

УДК 621.374.387

Преобразователь напряжения в частоту. Б р е т м а н В. В., К у р т о в А. Т., Л а н г в а г е н С. Е. —
В кн.: Научное приборостроение. Теоретические и экспериментальные исследования. Л.: Наука, 1984,
с. 131—133.

Описан высокоточный преобразователь напряжения в частоту с нелинейностью преобразования не более
0.02%. Преобразователь не требует термостатирования. Лит. — 3 назв., ил. — 1.

В. В. Бретман, А. Т. Куртов, С. Е. Лангваген

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ЧАСТОТУ

Преобразователи напряжения в частоту (ПНЧ) находят большое применение в качестве функциональных узлов аналого-цифровых преобразователей [1, 2]. Поэтому актуальна задача разработки прецизионного ПНЧ, обладающего устойчивостью к внешним воздействиям и стабильностью параметров [3].

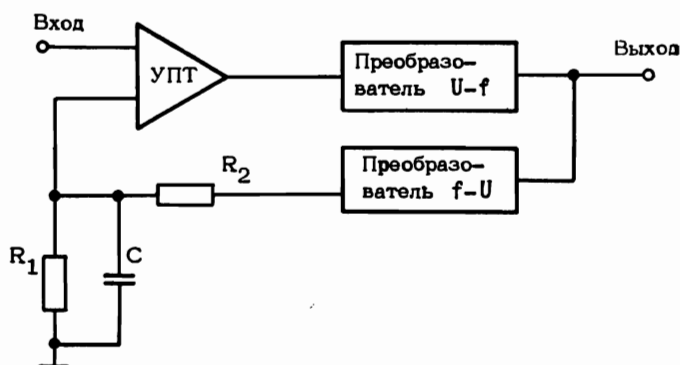
Описанный преобразователь (см. рисунок) построен по схеме с отрицательной обратной связью, содержащий преобразователь частота—напряжение, резистивный делитель R_1 , R_2 и емкость C . Постоянная времени $\tau = R_1 C$ выбира-

ется из условия достаточности сглаживания пульсаций. Преобразуемый в частоту входной сигнал подается через дифференциальный усилитель постоянного тока (УПТ) на ПНЧ, а обратная связь с резистора R_1 на другой вход УПТ.

Коэффициент преобразования $W_{o.c}$ такой системы можно записать в операторной форме следующим выражением:

$$W_{o.c} = \frac{KW_{п.ч}(p)}{1 + \frac{R_1 \parallel R_{э.вх}}{R_1 \parallel R_{э.вх} + R_2 + R_{э.вых}} W_{ч.н}(p) KW_{п.ч}(p)}, \quad (1)$$

где K — коэффициент усиления УПТ; $W_{п.ч}(p)$ — коэффициент преобразования ПНЧ; $W_{ч.н}(p)$ — коэффициент преобразования преобразователя частота—напряжение; $R_{э.вх}$ — эквивалентное сопротивление утечки емкости через входное сопротивление УПТ; $R_{э.вых}$ — выходное сопротивление ПЧН.



Блок-схема преобразователя напряжение—частота.

При достаточно сильной обратной связи правая часть знаменателя $\gg 1$, поэтому единицей можно пренебречь; для низких частот оператор p можно опустить, и тогда

$$W_{o.c} = \frac{1}{W_{ч.н}} \left(1 + \frac{R_2}{R_1 \parallel R_{э.вх}} + \frac{R_{э.вых}}{R_1 \parallel R_{э.вх}} \right). \quad (2)$$

Преобразователь частота—напряжение может быть выполнен таким образом, что выходное сопротивление $R_{э.вых}$ будет много меньше R_2 и во времени достаточно постоянным. Тогда, учитывая, что

$$\frac{R_2}{R_1 \parallel R_{э.вх}} \gg 1 + \frac{R_{э.вых}}{R_1 \parallel R_{э.вх}},$$

равенство (2) упрощается:

$$W_{o.c} = \frac{1}{W_{ч.н}} \cdot \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_1}{R_{э.вх}} \right). \quad (3)$$

Отсюда видно, что линейность и стабильность такого преобразователя определяются в основном стабильностью делителя обратной связи R_1 , R_2 , стабильностью и величиной входного сопротивления УПТ, сопротивления утечки емкости, свойствами коэффициента преобразования $W_{ч.н}$ и не зависят от свойств преобразователя напряжение—частота.

Схема выполнена так, что сопротивление $R_{э.вых}$ пренебрежимо мало по сравнению с R_2 . Стабильность коэффициента преобразования $W_{ч.н}$ обеспечивается нормированием амплитуды импульса стабилизатором, а длительности — кварцевым резонатором. Подбор резисторов с одинаковыми температурными коэффициентами обуславливает стабильность делителя R_1 , R_2 .

В выражение (1) не входит емкость C , выполняющая роль фильтра в цепи

обратной связи. Но поскольку сопротивление ее утечки включено параллельно R_1 , то нестабильность утечки ведет к нестабильности обратной связи. Экспериментальные исследования показали достаточно устойчивые характеристики для бумажных конденсаторов типа КБГМ по сравнению с электролитическими, имеющими нелинейную зависимость сопротивления утечки от напряжения. Было установлено, что значительный вклад в нестабильность общего коэффициента преобразования вносит дрейф УПТ, который не учтен выражением (1). Приведенный дрейф нуля эквивалентен входному напряжению. Поэтому вклад дрейфа УПТ в нестабильность преобразователя может быть определен как дрейф ПНЧ: $\Delta f_{н.ч} = U_{др. пр} W_{о. о.}$, где $U_{др. пр}$ — дрейф УПТ.

В преобразователе применен электронный дифференциальный УПТ с коэффициентом усиления $K = 1.5 \cdot 10^6$ и приведенным дрейфом $U_{др. пр} < 0.01$ мкВ/град.

Результирующая нелинейность ПНЧ, как показали исследования 40 образцов, оказалась не более 0.02%.

Экспериментальный завод научного приборостроения НТО АН СССР выпускает серийно прецизионный интегратор аналогового сигнала ИП-4, разработанный на основе описанного преобразователя напряжения в частоту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машкинов Л. Б., Батылин В. В., Гальперин Л. Н. — ПТЭ, 1973, № 4, с. 113.
2. Гальперин Л. Н., Машкинов Л. Б., Батылин В. В. — ПТЭ, 1970, № 6, с. 122.
3. Автоматизация аппаратуры контроля/Под ред. А. А. Пономарева. М., 1975.