

## ЭКОНОМИЧНЫЙ ИНТЕГРИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОК — ЧАСТОТА

Г. Р. ГРОМОВ

Описан преобразователь ток — частота (п.т.ч.) интегрирующего типа. Конструктивная простота и экономичность обеспечены многократным функциональным совмещением активных компонентов п.т.ч. Частота следования импульсов линейно изменяется в пределах  $0 \div 1000$  кГц при изменении входного тока от 0 до 1 мА. Приведенная погрешность нелинейности 0,5%, временной дрейф частоты  $\leq 10^{-3}/\text{ч}$ . Ток, потребляемый преобразователем от источника 12,6 В, не превышает 5 мА.

Помехоустойчивость и простота сопряжения с цифровой аппаратурой обработки данных — основные особенности, которые определяют интерес разработчиков к интегрирующим преобразователям ток — частота п.т.ч. [1, 2]. Методическая погрешность наиболее простых и экономичных п.т.ч. средней точности определяется временем восстановления интегратора и может быть снижена применением ключевых элементов с высокой нагрузочной способностью, например тиристоров [3]. Однако технологический разброс порога срабатывания и другие погрешности мощных ключей ограничивают возможности их применения в п.т.ч.

В [4] предложена экономичная мостовая схема, в которой существенно снижено влияние погрешностей ключа на параметры п.т.ч. Данная работа содержит описание п.т.ч. [4] с нелинейной коррекцией характеристики преобразования входного тока.

Принципиальная схема п.т.ч. приведена на

рис. 1. Входной ток транзистора  $T_1$ , включенного по схеме с общей базой, управляет токо-стабилизирующим транзистором  $T_3$ , в коллекторную цепь которого включен один из хранирующих конденсаторов  $C_1$ , а в эмиттерную —  $C_2$ . В течение первого цикла интегрирования ток коллектора транзистора  $T_3$  линейно заряжает емкость  $C_1$  до напряжения открывания опорного диода  $D_4$  (нижняя «пила» на осциллограмме рис. 2). С этого момента оказывается замкнутой цепь положительной обратной связи между регенеративно соединенными транзисторами  $T_3$  и  $T_4 \div T_6$ . Это вызывает резкое увеличение тока заряда накопительных конденсаторов  $C_1, C_2$ . Напряжение на конденсаторе  $C_1$  при этом быстро проходит зону срабатывания ключа, собранного на элементах  $D_{12}, R_1, D_2$ . Ключ срабатывает и разряжает конденсатор  $C_1$  по цепи: разделительный диод  $D_5$ , тиристор  $D_{12}$ , нагрузочный резистор  $R_2$ .  
Когда в процессе разряда напряжение на

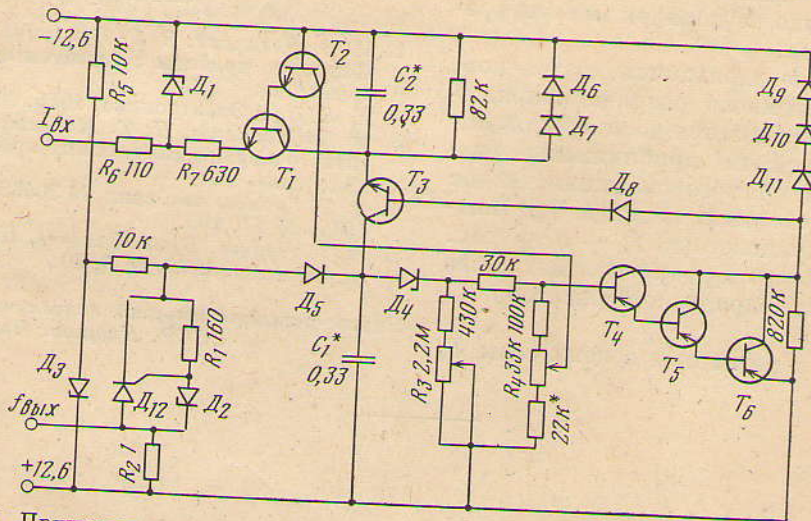


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя.  $T_1 \div T_3$  — КТ315,  $T_4 \div T_6$  — КТ326;  $D_1, D_4$  — КС139,  $D_2, D_3$  — КС168,  $D_5 \div D_8$  — Д223,  $D_9 \div D_{11}$  — Д226,  $D_{12}$  — КУ103

БИБЛИОТЕКА  
научно-исследовательского  
вычислительного центра  
НИВЦ

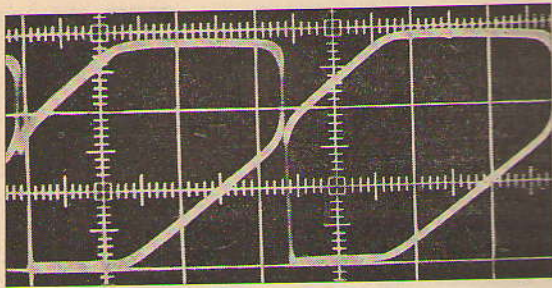


Рис. 2. Осциллограмма циклов интегрирования: верхний луч — напряжение на конденсаторе  $C_2$ , нижний луч — напряжение на конденсаторе  $C_1$

конденсаторе  $C_1$  упадет ниже порога стабилизации  $D_4$ , стабилитрон разрывает цепь положительной обратной связи. За период действия в схеме регенеративного процесса конденсатор  $C_2$  заряжается и после разрыва цепи обратной связи быстро разряжается через диоды  $D_6, D_7$  до напряжения их прямого смещения. С этого момента ток в цепи коллектора  $T_3$  прекращается, так как его переход эмиттер — база оказывается смещенным в обратном направлении напряжением на конденсаторе  $C_2$ . Начинается второй цикл интегрирования входного сигнала — линейный заряд конденсатора  $C_2$  коллекторным током транзистора  $T_1$  (верхняя «пила» на осциллограмме, рис. 2).

Процесс выключения тиристора заканчивается, когда идет второй цикл интегрирования, поэтому на методическую погрешность п.т.ч. оказывает влияние лишь время включения ключа, которое обычно на порядок меньше времени его выключения.

Конденсатор  $C_1$  не заряжается до тех пор, пока в процессе линейного разряда напряжение на емкости  $C_2$  не снизится до значения, определяемого в линейном приближении разностью напряжения прямого смещения диодов  $D_9 \div D_{11}$ , с одной стороны, и диода  $D_8$ , эмиттерного перехода транзистора  $T_3$  — с другой. После этого транзистор  $T_3$  открывается, вновь начинается процесс заряда конденсатора  $C_1$  и т. д.

Транзистор  $T_2$  и резисторы в цепи базы  $T_4$

образуют цепь нелинейной коррекции характеристики преобразования входного тока. Рекомендации по расчету элементов таких цепей содержатся, например, в [5]. Потенциометры  $R_3$  и  $R_4$  облегчают экспериментальную настройку цепи коррекции. Параметрический стабилизатор  $D_3, R_5$  создает напряжение смещения для разделительного диода  $D_5$ , который изолирует ключ от накопительного конденсатора на время первого цикла интегрирования. Напряжение смещения должно находиться в пределах между пороговым напряжением стабилитрона  $D_4$  и зоной срабатывания ключа. Элементы  $R_6, R_7, D_1$  — цепь защиты преобразователя от перегрузки по входному току.

Экспериментальные исследования преобразователя в диапазоне входного сигнала  $0 \div 4 \div 1$  мА дали следующие результаты. Частота следования импульсов изменяется линейно с током в пределах  $0 \div 1$  кГц. Настройкой цепи нелинейной коррекции погрешность нелинейности может быть снижена до 0,5%. Коррекция упрощается, если выполняется эмпирическое соотношение  $C_1 = (1,1 \div 1,3) C_2$ . Временной дрейф частоты  $\leq 40^{-3}$ /ч. Нестабильность по питанию не превышает 0,5%/В. Срыв генерации п.т.ч. на нижнем краю диапазона преобразования  $5 \div 8$  Гц. Для питания преобразователя достаточно одного источника с напряжением  $12 \div 15$  В. Потребляемый ток 5 мА.

П.т.ч. применяется в составе аппаратуры ввода в э.в.м. данных нейрофизиологических исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. П. В. Новицкий, В. Г. Кнорринг, В. С. Гутников, Цифровые приборы с частотными датчиками, 1970, «Энергия».
2. Е. Л. Зух, Электроника, 1975, № 10, 41.
3. В. Д. Махнанов, Н. Г. Милохин, Устройства частотного и время-импульсного преобразования, 1970, «Энергия».
4. Г. Р. Громов, Авт. свид. № 304684, Бюл. ОИПОТЗ, 1971, № 17, 193.
5. В. Г. Чернов, В. П. Захаров, Приборы и системы управления, 1976, № 6, 30.

Научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР, Пуцино. Получено 26.XII.1978