

УДК 621.391

Студ. В.Д. Липай, В.Д. Алешкевич
Научн. рук. доц. Д.А. Гринюк; доц. И.О. Оробей
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АЛГОРИТМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ В УСЛОВИЯ СИЛЬНЫХ ПОМЕХ

Решение многих научных и технических проблем связано с измерением интервалов времени, разделяющих два характерных момента какого-либо процесса. Измерения интервалов времени необходимы при разработке и испытании всевозможных схем задержки и синхронизации, при исследовании цифровых систем, многоканальных систем с временным разделением каналов, применяемых в технике связи и радиотелеметрии, устройств телеуправления и автоматической коммутации, аппаратуры, используемой в ядерной физике, вычислительной технике и т. д. Подобные измерения особенно важны в приборостроении, поскольку во многих случаях используемые в ней преобразования аналоговых величин в цифровой код осуществляются в результате промежуточного преобразования измеряемой физической величины в интервал времени. [1]

В частотоизмерительной технике основополагающей характеристикой периодического сигнала является период. Поэтому начать следует с его определения.

Методы измерения частоты многообразны. В современной измерительной технике доминирующее положение занимает метод дискретного счета, на основе которого строят цифровые частотомеры. Этот метод обладает многими достоинствами: очень широкий диапазон частот, которые можно измерить одним прибором; высокая точность измерений; получение отсчета в цифровой форме. Применяют также метод измерения, основанный на сравнении измеряемой частоты с частотой другого источника (как правило, образцового) с помощью осциллографа, гетеродинный и резонансный методы.

Сущность гетеродинного метода заключается в сравнении частоты исследуемого напряжения с частотой напряжения перестраиваемого гетеродина, который заранее проградуирован. Погрешность измерений складывается из погрешности меры, т. е. нестабильности частоты и непостоянства градуировочной характеристики гетеродина, погрешностей сравнения и фиксации нулевых биений. Для уменьшения погрешности, связанной с градуировкой гетеродина, в схемах частотомеров предусмотрен кварцевый генератор, выполняющий функции образцовой меры. С его помощью проверяют и корректируют градуировочную характеристику шкалы гетеродина [2].

Резонансный метод, который применялся раньше в частотомерах, содержащих набор стержней, вибрирующих под воздействием входного сигнала. Стержни имеют слегка различающиеся резонансные частоты. Частота входного сигнала принимается приблизительно равной резонансной частоте стержня с наибольшей амплитудой вибраций. (Этот метод измерения применялся для определения линейной частоты вспомогательных силовых генераторов переменного напряжения.)

Другой метод измерения частоты основан на преобразовании частоты в напряжение (рисунок 1). Здесь входной сигнал сначала преобразуют в сигнал прямоугольной формы. Одним из ключевых элементов схемы является частотно-зависимое звено, которое может быть построено на фильтре первого, второго и третьего порядка.

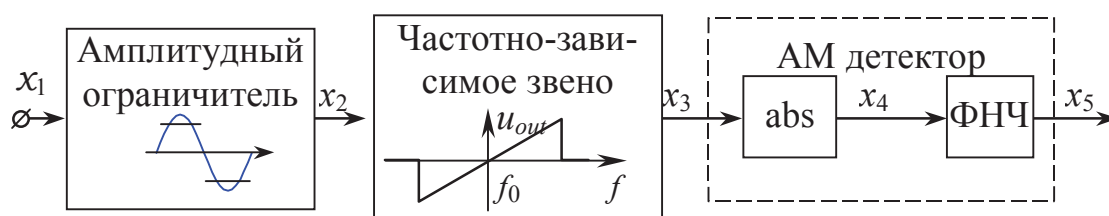


Рисунок 1 – Структура преобразователя частота/напряжение

Погрешность метода обусловлена нестабильностью емкостных и резистивных элементов, которые используются для построения частотно-зависимого звена, а также погрешностях, которые будут возникать на этапе преобразования гармонического сигнала в прямоугольный.

Известны схемы преобразования частота в напряжение путем использования ждущего мультивибратора и преобразования в широтно-импульсную модуляцию. В этом случае будут характерны погрешности, как и для методов дискретного счета [3].

Диапазон преобразователя частоты в напряжение такого типа составляет приблизительно две декады. На высоких частотах он ограничен временем нарастания прямоугольных колебаний, а также временем нарастания и спада импульсов ждущего мультивибратора. На низких частотах ограничение обусловлено фильтром нижних частот. Частота среза этого фильтра должна быть достаточно низкой, чтобы минимизировать пульсации выходного сигнала.

Преобразователь временного интервала в напряжение не имеет последнего недостатка. Этот преобразователь создает напряжение, пропорциональное времени между двумя последовательными прохождениями входного сигнала через нуль. Для больших периодов диапазон измерения ограничен максимально достижимой амплитудой пилообразного напряжения. Для малых периодов ограничение обусловлено

временем обратного хода пилообразного напряжения. Диапазон измерения также составляет приблизительно две декады.

Чаще всего для измерения частоты и периода используется метод счета, применяемый в частотомерах и измерителях периода. Большая популярность этого метода измерения, в основном, связана со стремительным развитием быстрых цифровых схем и наличием сверхстабильных и точных кварцевых управляемых генераторов.

Частотомер с помощью сравнивающего устройства преобразует входной сигнал в сигнал прямоугольной формы той же самой частоты. Пока вентиль открыт (пропускает сигнал), десятичный счетчик считает периоды входного сигнала. Опорный сигнал генерируется кварцевым генератором. Нижний предел частоты определяется длительностью времени счета, необходимого для подсчета достаточного числа периодов. Накопление достаточно большого числа периодов необходимо для получения малой ошибки квантования, которая всегда имеет место при счете в пределах строба. Поскольку момент переключения вентиля не связан с моментом пересечения нуля входным сигналом, ошибка квантования равна плюс или минус одному периоду входного сигнала.

При измерении периода в дополнение к ошибке квантования возникает еще одна ошибка из-за погрешности в задании времени счета. Как можно видеть из рис. 2 [4], входной сигнал V содержит шум, искажения и помехи. Поэтому момент прохождения входного сигнала через нуль не будет точно совпадать с моментом пересечения нуля чистым сигналом. По мере увеличения наклона dV/dt при прохождении входного сигнала V через нуль, ошибка времени счета будет уменьшаться, если искажения сохраняются прежними. Очевидно, что идеальным является входной сигнал прямоугольной формы.

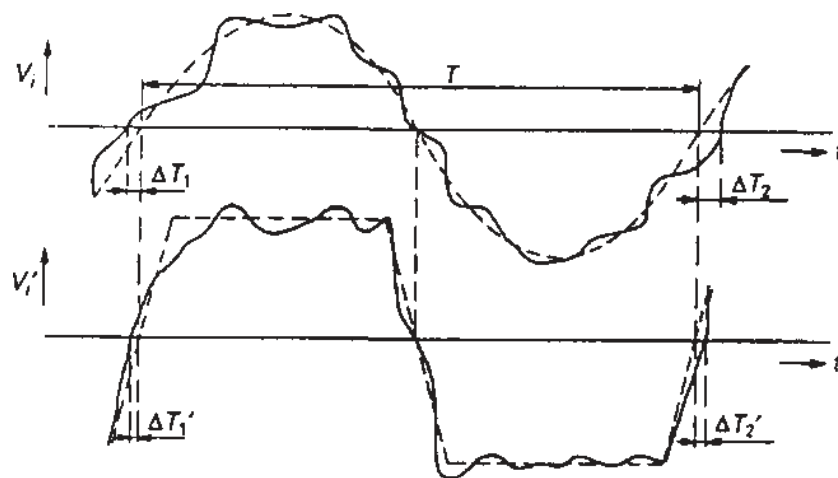


Рисунок 2 – Ошибка времени счета

Вклад ошибок времени измерения и ошибок квантования в результирующую ошибку можно уменьшить используя метод усреднения периода.

На рис. 3 изображено порознь влияние ошибки квантования, ошибок времени измерения и ошибок опорной частоты при различных значениях измеряемой частоты f входного сигнала.

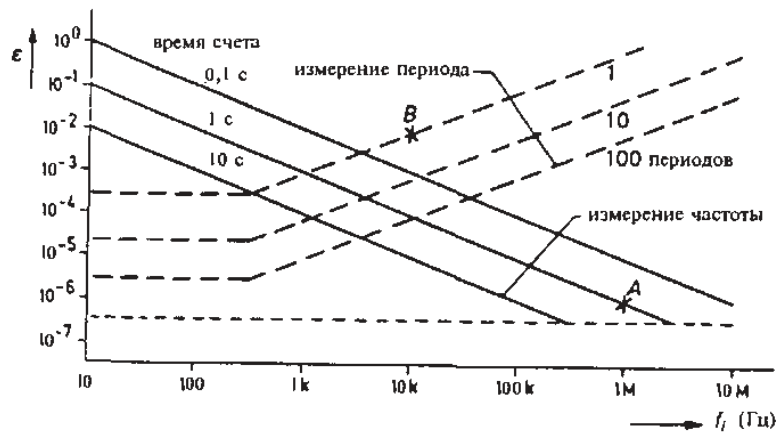


Рисунок 3 – Зависимость погрешностей от частоты

Поэтому для устойчивого определения частоты следует рекомендовать методы преобразования частоты в напряжение или гетеродинные методы. Данные методы включают фильтры низкой частоты, которые позволят эффективно бороться с помехами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирский Г.Я. Электронные измерения: 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. ... Под ред. Б.П. Хромого. - М.: Радио и связь, 1986. - 424 с
2. Хромой Б.П., Кандинов А.В., Сенявский А.Л. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учеб. пособие для вузов / Б.П. Хромой, А.В. Кандинов, А.Л. Сенявский и др. Под ред. Б.П. Хромого. - М.: Радио и связь, 1986. - 424 с.
3. Измерение электрических и неэлектрических величин / Н.Н. Евтихийев, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Папуловский, В.Н. Скугоров. М.: Энергоатомиздат, 1990.- 352 с.
4. Клаассен К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы. Учебное пособие — 3-е изд. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008 - 352 с