

## У. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ДОВОДКЕ ГТД

С. А. Ильинский, В. И. Коханский

### МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В КОД ЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ

При исследовании быстротекающих и нестационарных процессов возникает задача обработки информации, поступающей от датчиков частотного типа и аналого-частотных преобразователей с высокими частотами опроса (до 200 гц) и малыми погрешностями ( $\leq 0,5\%$ ).

Существующая система не позволяет обрабатывать информацию с требуемой точностью, причем основную долю погрешности вносит устройство УВП-1, представляющее собой преобразователь «частота — код», синхронизируемый и управляемый ЭВМ типа «Урал—11».

Рассмотрим метод преобразования частоты в код, используемый в устройстве УВП-1. На вход устройства УВП-1 подаются импульсы неизвестной или измеряемой частоты  $f_{изм}$ , поступающие от датчиков частотного типа, аналого-частотного преобразователя или магнитного регистратора, и известной или служебной частоты  $f_{сл}$ , поступающие от внутреннего генератора или магнитного регистратора. Устройство УВП-1 подсчитывает число импульсов  $N$  измеряемой частоты  $f_{изм}$  и число импульсов  $n$  служебной частоты  $f_{сл}$ , появившихся в интервал измерения  $T_{изм}$  (рис. 1). Интервал измерения формируется из интервала опроса  $T_{опр}$ , задаваемого ЭВМ таким образом, чтобы в интервал измерения попало целое число импульсов  $N$  измеряемой частоты. Начало интервала измерения совпадает с передним фронтом первого импульса измеряемой частоты, появившегося в интервал опроса. Конец интервала измерения формируется аналогично началу интервала  $T_{изм}$  и является началом следующего интервала измерения. Для повышения стабильности работы устройства УВП-1 начало и конец интервала измерения дополнительно фиксируются по переднему фронту первого импульса служебной частоты, следующего за передним фронтом импульса измеряемой частоты. Тем самым образуется интервал измерения  $T_{изм}^1$ .

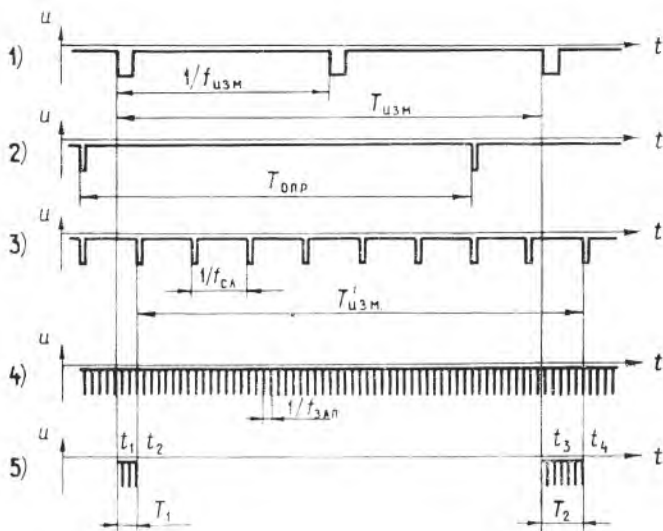


Рис. 1. Диаграмма импульсов напряжений:

1 — измеряемой частоты; 2 — формирующих интервал опроса; 3 — служебной частоты; 4 — заполняющей частоты; 5 — заполняющей частоты, попавших в интервал времени  $T_1$  и  $T_2$

На основании известных уже величины  $N$ ,  $n$  и  $f_{сл}$  может быть определено среднее значение частоты за интервал измерения по формуле

$$f_{изм.ср} = \frac{N}{n} \cdot f_{сл}.$$

При этом предполагается, что момент середины интервала измерения является моментом определения среднего значения измеряемой частоты.

Погрешность определения среднего значения измеряемой частоты появляется из-за погрешности счета импульсов  $f_{сл}$ , равной одному импульсу:

$$(\partial f_{изм.ср})_{\max} = \frac{1}{n}. \quad (1)$$

Как видно из формулы (1), погрешность определения среднего значения измеряемой частоты зависит от величины интервала опроса. Так, при использовании частоты  $f_{сл} = 10 \text{ кгц}$  и измерении частоты  $2 \text{ кгц}$  на интервалах опроса, равных 0,005; 0,01; 0,1 сек., погрешность определения среднего значения  $f_{изм}$  составляет соответственно 2; 1; 0,1%.

При исследовании быстропротекающих и нестационарных процессов (до 20 гц) обычно применяют интервалы опроса 0,005 и

0,01 секунды, что влечет за собой большие (до 1—2%) погрешности при определении измеряемого параметра, а следовательно, затрудняет или делает невозможным исследование процессов с малой амплитудой.

Для уменьшения погрешности определения среднего значения частоты необходимо повысить точность определения интервала измерения  $T_{\text{изм}}$ , для чего следует учитывать при определении среднего значения частоты дробные части периодов служебной частоты  $T_1$  и  $T_2$ . Определение интервала измерения  $T_{\text{изм}}$  с учетом дробных частей периодов служебной частоты можно произвести по формуле:

$$T_{\text{изм}} = T'_{\text{изм}} + T_1 - T_2, \quad (2)$$

где  $T'_{\text{изм}} = \frac{n}{f_{\text{сл}}}$ .

Дробные части периодов служебной частоты  $T_1$  и  $T_2$  могут быть определены заполнением их более высокой частотой  $f_{\text{зап}}$  с последующим счетом пачек импульсов счетчиком, т. е.

$$T_1 = \frac{n_{1 \text{ зап}}}{f_{\text{зап}}},$$

$$T_2 = \frac{n_{2 \text{ зап}}}{f_{\text{зап}}},$$

где  $n_{1 \text{ зап}}$  — число импульсов заполняющей частоты, попавших в интервал времени  $T_1$ ,

$n_{2 \text{ зап}}$  — число импульсов заполняющей частоты, попавших в интервал времени  $T_2$ .

Преобразуя формулу (2), получаем

где 
$$T_{\text{изм}} = \frac{n}{f_{\text{сл}}} + \frac{n_{1 \text{ зап}} - n_{2 \text{ зап}}}{f_{\text{зап}}}.$$

Среднее значение частоты  $f_{\text{изм. ср}}$  за интервал  $T_{\text{изм}}$  может быть рассчитано по формуле

$$f_{\text{изм. ср}} = \frac{N f_{\text{сл}} \cdot f_{\text{зап}}}{n f_{\text{зап}} + f_{\text{сл}} n_{\text{зап}}},$$

где 
$$n_{\text{зап}} = n_{1 \text{ зап}} - n_{2 \text{ зап}}.$$

Среднее значение частоты относится к середине интервала измерения.

Погрешность определения среднего значения измеряемой частоты возникает так же, как и в используемом методе, из-за погрешности счета импульсов, но не служебной частоты  $f_{\text{сл}}$ , а импульсов заполняющей частоты  $f_{\text{зап}}$ . При этом максимальная погрешность определения среднего значения частоты составит

$$\delta f_{\text{изм. ср}} = \frac{2}{n \cdot m + n_{\text{зап}}}, \quad (3)$$



соответствующий концу дробной части интервала  $T_1$  (или  $T_2$ ) периода служебной частоты. По окончании интервала измерения  $T_{\text{изм}}$  содержимое счетчиков 5Сч, 13Сч, 23Сч переносится для хранения в регистры 5Рг, 13Рг, 23Рг соответственно, а затем счетчики 5Сч, 13Сч приводятся в нулевое состояние. В ЭВМ подается сигнал «прерывание», являющийся признаком готовности информации к приему ЭВМ. По команде из ЭВМ содержимое регистров 5Рг, 13Рг через схему совпадения  $C_{14}$  и выходные усилители 23У, а также содержимое регистра 23Рг через схему совпадения  $C_{15}$  и выходные усилители 23У подается в ЭВМ, где по значениям количества импульсов  $N, n, n_{13\text{эл}}, n_{23\text{эл}}$  рассчитывается частота  $f_{\text{изм.ср}}$ .

Таким образом, незначительная доработка устройства УВП-1 позволяет существенно повысить точность измерения частоты быстропротекающих и нестационарных процессов и уменьшить при этом погрешность измерений в 5 раз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маталин Л. А., Наран Ж., Чубаров С. И. Методы регистрации и обработки данных в ядерной физике и технике. М., Атомиздат, 1968.
2. Касаткин А. С. Автоматическая обработка сигналов частотных датчиков. М.-Л., «Энергия», 1966.
3. Кондюкова Е. И., Редькин Б. Е. Аналого-цифровые преобразователи систем автоматического контроля. М., «Энергия», 1967.

**А. Г. Гимадиев, В. П. Шорин**

## **О РАСЧЕТЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗРАСХОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С НЕСКОЛЬКИМИ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ**

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $u_n, v_n$  — продольная и радиальная составляющие местной скорости жидкости в трубопроводе;  
 $P_n$  — давление;  
 $x_n, r_n$  — координаты вдоль оси и по радиусу поперечного сечения трубопровода;  
 $r_n^0, S_n$  — радиус и площадь поперечного сечения трубопровода;  
 $l_n$  — длина трубопровода;  
 $\nu, \rho$  — коэффициент кинематической вязкости и плотность жидкости;  
 $C$  — скорость звука в жидкости;  
 $\Phi_1, \Phi_n$  — линейные соотношения;  
 $m_i, \xi_i$  — коэффициенты, учитывающие эффективную колеблющуюся массу жидкости и гидравлические потери в сосредоточенном сопротивлении;  
 $F_i$  — площадь проходного сечения сосредоточенного сопротивления;  
 $P_i, q_i$  — первые гармоники давления и объемного расхода;  
 $\omega$  — круговая частота;  
 $J_1, J_2$  — функции Бесселя первого рода первого и второго порядка;