

АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ ИХ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Для определения параметров периодических кривых, имеющих несинусоидальный характер, применять векторные приборы невозможно из-за большой погрешности измерения. Анализируя погрешности измерения амплитуды векторомером, видим, что даже при наличии в исследуемом сигнале трех гармонических составляющих напряжения максимальная погрешность равна

$$\frac{U}{U_1} = \sqrt{1 + 2\left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 + \left(\frac{U_3}{U_1}\right)^2 + \frac{2\sqrt{2}U_2 + 2U_3}{U_1}}$$

Предположим, что $\frac{U_2}{U_1} = 0,01$ и $\frac{U_3}{U_1} = 0,01$, то и тогда погрешность измерения составит 2,3%.

Указанные расчеты произведены для вектормера, работающего по принципу измерения мгновенных значений исследуемого напряжения.

Периодический сигнал может быть записан как

$$U_k \sin(k\omega t + \varphi_k) = A_k \sin k\omega t + B_k \cos k\omega t,$$

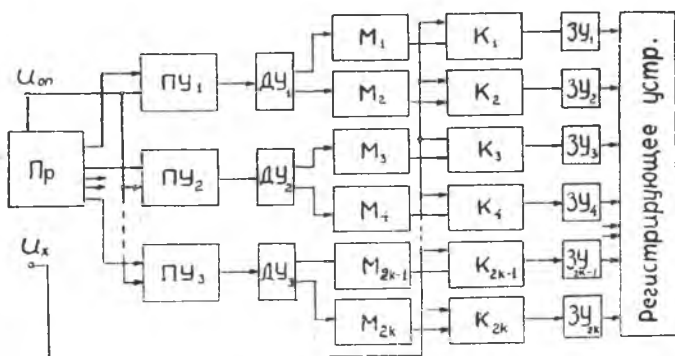


Рис. 1

или амплитуда любой гармоники $U_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$,

а фаза

$$\varphi_k = \text{arctg} \frac{B_k}{A_k}.$$

Блок-схема для измерения амплитуд и фаз периодических сигналов приведена на рис. 1.

Принцип работы поясняется с помощью эюр напряжений на отдельных блоках устройства (рис. 2).

На вход устройства поступает исследуемое

$$U_x = U_k \sin(k\omega t + \varphi_k)$$

и опорное напряжение с частотой, равной основной частоте исследуемого сигнала.

Указанное опорное напряжение должно подаваться от генератора с малым коэффициентом гармоник. Оно поступает с одинаковой амплитудой на один из входов порогового устройства (ПУ) и преобразователь переменного опорного напряжения (Пр) в постоянное, которое, в свою очередь, поступает на второй вход ПУ с постоянной амплитудой, величина которой будет уточнена ниже.

Пороговое устройство выработывает импульс напряжения, длительность которого определяется моментами сравнения $U_{оп\sim}$ и $U_{=}$. Для уменьшения количества пороговых устройств используется задний и передний фронт импульса с

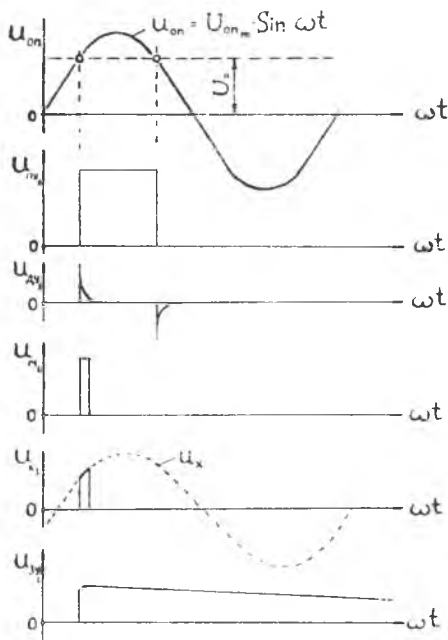


Рис. 2

помощью дифференцирующего устройства.

Для получения коммутирующих импульсов строго одинаковой формы вышеуказанные импульсы подаются на мультивибраторы M_1, M_2, \dots, M_{2k} . Особенно точно должна быть выдержана длительность импульсов τ , что можно сделать еще и соблюдением условия $\tau \ll T$, где T — период опорного напряжения. В качестве устройств, с помощью которых выделяются мгновенные значения исследуемого напряжения, применяются ключи K_1, K_2, \dots, K_{2k} .

На входы ключей поступает исследуемое напряжение U_x и коммутирующие напряжения с выхода мультивибраторов M_1, M_2, \dots, M_{2k} .

Как показано на рис. 2, в моменты одновременного прихода напряжения I_x и I_k на выходе ключей выделяются мгновенные значения исследуемого напряжения.

Эти напряжения запоминаются в $3U_1, 3U_2, \dots, 3U_{2k}$ и подаются в решающее устройство.

В результате анализа установлено, что минимальная погрешность измерения параметров по мгновенным значениям будет в том случае, когда сдвиг между выделенными мгновенными значениями исследуемого напряжения кратен четверти периода наивысшей из измеряемых гармоник.

Таким образом, на вход решающего устройства (ПУ) поступают напряжения $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{2k}$, каждое из них представляет собой сумму A_k и B_k составляющих гармоник напряжения в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_{2k}

$$u_1 = A_1 \sin \omega t_1 + B_1 \cos \omega t_1 + A_2 \sin 2\omega t_1 + B_2 \cos 2\omega t_1 + \dots \\ \dots + A_k \sin k\omega t_1 + B_k \cos k\omega t_1;$$

$$u_2 = A_1 \sin \omega t_2 + B_1 \cos \omega t_2 + A_2 \sin 2\omega t_2 + B_2 \cos 2\omega t_2 + \dots \\ \dots + A_k \sin k\omega t_2 + B_k \cos k\omega t_2;$$

$$u_{2k} = A_1 \sin \omega t_{2k} + B_1 \cos \omega t_{2k} + A_2 \sin 2\omega t_{2k} + B_2 \cos 2\omega t_{2k} + \dots \\ \dots + A_k \sin k\omega t_{2k} + B_k \cos k\omega t_{2k}.$$

Рассмотрим эту матрицу уравнений для количества гармоник, равного 10. Тогда период десятой гармоники $T_{10} = \frac{T}{10}$, где T — период основной гармоники, а следовательно, можно записать, что время, через которое будут производиться измерения мгновенных значений, будет соответственно равно:

$$t_1 = \frac{T}{10 \cdot 4} \cdot 1,$$

$$t_2 = \frac{T}{10 \cdot 4} \cdot 2,$$

$$t_3 = \frac{T}{10 \cdot 4} \cdot 3,$$

.....

$$t_{2k} = \frac{T}{10 \cdot 4} \cdot 2k.$$

Значения моментов времени $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{2k}$ устанавливаются путем подачи на вход ПУ постоянных напряжений $U_{=1}, U_{=2}, \dots, U_{=k}$ определенной величины, зависящей от значения $U_{on \max}$.

При этом заметим, что

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

или

$$U_1 = A_1 \sin \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{10.4} + B_1 \cos \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{10.4} + \dots + A_k \sin k \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{10.4} + \dots$$

и так каждое из уравнений в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_{2k} . Как видим, решение уравнений не зависит от частоты исследуемых сигналов, что позволяет анализировать сигналы в широком диапазоне частот, поскольку остальные узлы устройства работают в этом же диапазоне.

Решающее устройство определяет параметры A_k и B_k и по ним амплитуды гармоник и их фазовые соотношения.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Левин, Ю. И. Семко. Определение параметров периодических сигналов путем измерения их мгновенных значений. «Автометрия», № 1, 1966.
2. В. Н. Кадкин. О возможности измерения амплитуды переменной э. д. с. методом компенсации постоянным током. ИВУЗ, «Приборостроение», № 1, 1960.

