

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
_____ О.Г. Локтионова

« ____ » _____ 2016 г.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЕРИОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине "Проектирование электронных измерительных
приборов и систем" для студентов направления подготовки
бакалавров 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств»

Курск 2016

УДК. 681.2

Составитель О.Г. Бондарь

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор кафедры информационных систем и технологии В.А. Шлыков.

Измерение частоты и периода электрических сигналов : методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Проектирование электронных измерительных приборов и систем» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.Г. Бондарь. Курск, 2016. 16 с.: Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: с.15.

Излагаются краткие сведения об устройстве и характеристиках резонансного и электронно-счётного частотомеров, методах измерения частоты и периода электрических сигналов, причинах возникновения и способах учёта погрешностей. Приведены задания и описан порядок выполнения лабораторной работы.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматике и электроники (УМО АЭ).

Предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 0,93. Уч.- изд. л. 0,84. Тираж экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Оглавление

1. Цель работы.....	4
2. Подготовка к выполнению работы	4
3. Основные сведения.....	4
3. Описание лабораторного стенда	6
4. Порядок выполнения работы	10
Задание 1. Измерение частоты гармонического сигнала резонансным частотомером.....	11
Задание 2 Измерение частоты гармонического сигнала цифровым частотомером	11
Задание 3. Измерение периода гармонического сигнала цифровым частотомером	12
5. Содержание отчета	12
6. Контрольные вопросы.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	16

1. Цель работы

Получение навыков измерения частоты и периода электрических сигналов. Знакомство с устройством и характеристиками резонансного и электронно-счетного частотомеров.

2. Подготовка к выполнению работы

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться со следующими вопросами:

- Переменное электрическое напряжение и параметры, которые его характеризуют.
- Измерение частоты и периода электрических сигналов методами непосредственной оценки и сравнения с мерой.
- Причины возникновения и способы учета погрешностей при измерении частоты и периода электрических сигналов.
- Устройство, принцип действия и основные характеристики резонансных и цифровых частотомеров.
- Содержание и способы реализации методов измерения, используемых при выполнении работы.
- Устройство и характеристики средств измерений, используемых при выполнении работы.

3. Основные сведения

На практике измерение частоты электрических сигналов (далее частоты) производится в диапазоне от 0 Гц до 10^{11} Гц.

В лабораторных условиях для измерения частоты нередко используют осциллографы. Это оправдано, если к точности измерений не предъявляется жестких требований. Получение фигур Лиссажу, использование круговой развертки с модуляцией яркости, определение частоты, исходя из измеренного значения периода электрического сигнала – наиболее распространенные способы осциллографических измерений частоты.

Электронные конденсаторные частотомеры применяются для измерения частот в диапазоне от 10 Гц до 1 МГц. Принцип работы таких частотомеров основывается на попеременном заряде

конденсатора от батареи с последующим его разрядом через магнитоэлектрический механизм. Этот процесс осуществляется с частотой f_x , равной измеряемой частоте, поскольку переключение производится под воздействием самого исследуемого напряжения. За время одного цикла через магнитоэлектрический механизм будет протекать заряд $Q = CU$, следовательно, средний ток, протекающий через индикатор, будет равен $I_{ср} = Qf_x = CUf_x$. Таким образом, показания магнитоэлектрического амперметра оказываются пропорциональны измеряемой частоте. Основная приведенная погрешность таких частотомеров лежит в пределах 2 – 3 %.

Семейство аналоговых частотомеров дополняют **гетеродинные частотомеры**, принцип действия которых основан на сравнении измеряемой частоты с частотой перестраиваемого стабильного генератора. Сравнение осуществляется посредством смешивания напряжений сравниваемых частот. В результате этого нелинейного процесса конечный электрический сигнал будет кроме исходных частот ω_1 и ω_2 содержать целый ряд комбинационных – в том числе и разностную частоту $\omega_1 - \omega_2$. Когда эта частота близка к нулю, возникают низкочастотные (нулевые) биения, которые удобно наблюдать на экране осциллографа или с помощью специальных электронных устройств.

Достоинством гетеродинных частотомеров является возможность измерения очень высоких частот – до 100 ГГц с относительной погрешностью, не превышающей 0,01 – 0,001 %.

Резонансные частотомеры имеют в своем составе колебательную систему, настраиваемую в резонанс с измеряемой частотой внешнего источника сигналов. Состояние резонанса фиксируют по максимальным показаниям индикатора резонанса. Измеряемую частоту отсчитывают непосредственно по шкале калиброванного элемента настройки (переменного конденсатора).

Измеряемая частота может достигать 200 МГц, а относительная погрешность измерений обычно составляет 0,1%-1,0%.

Хорошими характеристиками обладают **цифровые электронно-счетные частотомеры** (в дальнейшем цифровой частотомер). Принцип работы этих устройств основан на подсчете числа периодов измеряемой частоты за некоторый, строго определенный, интервал времени, т.е. используется аналого-

цифровое преобразование частоты в последовательность импульсов, число которых пропорционально измеряемой величине и может быть подсчитано.

Погрешность таких частотомеров в основном определяется нестабильностью формирования калиброванного интервала времени и погрешностью квантования. Последняя погрешность уменьшается с увеличением измеряемой частоты. Цифровые частотомеры являются наиболее точными среди известных средств измерения частоты электрических сигналов (относительная погрешность может не превышать 10⁻⁷%) и обладают всеми преимуществами цифровых приборов, например, позволяют автоматизировать измерительные процедуры, поэтому, они нашли широкое применение. Диапазон частот, измеряемых цифровыми частотомерами, лежит, как правило, в пределах от единиц герц до единиц гигагерц.

3. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд представляет собой LabVIEW компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде (рисунок 1) находятся модели резонансного и цифрового частотомеров, генератора сигналов и коммутационного устройства КУ, с помощью которого выход генератора сигналов подключается к входу одного из частотомеров.

При выполнении работы модели средств измерений и вспомогательных устройств служат для решения описанных ниже задач.

Модели электронного аналогового резонансного частотомера и электронного цифрового частотомера используются при моделировании процесса прямых измерений частоты гармонических электрических сигналов методом непосредственной оценки.

Модель генератора сигналов используется при моделировании работы источника переменного напряжения синусоидальной формы, обеспечивающего регулировку амплитуды и частоты выходного сигнала.



Рисунок 1 – Вид модели лабораторного стенда.

На рисунке 2 приведен вид лицевой панели электронного цифрового частотомера.



Рисунок 2 – Лицевая панель цифрового частотомера

На лицевой панели модели электронно-счетного частотомера расположены:

- тумблер (1) «Сеть» для включения питания;
- световые индикаторы включения питания кварцевого генератора («Кв. ген.» (2) и работы блока автоматики «Счет» (3);
- восьмиразрядный индикатор (4) цифрового отсчетного устройства;
- переключатель (5) выбора рода работы;
- многопозиционный кнопочный переключатель (6) выбора времени усреднения («Время счета»);
- многопозиционный кнопочный переключатель (7) выбора частоты опорного сигнала («Метки времени»);
- электрические разъемы (8) для подключения исследуемого сигнала;
- другие элементы управления, которые при использовании модели не задействуются.

Ниже приведены некоторые характеристики цифрового частотомера:

- диапазон рабочих частот от 10 Гц до 10 МГц;
- относительная погрешность измерения частоты синусоидальных сигналов δF не превышает значения

$$\delta F \pm (\delta_0 \pm (1/(F_{\text{изм}} \times t_{\text{сч}}))),$$

где δ_0 - относительная нестабильность частоты внутреннего опорного генератора, равная $\pm 1,5 \times 10^{-7}$, $F_{\text{изм}}$ - измеряемая частота в герцах, $t_{\text{сч}}$ - время счета в секундах;

- относительная погрешность измерения периода синусоидальных сигналов δT не превышает значения

$$\delta T = \pm (\delta_0 + (T_0/(n \times T_{\text{изм}}))),$$

где T_0 - период сигнала тактовой частоты или период счетных импульсов (меток времени), $T_{\text{изм}}$ - длительность измеряемого периода, n - число периодов измеряемого сигнала, в течение которых происходит усреднение (множитель периодов);

- входное напряжение не менее 0,1 В и не более 10 В;
- входное сопротивление не менее 1 МОм.

Электронный аналоговый резонансный частотомер имеет следующие характеристики:

- диапазон рабочих частот от 1 Гц до 100 кГц;
- класс точности нормирован для приведенной погрешности и равен 0,5;
- входное сопротивление не менее 1 МОм;
- входное напряжение не менее 20 мВ и не более 10 В.

Лицевая панель резонансного частотомера представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Лицевая панель резонансного частотомера

На лицевой панели модели резонансного частотомера расположены:

- тумблер (1) «Сеть» для включения питания (со световым индикатором);
- ручка (2) ступенчатого переключателя частотных диапазонов входного сигнала;
- ручка (3) плавной регулировки настройки резонанса колебательного контура;
- индикатор (4) уровня напряжения в колебательном контуре;
- электрические разъемы (5) для подключения входного сигнала.

Схема соединения приборов приведена на рисунке 4.

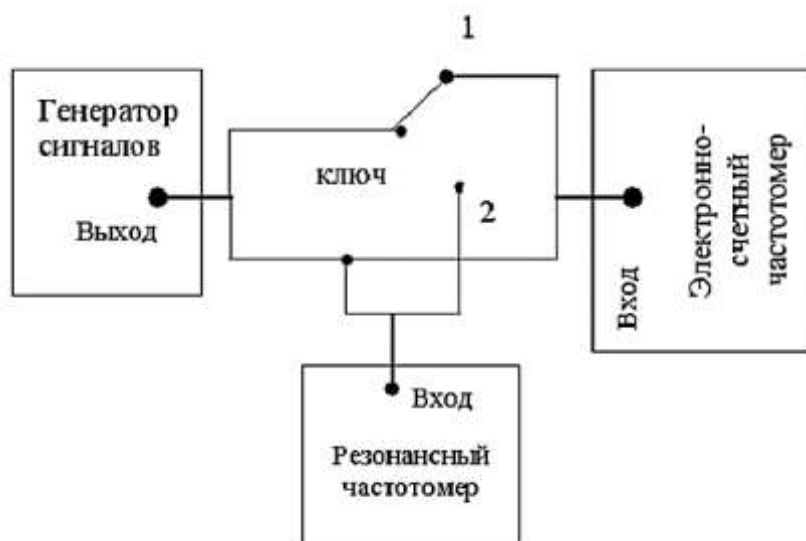


Рисунок 4 – Схема соединения приборов

4. Порядок выполнения работы

Запустите программу лабораторной работы «Измерение частоты и периода электрических сигналов». На рабочем столе компьютера автоматически появится модель лабораторного стенда с моделями средств измерений и вспомогательных устройств.

- Ознакомьтесь с расположением моделей отдельных средств измерений и других устройств на рабочем столе.
- Включите модели средств измерений и опробуйте их органы управления. В процессе опробования установите регулятор напряжения на выходе генератора в среднее положение и зафиксируйте частоту выходного сигнала. После того, как показания цифрового частотомера установятся, настройте резонансный контур резонансного частотомера на максимум отклика. Далее, изменяя частоту сигнала на выходе генератора, проследите за изменениями показаний частотомеров.
- После того, как Вы убедитесь в работоспособности приборов, подготовьте к работе модели частотомеров и модель генератора сигналов.
- Включите частотомеры.
- Включите генератор сигналов и установите ручку регулятора выходного напряжения в крайнее левое положение (амплитуда выходного сигнала равна нулю).

Задание 1. Измерение частоты гармонического сигнала резонансным частотомером

- Установите амплитуду выходного сигнала генератора, равной примерно 2В, а частоту выходного сигнала генератора, равной примерно 50 кГц.
- Включите резонансный частотомер и выберите подходящий предел измерения.
- Подключите с помощью КУ вход резонансного частотомера к выходу генератора.
- Измерьте резонансным частотомером частоту гармонического сигнала. В процессе измерений подберите такое положение ручки плавной регулировки настройки резонанса колебательного контура, при котором показания индикатора будут максимальными.
- Запишите в отчет показания резонансного частотомера, а также сведения о его классе точности.

Задание 2 Измерение частоты гармонического сигнала цифровым частотомером

- Включите цифровой частотомер в режиме измерения частоты и выберите время счета, равным 0,01 секунде.
- Оставляя неизменными амплитуду и частоту сигнала на выходе генератора, установленные ранее, подключите с помощью КУ вход частотомера к выходу генератора.
- Снимите показания частотомера.
- Запишите в отчет показания цифрового частотомера, а также сведения о его классе точности.
- Оставляя неизменными амплитуду и частоту сигнала на выходе генератора, повторите измерения, выбирая время счета, равным последовательно 0,1 с, 1 с и 10с.
- Запишите показания цифрового электронно-счетного частотомера в отчет.
- Выполните измерения аналогично проделанным выше, последовательно устанавливая частоту сигнала на выходе генератора, равной 5 кГц, 1 кГц, 500 Гц, 50 Гц и 10 Гц.

Задание 3. Измерение периода гармонического сигнала цифровым частотомером

- Установите амплитуду выходного сигнала генератора, равной примерно 2В, а частоту выходного сигнала генератора, равной примерно 10 Гц.
- Подключите с помощью КУ вход цифрового частотомера к выходу генератора.
- Включите цифровой частотомер в режиме измерения периода и выберите период меток времени, равным 1 мс, а множитель периодов, равным 100.
- Снимите показания цифрового частотомера.
- Запишите показания цифрового частотомера в отчет.
- Оставляя неизменными амплитуду и частоту сигнала на выходе генератора, повторите измерения, выбирая период меток времени, равным последовательно 0,1 мс и 10 мкс.
- Запишите показания цифрового частотомера в отчет.
- Выполните измерения аналогично проделанным выше, последовательно устанавливая частоту сигнала на выходе генератора, равной 50 Гц, 500 Гц, 5 кГц и 50 кГц.

Сохраните результаты, закройте приложение LabVIEW и, при необходимости, выключите компьютер.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- Титульный лист.
- Оглавление.
- Сведения о цели и порядке выполнения работы.
- Сведения о характеристиках использованных средств измерений.
- Необходимые электрические схемы.
- Полностью заполненные таблицы отчета (см. приложение), а также примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц.
- Графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей измерений частоты гармонического сигнала от

показаний частотомеров (на графике необходимо выделить полосы допустимых погрешностей).

- Графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей измерений периода от показаний цифрового частотомера (на графике необходимо выделить полосы допустимых погрешностей).

6. Контрольные вопросы

1. Требуется измерить частоту гармонического электрического сигнала, равную ориентировочно 1 Гц (100 Гц, 1 кГц, 100 кГц, 5 МГц, 100 МГц, 30 ГГц). Как это лучше сделать, если погрешность измерений не должна превысить 0,5% (10 Гц)?
2. В каком диапазоне частот выполняются измерения частоты периодических электрических сигналов?
3. Каковы достоинства резонансного метода измерения частоты?
4. Какие частотомеры обладают наибольшей точностью?
5. В каком диапазоне значений частот удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от значения измеряемой частоты?
6. В каком диапазоне значений длительности периодов удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от длительности измеряемого периода?
7. Как нормируется класс точности цифровых частотомеров?
8. Какой частотомер дает возможность производить измерения в гигагерцовом диапазоне частот?
9. Какова инструментальная погрешность конденсаторных частотомеров? Чем она определяется?
10. Каким образом при использовании цифровых частотомеров удается достичь высокой точности измерений как в области высоких, так и в области низких частот? В каком диапазоне частот погрешность таких измерений максимальна (минимальна)?

Литература

1. Ратхор Т. С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника [Текст] : / Т.С. Ратхор. - М.: Техносфера, 2004. - 376 с.
2. Метрология и электрические измерения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Д. Шабалдин, Г.К. Смолин, В.И. Уткин, А.П. Зарубин; под ред. Е.Д. Шабалдина. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 282 с.
3. Клаассен К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы [Текст] : Учебное пособие / К. Клаассен – 3-е изд. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. -352 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Результаты измерения частоты электрического гармонического сигнала резонансным и электронно-счетным частотомерами.

Показания резонансного частотомера	Показания электронно-счетного частотомера	Время усреднения, с	Погрешность резонансного частотомера		Погрешность электронно-счетного частотомера		Результат измерений	
			Абс., кГц	Отн., %	Абс., кГц	Отн., %	Резонансный частотомер	Эл/сч. частотомер

Таблица 2. Результаты измерения периода электрического гармонического сигнала электронно-счетным частотомером.

Показания электронно-счетного частотомера	Период меток времени, мс	Множитель периода	Погрешность электронно-счетного частотомера		Результат измерений	
			Абс., кГц	Отн., %	Частота, кГц	Период, мс