

РАБОТА №3.6. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЕРИОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

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

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ ПОДГОТОВКИ

1. Повторите вопросы обработки и представления результатов прямых измерений методом непосредственной оценки.

2. Ознакомьтесь с принципами прямых измерений частоты и периода электрических сигналов

3. Ознакомьтесь с принципом измерения частоты методом сравнения с мерой.

4. Ознакомьтесь с принципом работы, устройством и характеристиками резонансного частотомера.

5. Ознакомьтесь с принципом работы, устройством и характеристиками цифрового электронно-счетного частотомера.

3. СВЕДЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Измерение частоты в электро- и радиотехнике производится в диапазоне от 0 до 10^{11} Гц. На низких частотах (от 20 до 2500 Гц), но особенно в окрестности 50 и 400 Гц используются электромеханические приборы: электромагнитные частотомеры и частотомеры на основе логометров. Основная погрешность электромеханических аналоговых частотомеров составляет 1,0 – 2,5 %. Они имеют узкие диапазоны измерения и используются в качестве щитовых приборов.

В лабораторных условиях нередко для измерения частоты 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 напряжения – наиболее распространенные способы осциллографических измерений частоты.

Электронные конденсаторные частотомеры применяются для измерения частот от 10 Гц до 1 МГц. В таких частотомерах производится попеременно заряд конденсатора от батареи и последующий его разряд через магнитоэлектрический механизм. Этот процесс осуществляется многократно с частотой, равной измеряемой частоте. Переключение управляется самим исследуемым напряжением. За время одного цикла через индикатор будет протекать заряд $Q = CU$. Средний ток, протекающий через индикатор, равен $I_{\text{ср}} = Qf_x = CUf_x$. Таким образом, показание индикатора пропорционально измеряемой частоте. Основная приведенная погрешность таких частотомеров лежит в пределах 2 – 3 %.

Семейство перечисленных выше аналоговых частотомеров дополняют гетеродинные частотомеры, принцип действия которых основан на сравнении измеряемой частоты с частотой перестраиваемого стабильного генератора. Сравнение осуществляется посредством гетеродинирования напряжений сравниваемых частот. В результате этого нелинейного процесса кроме исходных частот ω_1 и ω_2 наряду со многими другими комбинационными частотами возникает и разностная частота $\omega_1 - \omega_2$. Когда эта частота близка к нулю, возникают низкочастотные (нулевые) биения, которые удобно наблюдать на экране осциллографа. Достоинством гетеродинных частотомеров является возможность измерения очень высоких частот – до 100 ГГц с погрешностью не хуже 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 точность обычно составляет 0,1-0,01%.

Электронно-счетные частотомеры являются цифровыми приборами. Они основаны на счете числа периодов измеряемой частоты за некоторый, строго определенный интервал времени, т.е. используют аналого-цифровое преобразование частоты в последовательность пересчитываемых импульсов. Погрешность этих частотомеров в основном определяется нестабильностью формирования калиброванного интервала времени и погрешностью квантования. Последняя уменьшается с увеличением измеряемой частоты. Электронно-счетные частотомеры являются наиболее точными (относительная погрешность может не превышать 10^{-7} %) и обладают всеми преимуществами цифровых приборов, поэтому они нашли широкое применение. Диапазон измеряемых частот – от 10 Гц до сотен мегагерц.

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд представляет собой персональный компьютер, на рабочем столе которого расположены модели резонансного и электронно-счетного частотомеров и генератора сигналов, (рис. 3.6.1).

Схема включения приборов при выполнении измерений приведена на рис.3.6.2.

При выполнении работы манипуляция органами управления средствами измерений и других устройств производится с помощью мыши в таком же порядке, как это предусмотрено при работе с реальными приборами и устройствами.

Относительная погрешность измерения частоты синусоидальных сигналов электронно-счетным частотомером не превышает значение

$$\delta f = \pm \left(\delta_0 + \frac{1}{f_{\text{изм}} \cdot t_{\text{сч}}} \right), \quad (3.6.1)$$

где δ_0 - относительная погрешность по частоте внутреннего опорного генератора, равная $\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$;

$f_{\text{изм}}$ - измеряемая частота, Гц;

$t_{\text{сч}}$ - время счета, с.

Относительная погрешность измерения периода синусоидальных сигналов электронно-счетным частотомером не превышает значение

$$\delta T = \pm \left(\delta_0 + \frac{T_0}{n \cdot T_{\text{изм}}} \right), \quad (3.6.2)$$

где δ_0 - относительная погрешность по частоте внутреннего опорного генератора, равная $\pm 1,5 \cdot 10^{-7}$;

n - число усредняемых периодов (множитель периодов);

T_0 - период тактовой частоты или частоты заполнения (метки времени), мкс;

$T_{\text{изм}}$ - измеряемый период, мкс.

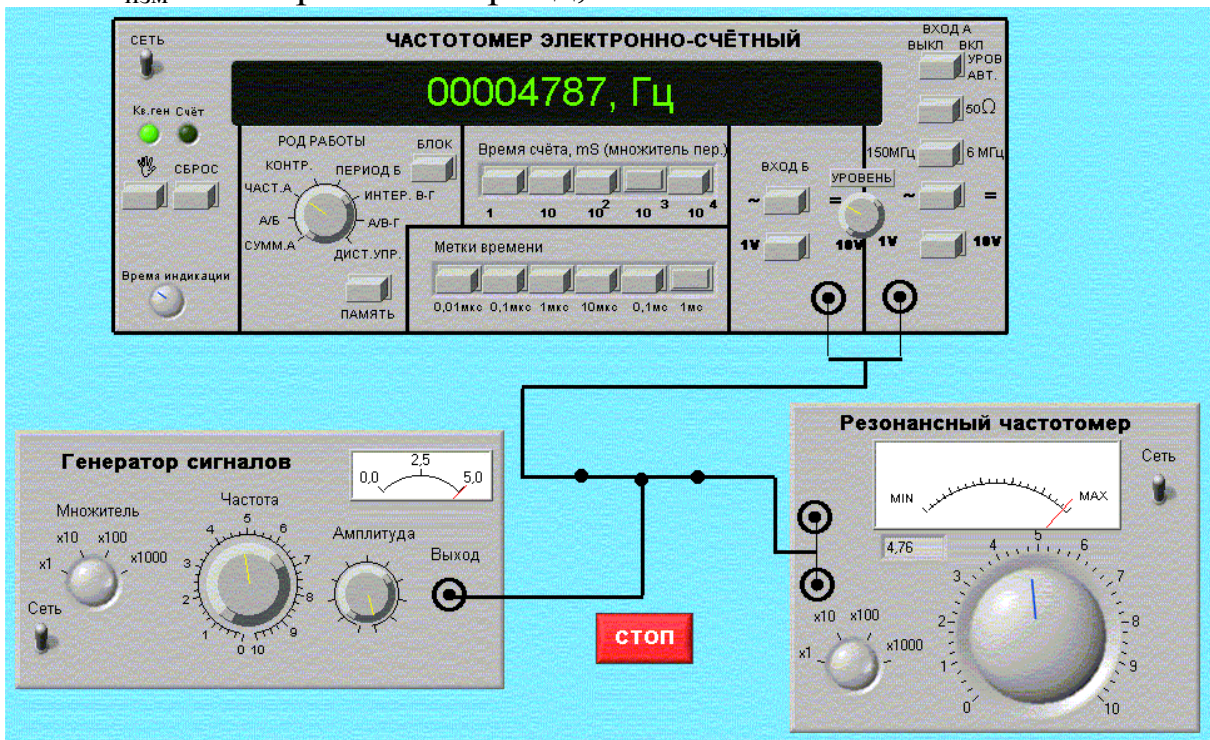


Рис. 3.6.1. Вид экрана лабораторного стенда при проведении работы №3.6.

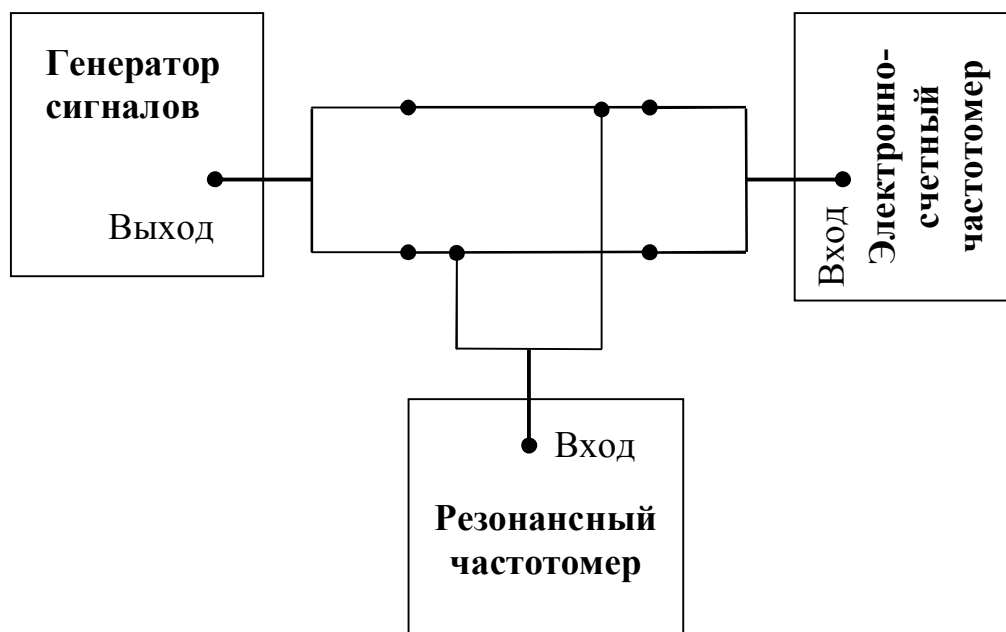


Рис.3.6.2. Схема электрического соединения приборов при измерении частоты и периода

Класс точности резонансного частотомера – 0,5.

5. РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Изучите описание работы и рекомендованную литературу. Запустите программу-оболочку лабораторного практикума, нажав кнопку RUN (“стрелка направо” в левом верхнем углу окна программы), и выберите лабораторную работу №6 «Измерение частоты и периода электрических сигналов» в группе работ «Измерение электрических величин».

2. При необходимости еще раз почитайте описание работы, ответьте на вопросы коллоквиума и получите допуск к выполнению работы. После сдачи коллоквиума на рабочем столе автоматически появится окно лицевой панели ВП и окно лабораторного журнала, созданного в программе MS Excel. В лабораторный журнал в процессе выполнения работы будут вноситься данные, необходимые для последующего составления отчета.

3. Приготовьте к работе проверенную на отсутствие вирусов, отформатированную 3,5-дюймовую дискету и вставьте её в дисковод.

4. Изучите органы управления, находящиеся на передней панели приборов.

На лицевой панели резонансного частотомера расположены:

- тумблер «Сеть» включения питания прибора от сети;
- ручка переключателя диапазонов входного сигнала;
- ручка плавной регулировки настройки резонанса колебательного контура;
- индикатор уровня напряжения в колебательном контуре.

На лицевой электронно-счетного частотомера расположены:

- тумблер «Сеть» включения питания прибора от сети;
- переключатель рода работы, который используется в данной работе в положениях «Частота А» и «Период Б»;
- переключатель «Время счета, мс»;
- переключатель «Метки времени» от 0,01 мкс до 1 мс;
- другие органы управления, не используемые в данной работе.

На лицевой панели генератора сигналов расположены:

- тумблер «Сеть» включения питания прибора от сети;
- ручка переключателя диапазонов частоты выходного сигнала;
- ручка плавной регулировки частоты выходного сигнала;
- ручка плавной регулировки уровня выходного сигнала;
- индикатор уровня выходного напряжения.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подготовьте модели приборов к работе.

1.1. Включите генератор сигналов и установите ручку регулятора выходного напряжения в среднее положение.

1.2. Установите частоту сигнала на выходе генератора, равной примерно 5 кГц.

1.3. Включите резонансный частотомер и выберите диапазон измеряемой частоты 1-10кГц.

1.4. Включите электронно-счетный частотомер и выберите время счета равным 1 секунде.

2. Опробуйте расположенные на рабочем столе модели средств измерений. После того, как показания электронно-счетного частотомера установятся, настройте резонансный контур резонансного частотомера на максимум отклика.

Изменяя частоту сигнала на выходе генератора, проследите за изменениями показаний частотомеров и убедитесь в работоспособности используемых моделей приборов.

В случае если хотя бы одна из моделей окажется неработоспособной, обратитесь к преподавателю.

3. Измерьте частоту гармонического электрического сигнала с помощью резонансного и цифрового электронно-счетного частотомеров.

3.1. Установите частоту сигнала на выходе генератора равной 100 кГц.

3.2. Установите время счета электронно-счетного частотомера, равным 0,01 секунды.

3.3. Настройте контур резонансного частотомера на резонанс.

3.4. Запишите в лабораторный журнал показания резонансного и электронно-счетного частотомеров по форме, приведенной в таблице 3.6.1.

3.5. Не меняя частоты генератора, повторите измерение частоты с помощью цифрового электронно-счетного частотомера, выбрав последовательно время усреднения (счета) равным 0,1 с, 1 с и 10 с.

3.6. Повторите п.п. 3.1 – 3.5 задания, последовательно устанавливая частоту сигнала на выходе генератора равной 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц, 1 Гц.

Таблица 3.6.1

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

Показания резонансного частотомера	Показания эл./сч. частотомера	Время усреднения (с)	Погрешность резонансного частотомера		Погрешность эл./сч. частотомера		Результат измерений	
			Абс., (кГц)	Отн. %	Абс., (кГц)	Отн. %	Резонанс- ный частотомер	Эл./сч. частотомер

4. Измерьте период гармонического электрического сигнала с помощью цифрового электронно-счетного частотомеров, для чего:

4.1. Установите частоту сигнала на выходе генератора равной 1 Гц.

4.2. Установите период меток времени электронно-счетного частотомера, равным 1 мс, а множитель периодов - равным 100.

4.3. Запишите в лабораторный журнал показания электронно-счетного частотомера по форме, приведенной в таблице 3.6.2.

4.4. Не меняя частоты и уровня сигнала на выходе генератора, повторите измерение периода с помощью цифрового электронно-счетного частотомера, выбрав последовательно период меток времени равным 0,1 мс и 10 мкс.

4.5. Повторите п.п. 4.1 – 4.4 задания, последовательно устанавливая частоту сигнала на выходе генератора равной 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц.

Таблица 3.6.2

Результаты измерения периода электрического гармонического сигнала электронно-счетным частотомером

Показания эл./сч. частотомера	Период меток времени, мс	Множитель периодов	Погрешность эл./сч. частотомера		Результат измерений	
			Абс., (кГц)	Отн., %	Частота, (кГц)	Период, (мс)

5. Нажмите кнопку СТОП.

6. Сохраните файл лабораторного журнала на дискете под оригинальным именем.

7. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

При оформлении лабораторного отчета необходимо полностью заполнить имеющиеся в распоряжении студента таблицы, находящиеся в файле ХХХХ.

Помимо заполненных таблиц в отчете должны содержаться:

- сведения о цели и порядке выполнения работы,
- данные о характеристиках использованных приборов, с указанием источника информации,
- схемы электрических соединений,
- примеры расчетов, выполнявшихся при заполнении таблиц,
- графики зависимости абсолютной и относительной погрешностей измерений при измерении частоты от показаний, с выделенными на них полосами допустимых погрешностей,

- графики зависимостей абсолютной и относительной погрешности измерений при измерении периода с выделенными на них полосами допустимых погрешностей,
- выводы по результатам проделанной работы.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каком диапазоне требуется определять значения частоты в практике электрических измерений?
2. Каковы достоинства резонансного метода измерения частоты?
3. Какие частотомеры обладают наибольшей точностью?
4. Какова основная причина погрешностей при измерении частоты с помощью осциллографа?
5. Каков диапазон частот, измеряемых цифровым частотомером?
6. В каком виде приводится класс точности цифровых частотомеров?
7. Какая характеристика точности цифрового частотомера непосредственно определяется по его классу точности?
8. Какой частотомер дает возможность производить измерения в гигагерцовом диапазоне?
9. Какова погрешность конденсаторных частотомеров?
10. Какой из перечисленных методов чаще других используется при лабораторных измерениях?