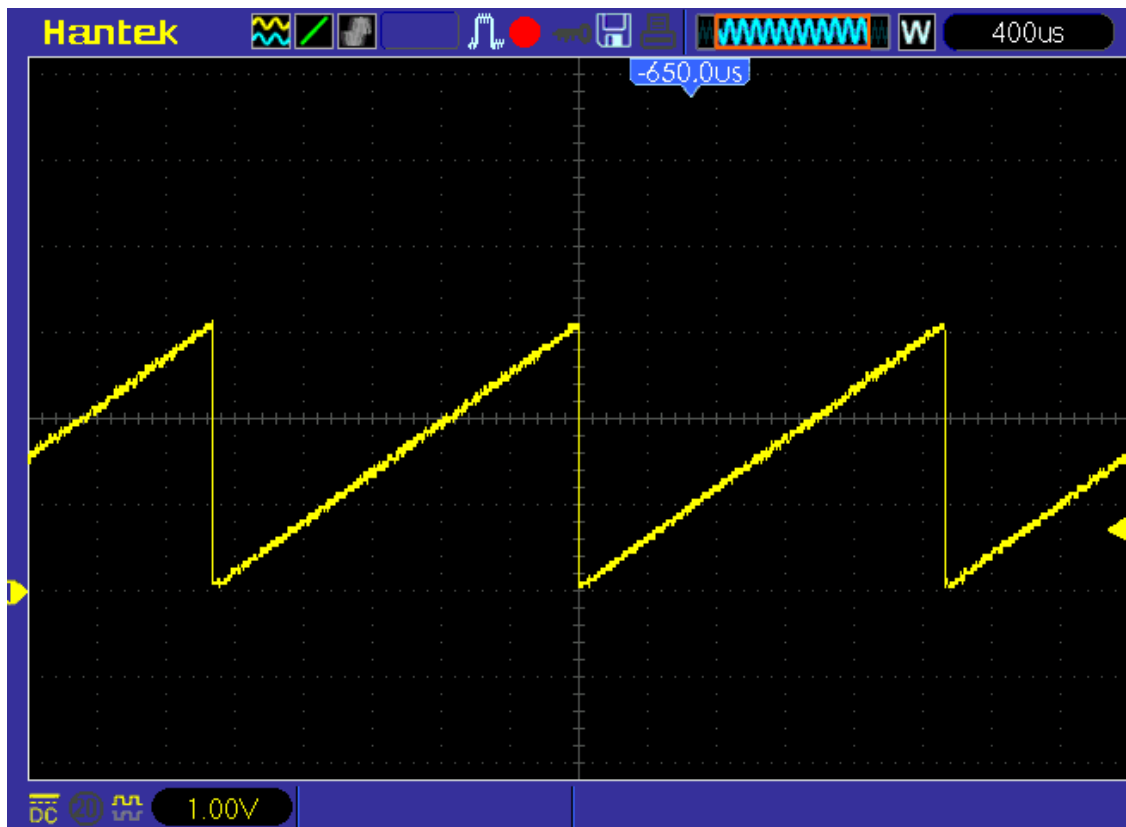


Рисунок 9 – Осциллограмма сигнала

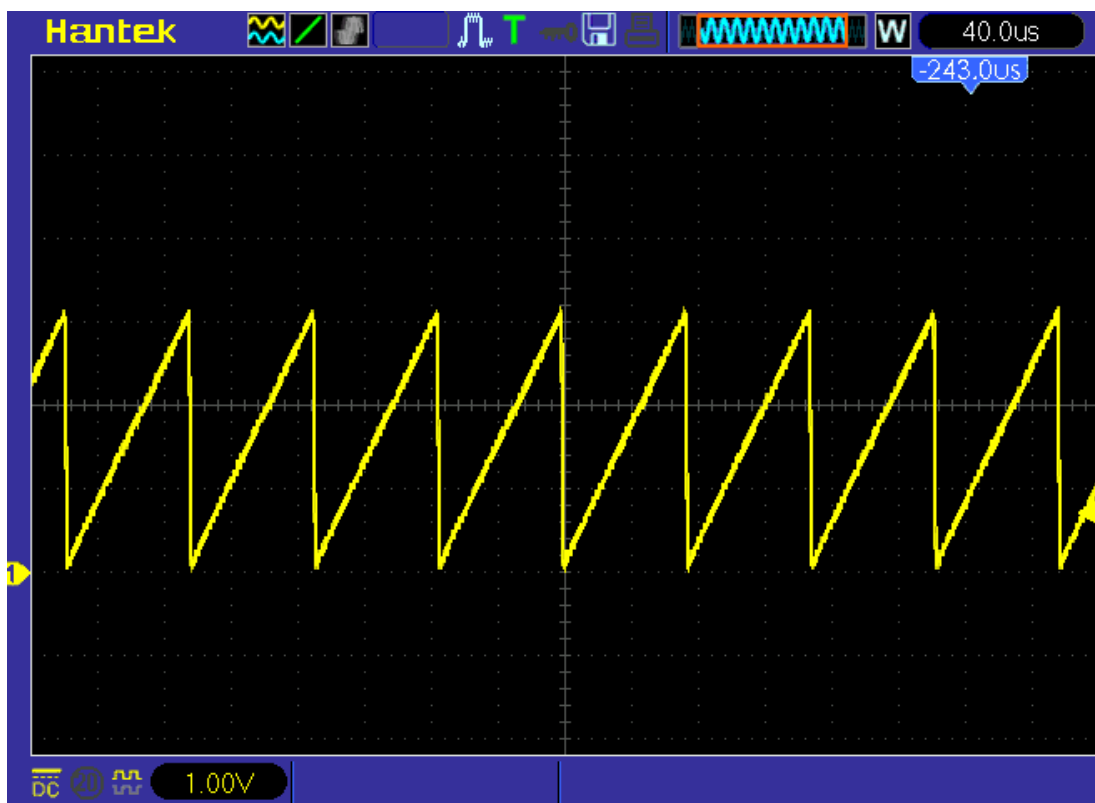


Рисунок 10 – Осциллограмма сигнала

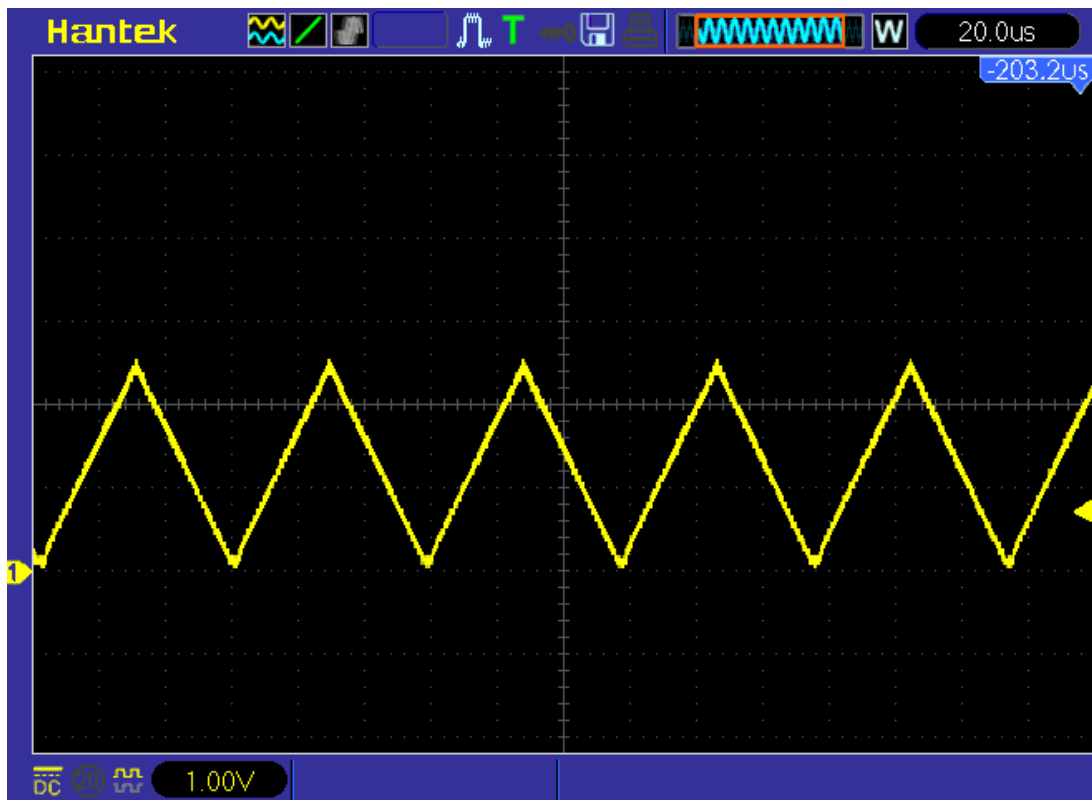


Рисунок 11 – Осциллограмма сигнала

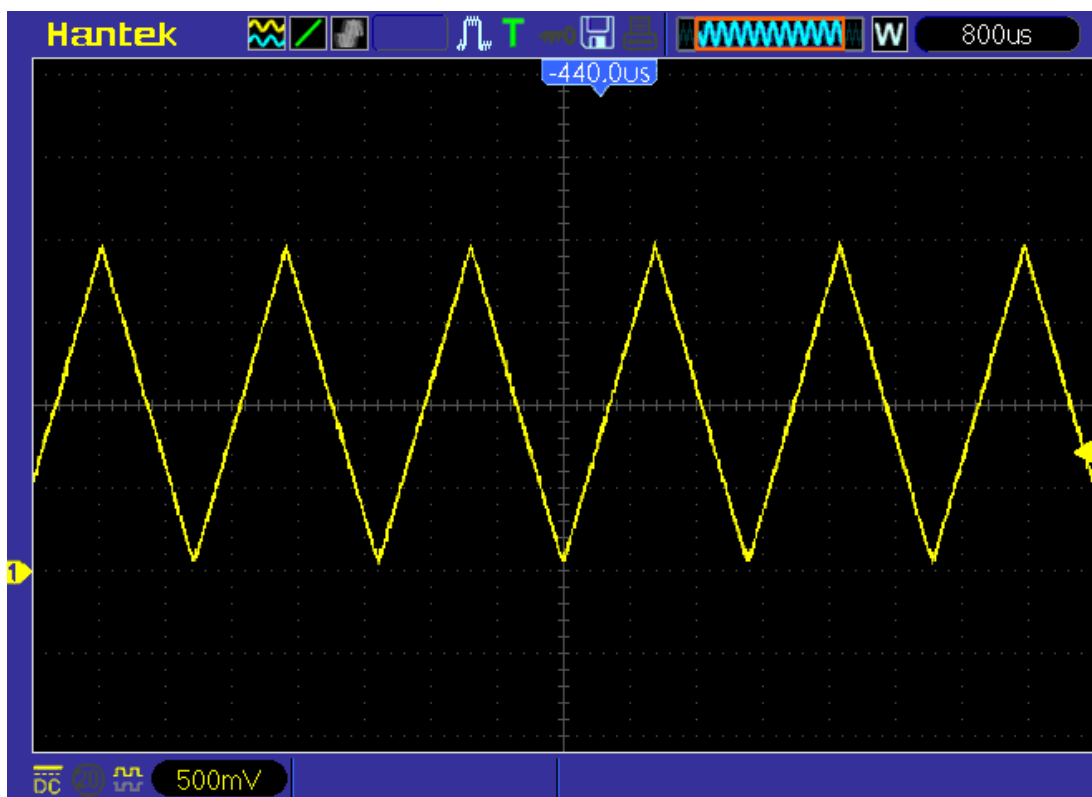


Рисунок 12 – Осциллограмма сигнала

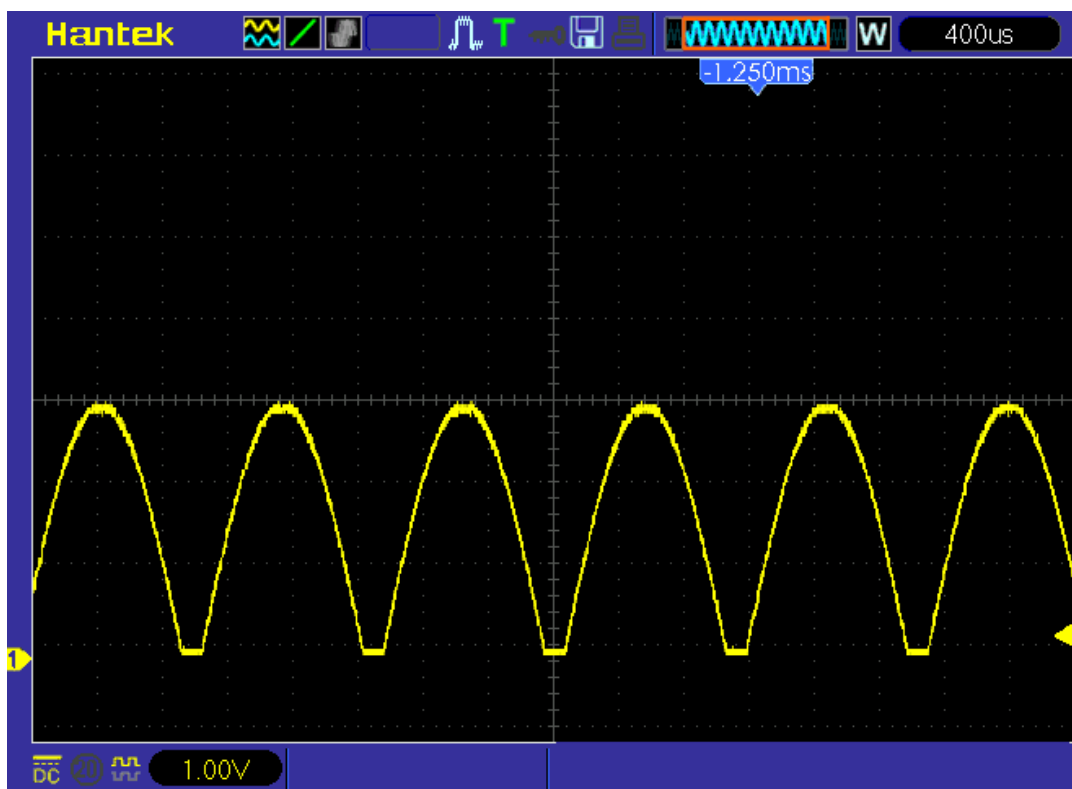


Рисунок 13 – Осциллограмма сигнала

Список рекомендуемых источников

1. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для вузов / Аристов А.И. [и др.]. - 5-е изд., перераб. - М. : Академия, 2013. - 416 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Машиностроение. Бакалавриат). - ISBN 978-5-7695-8597-5. - гл. 213 : 607-20.

2. Миронов Э.Г. Метрология и технические измерения : учебное пособие / Э.Г. Миронов, Н.П. Бессонов. - М. : КНОРУС, 2015. — 422 с. — (Бакалавриат). ISBN 978-5-406-00912-3

3. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений [Текст] : учебник для вузов / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. - 6-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 336 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Приборостроение). - ISBN 978-5-7695-7075-9. - гл. 211 : 477-00.

4. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ким К.К., ред. - СПб : Питер, 2008, 2010. - 368 с.: ил. - ISBN 978-5-469-01090-6 : 278-00.

5. Сергеев, А.Г. Метрология. Стандартизация. Сертификация [Текст] : учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт, 2010. - 820 с. - (Основы наук). - ISBN 978-5-9916--0160-3.

6. Сергеев, А.Г. Метрология и метрологическое обеспечение. — М. : Высшее образование, 2008. — 575 с.

Учебно-методическое издание

Метрология, стандартизация и сертификация : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / сост. А.В. Рожнов, А.С. Яблоков. — Караваяево : Костромская ГСХА, 2021. — 28 с. ; 20 см. — 100 экз. — Текст непосредственный.

*Методические указания по выполнению расчетно-графической работы
издаются в авторской редакции*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваяево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать 01/06/2021. Заказ № 353. Формат 60x84/16. Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 5,28. Бумага офсетная. Отпечатано 01/06/2021. Цена 91,00 руб.

Вид издания: первичное (электронная версия)
(редакция от 14.05.2021 № 353)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным оригиналам.

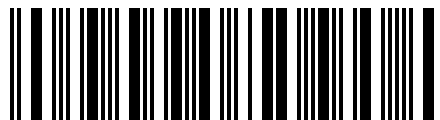
(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\353.pdf)



2021*353

Цена 91,00 руб.

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2021*353

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\353.pdf)